ACTA BIOLÓGICA MEXICANA

Enero-Junio 2025 Núm. 2 Vol.1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

Fotografía: Daniel Alvarado

ISSN (en trámite)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

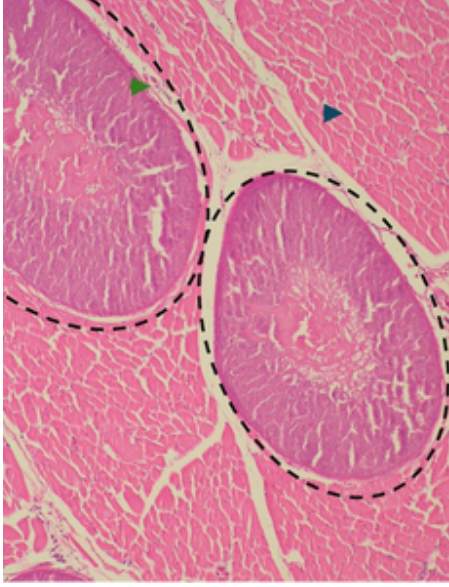
ACTA BIOLÓGICA MEXICANA

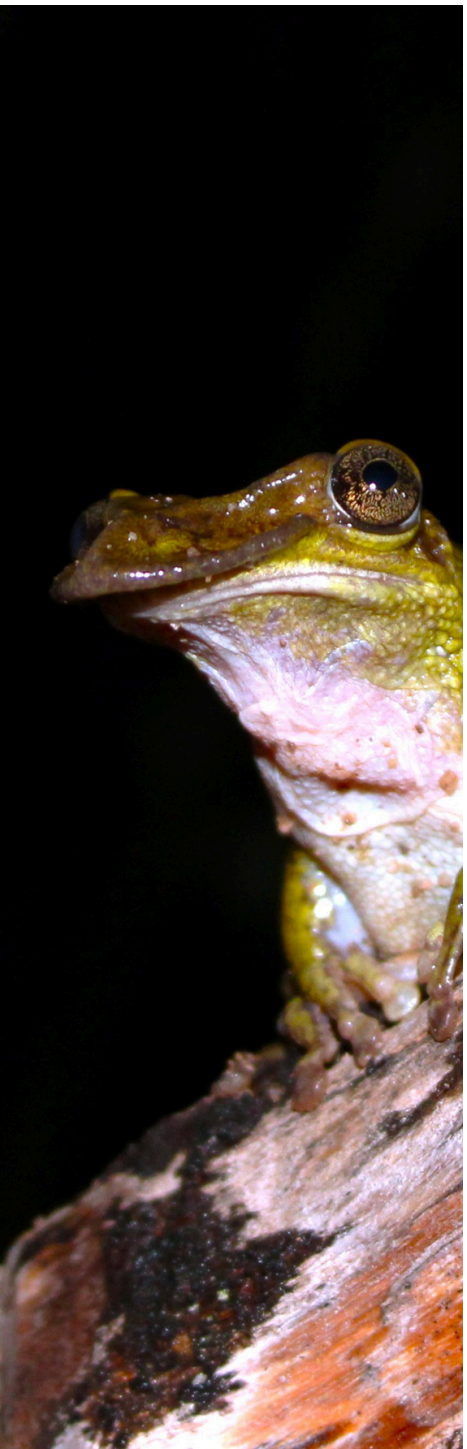
Revista de la Facultad de Biología UAS
en coedición con la
Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California

Núm. 2 ISSN (en trámite)

Junio de 2025. Culiacán de Rosales, Sinaloa, México.

Directorio





DR. JESÚS MADUEÑA MOLINA
Rector

DRA. NIDIA YUNIVA BRUN CORONA
Secretaria General

DR. ALFONSO MERCADO GÓMEZ
Director General de Servicios Escolares

DR. SERGIO MARIO ARREDONDO
Secretario Académico Universitario

DRA. MARCELA DE JESÚS VERGARA JIMÉNEZ
Director General de Investigación y Posgrado

DR. INGMAR SOSA CORNEJO
Director de la Facultad de Biología

LIC. NIDIA ODETTE SANTANA RODELO
Coordinadora de Revistas Académicas Universitarias-UAS

Comité editorial

Editor en Jefe
Dr. Edith Hilario Torres Montoya

Editor invitado
Dr. Guillermo Romero Figueroa

Gestor
Dr. Hipólito Castillo Ureta

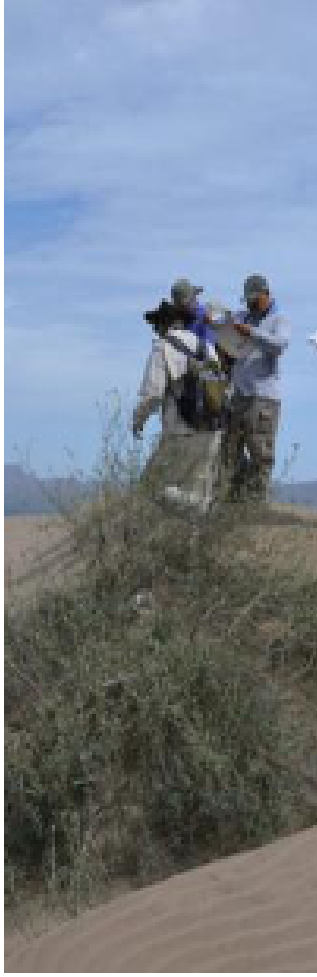
Editor sección Biológicas
Dr. Marcial Zazueta Moreno

Editor sección Biomédicas
Dr. Juan José Ríos Tostado

Editor sección Perspectivas
Dr. José Israel Torres Avendaño

Corrección de estilo y maquetación
Biól. Mariana Valeria Ayala Rubio

Traducción
Aryane María Lugo Galvez



Comité científico

Dra. Edith Salazar Villa

Dra. Indira Rojo Báez

Dra. Luz Isela Peinado Guevara

Dr. Samuel Campista León

Dr. Lorenzo Antonio Picos Corrales

Dr. Bladimir Salomón Montijo

Dra. Loranda Calderón Zamora

Dra. Claudia Desiree Norzagaray Valenzuela

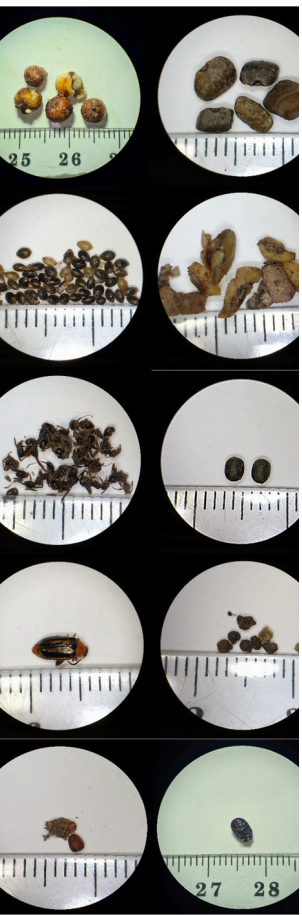
Dr. Vicente Olimón Andalón

Dr. José Saturnino Díaz

Dr. Jorge Guillermo Sánchez Zazueta

Dr. Jesús Salvador Velarde Félix

Dr. César Enrique Romero Higareda



El Comité Editorial de Acta Biológica Mexicana revista de la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, agradece la colaboración realizada como pares evaluadores a investigadores, alumnos, personal académico y administrativo de nuestra institución, así como autores e investigadores de nivel nacional e internacional pertenecientes a universidades, centros de investigación e instituciones tecnológicas. En reconocimiento a sus aportaciones, se divulgan sus nombres y procedencia, lo que permite una publicación de acceso abierto manteniendo la integridad del procedimiento de evaluación de la calidad en Acta Biológica Mexicana Núm. 2, enero-junio, 2025.

CINTILLO LEGAL

Acta Biológica Mexicana es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de la Facultad de Biología, con el domicilio en Calzada de las Américas Norte, Blvd. Universitarios, Ciudad Universitaria, Col. Universitaria, 80040 Culiacán de Rosales, Sinaloa, México. Teléfonos:(667)716-11-39. Editores responsables: Edith Hilario Torres Montoya e Hipólito Castillo Ureta. Correo electrónico: acbiomex@uas.edu.mx. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo Núm. ISSN: (en trámite). La fecha de última modificación, junio de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Acta Biológica Mexicana rechaza cualquier reclamación legal proveniente por la reproducción parcial o total de la información, y de plagio en los trabajos publicados.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes dela publicación sin previa autorización. Cada manuscrito está bajo la licencia Atribución-NoComercial-SinDerivada4.0Internacional (CC BY-NC-ND4.0).

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

Deed - Atribución/Reconocimiento-NoComercial-SinDerivados 4.0...
No tiene que cumplir con la licencia para elementos del materiale en el dominio público o cuando su u...
creativecommons.org

Contenido

07 CARTA COMITÉ EDITORIAL

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

08 VEGETACIÓN Y FLORA DE EL MAVIRI EN EL APFF ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA SECCIÓN SINALOA

45 COMPOSICIÓN DE LA DIETA INVERNAL DE LA CODORNIZ DE MOCTEZUMA (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) EN ARIZONA Y SONORA

ARTÍCULO DE REVISIÓN

70 PESQUERÍA DE TILAPIA EN AGUAS CONTINENTALES DE MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

NOTAS BREVES

99 IDENTIFICACIÓN DE *SARCOCYSTIS* SP. EN *DENDROCYGNA AUTUMNALIS* EN SINALOA, MÉXICO

107 GENÓMICA INTEGRAL: DE LA CIENCIA BÁSICA A SU APLICACIÓN EN SECTORES ESTRATÉGICOS

115 INTRUCCIONES PARA AUTORES

Carta del Comité Editorial

Estimadas y estimados lectores,

Con mucho júbilo presentamos el segundo número de nuestra revista Acta Biológica Mexicana, producto del esfuerzo de editores, revisores y autores.

En esta ocasión nos llena de orgullo recibir trabajos en el contexto regional, donde, ademas de manuscritos de autores de Sinaloa, figuran autores de Nayarit y Sonora, a quienes agradecemos profundamente la confianza depositada en Acta Biológica Mexicana, ya que nos coloca en la ruta de nuestra aspiración principal: ser un referente en la divulgación sobre tópicos biológicos y biomédicos en el Noroeste de México, con entregas semestrales en formato electrónico.

Invitamos a la comunidad Universitaria a contribuir con nuestra revista, con trabajos ya sea como notas breves, artículos originales, artículos de revisión y perspectivas científicas.

Convencidos de que divulgar lo que se hace es necesario en la transformación de las conciencias y contribuye al avance de los pueblos, seguiremos trabajando.

De nueva cuenta, sean bienvenidos todos.

Culiacán, Sinaloa. Junio de 2025

OPEN ACCESS

VEGETACIÓN Y FLORA DE EL MAVIRI EN EL APFF ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA SECCIÓN SINALOA.

VEGETATION AND FLORA OF EL MAVIRI IN THE SINALOA SECTION FFPA ISLANDS OF THE GULF OF CALIFORNIA.

José Saturnino Díaz[1]
Orcid:0000-0001-7494-4002

Bladimir Salomón-Montijo* [1]
Orcid: 000-0002-5053-9691
vladimir.salomon@uas.edu.mx

César Enrique Romero-Higareda[1]
Orcid: 0000-0002-2749-7363

Edgar Alberto Gamez-Duarte[1]
Orcid: 0009-0007-4520-9405

Manuel Guillermo Millán-Otero [2]
Orcid: 0000-0002-1613-8907

[1]Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. C.P. 80013.

[2]Universidades para el Bienestar Benito Juárez, Ingeniería en Desarrollo Regional Sustentable, Cosalá, Sinaloa, México

*Autor de correspondencia

Recibido: 06 de noviembre de 2024
Aceptado: 26 de mayo de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

VEGETACIÓN Y FLORA DE EL MAVIRI EN EL APFF ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA SECCIÓN SINALOA.

VEGETATION AND FLORA OF EL MAVIRI IN THE SINALOA SECTION FFPA ISLANDS OF THE GULF OF CALIFORNIA.

José Saturnino Díaz, Bladimir Salomón-Montijo, César Enrique Romero-Higareda, Edgar Alberto Gamez-Duarte, Manuel Guillermo Millán-Otero

Resumen

El Maviri es una isla con alta afluencia turística en la que predominan suelos arenosos y arcillosos mezclados con sal proveniente del mar, por lo que la cobertura vegetal está determinada por manglar en la parte de los esteros y vegetación halófila en las zonas de bajos y dunas arenosas, mientras que el bosque espinoso se distribuye en sitios con suelos menos concentrados de sal y el matorral xerófilo se supedita a promontorios rocosos casi vestigiales. Se determinaron 270 especies de plantas distribuidas en 220 géneros y 65 familias, destacando por el número de especies Fabaceae (27), Poaceae (22), Asteraceae (20) y Cactaceae (15). La mayor riqueza de especies se encuentra en el bosque espinoso (115). Sobresalen por su amplio número de especies las formas ornamentales (76) introducidas en el área de restaurantes, así como las especies ruderales (91) y, combinados ambos grupos, aportan el 62.08 % del total de la flora de la isla lo que la posiciona con la mayor diversidad florística en el Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California sección Sinaloa.

Palabras clave: bosque espinoso, isla, ornamentales, malezas, manglar, Maviri, Topolobampo.

Abstract

El Maviri is an island with a high tourist influx, where sandy and clayey soils, mixed with salt from the sea, predominate. Consequently, the vegetation coverage is determined by mangroves in the estuary area and halophilous vegetation in the low and sandy dunes. At the same time, the thorn forest is distributed in areas with less concentrated salt soils, and the xerophilous scrub is dominated by almost vestigial rocky promontories. 270 plant species were determined, distributed in 220 genera and 65 families. Of these families, Fabaceae (27), Poaceae (22), Asteraceae (20), and Cactaceae (15) stand out for their number of species. The greatest species richness is found in the thorn forest (115). The ornamental forms (76) introduced in the restaurant area stand out for their large number of species, as well as the ruderal species (91), combined, both groups contribute 62.08% of the total flora of the island, which positions it with the greatest floristic diversity in the Sinaloa section of the Flora and Fauna Protection Area of the Gulf of California Islands.

Keywords: island, weeds, mangrove, Maviri, ornamental, thorn forest, Topolobampo.

Introducción

En la región noroeste de México bordeado por la Península de Baja California y la zona costera de los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit, se ubica el Mar de Cortés en el cual se asientan un amplio número de islas e islotes de tamaño variado y diferentes características ecológicas. En las costas del estado de Sinaloa de acuerdo con Flores-Campaña et al. (2003) y el Programa de Manejo Islas del Golfo de California (Anónimo, 1999) se registran 423 cuerpos insulares, entre islas, islotes, rocas, cayos, farallones y arrecifes de amplia importancia, ya que son refugio de abundantes especies de flora y fauna, además de funcionar como corredores de migración de especies formando un vínculo que permite el descanso, la alimentación y la reproducción de diversos animales, entre los que están aves, mamíferos y peces, mientras que en la dinámica de dispersión de las plantas aportan el sustrato que permite que estas aumenten su rango de distribución.

El conocimiento de su flora y fauna, así como los factores ambientales y antropogénicos a los que están expuestos, permite proponer acciones de protección y conservación a corto, mediano y largo plazo considerando las dinámicas poblacionales y las interacciones que entre animales y plantas establecen, lo que permite conservar por más tiempo y en mejores condiciones a las islas al tener definidas las prioridades sobre las cuales se debe aplicar mayores esfuerzos de vigilancia y protección.

Para lograr estas metas, es necesario que el personal encargado de proteger los cuerpos insulares tengan un conocimiento amplio sobre los objetos de conservación (flora y fauna), de ahí que sea perentorio promover entre ellos actividades que les permitan obtener conocimiento rápido y profundo de las características bióticas y abióticas de cada una de las islas. Ello les permitirá participar de manera más amplia y fundamentada en la toma de decisiones sobre lo que podría impactar y de qué manera las condiciones de las islas en México. El presente estudio aporta información básica sobre la presencia de flora natural, exótica e invasora, así como su abundancia y distribución en la isla El Maviri, un cuerpo insular perteneciente al Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California sección Sinaloa (DOF, 2000) y transformado en sitio turístico (Ayuntamiento de Ahome, 2013).

En las últimas cuatro décadas se han ampliado los estudios florísticos realizados en las islas de Sinaloa y entre los más destacados se encuentran los de Flores-Campaña et al. (1996) en la isla de Venados, así como los de Vega et al. (2001) en las islas Lobos y Pájaros; mientras que en Angostura están el de Flores-Campaña et al. (2003) en las islas Tachichiltle y Altamura; en las islas de la Bahía Navachiste, Guasave destaca el estudio de Díaz (2008), así como el de

Reyes-Olivas (2001) sobre la distribución de cactáceas y la composición florística de la isla Mazocahuí en Topolobampo, municipio de Ahome.

Sobresalen también el estudio de Sánchez-Soto et al. (2012) sobre los factores topográficos incidentes en la distribución de especies de plantas perennes en las islas de la entidad, así como el de las cactáceas presentes en el complejo de islas de Sinaloa (Díaz et al., 2022) y la descripción de la vegetación y la flora de la isla Santa María en Topolobampo de Díaz et al. (2023). El presente estudio tiene como objetivo aportar información actualizada sobre la vegetación y la diversidad florística de la isla El Maviri, lo que permitirá a los administradores del APFF Islas del Golfo de California fundamentar la toma de decisiones sobre las acciones de protección y conservación de las formas de vida presentes en el sitio.

Materiales y métodos

Área de estudio.

La isla El Maviri se localiza en la Bahía Santa María al noroeste del estado de Sinaloa, en el municipio de Ahome, en las coordenadas 25° 35' 49.315" N 109° 8' 11.615" O (Figura 1), con un perímetro de 36.045 km y una superficie de 9.143166 km^2, respectivamente (INEGI, 2015). Está rodeada por el sitio Ramsar 2025 Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira (Zavala-Norzagaray, 2011) y por la Zona de Preservación Ecológica de Centro de Población Cueva de los Murciélagos de control municipal (INEGI, 2017).

Los suelos característicos son arenosoles, los más dominantes en la zona de playa y dunas, seguidos por solonchak en las partes periódicamente anegadas por la entrada del agua de los esteros, y el vertisol en la zona de ingreso y de asentamiento de restaurantes donde muestran alto grado de compactación por el intenso tráfico que ingresa durante todo el año. El clima, según la Clasificación de Köppen modificada por García (1973), es de tipo BW(h')w que se caracteriza por ser muy árido, cálido, con temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frío mayor de 18ºC, con régimen de lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (Acosta-Velázquez y Vázquez-Lule, 2009). La cartografía se diseñó con el software ArcGIS 10.5, utilizando el sistema de coordenadas UTM WGS84, zona 12N. Para la visualización de las coordenadas se utilizó el sistema geográfico en grados, minutos y segundos. La información vectorial empleada corresponde a la de la división política estatal del INEGI (2021) y a la carta de uso de suelo y tipo de vegetación Serie VII del INEGI (2018). En una primera etapa se identificaron los tipos de vegetación utilizando esta carta, posteriormente se tipificaron considerando sus atributos florísticos, fisonómicos y fenológicos, incluyendo especímenes dominantes y principales

asociaciones de acuerdo a la nomenclatura empleada por Rzedowski (1978).

Para llevar a cabo el estudio florístico, así como para determinar las comunidades vegetales se realizaron recorridos durante las cuatro estaciones desde julio de 2019 hasta febrero de 2024. En cada exploración se realizó la identificación in situ de las especies de plantas más comunes, además se obtuvo un banco de imágenes de los especímenes florísticos. Adicionalmente se colectaron ejemplares representativos de cada tipo de vegetación para su identificación mediante la consulta de literatura especializada como floras locales, regionales y nacionales, así como monografías y otros estudios sobre familias y géneros característicos de las zonas áridas y semiáridas del sur de Sonora y norte de Sinaloa (Felger et al., 2016; Vega-Aviña et al.,2021; Díaz et al., 2023). Para cada especie se incluyó nombre científico, autor, familia, así como una serie de características como forma biológica: A (Árbol), Ar (Arbusto), Su (Suculenta), H (Hierba), Ro (Rosetófila), T (Trepadora), Ra (Rastrera), E (Epífita), de acuerdo con Macías-Rodríguez et al. (2018); el tipo de vegetación en el que principalmente se distribuye: BE (Bosque Espinoso), VH (Vegetación Halófila), MG (Manglar). Los niveles de abundancia se determinaron con una escala de aproximación propuesta por Tansley (1946), cuyas categorías y valores (número de individuos observados durante los recorridos) se describen de la siguiente manera:

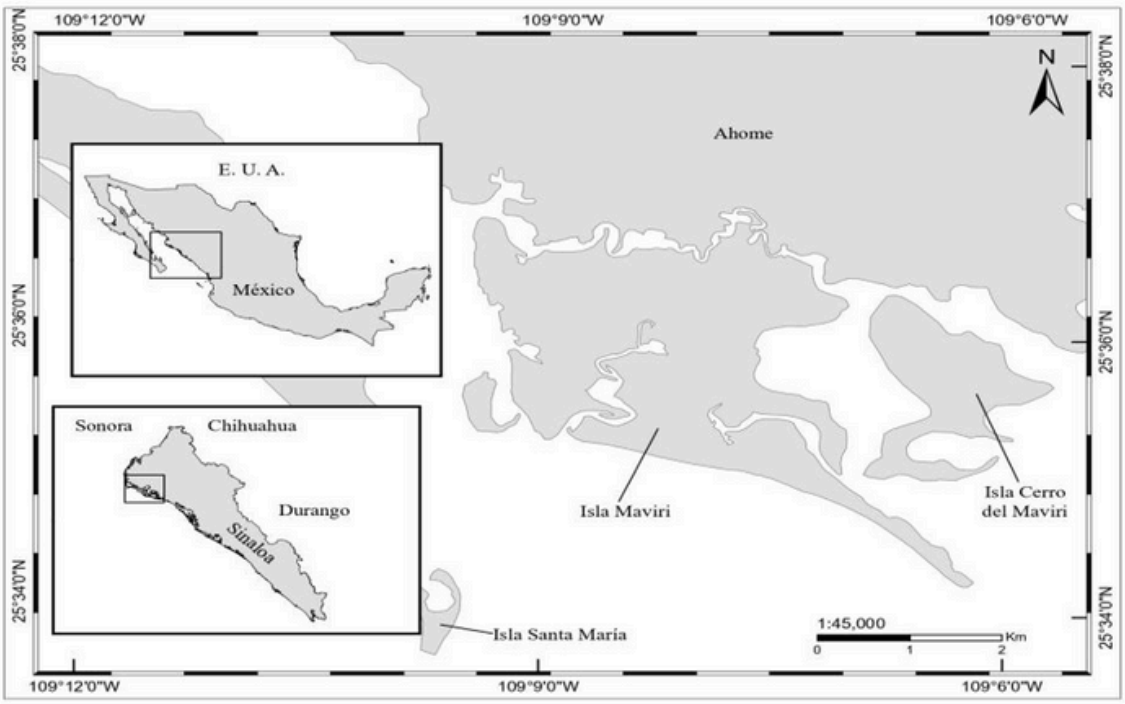


Figura 1. Ubicación geográfica de la isla El Maviri, Topolobampo, Ahome, Sinaloa**.**

D (Dominante) más de cien veces, A (Abundante) de cincuenta a cien, F (Frecuente) de veintiuno a cincuenta, O (Ocasional) de seis a veinte y R (Rara) de una a cinco observaciones.

El tratamiento y el listado de especies fue ordenado alfabéticamente, por familia, género y especie de acuerdo con el arreglo propuesto por el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas IV (APG, 2016). Los nombres de las especies y sus autores se citaron de acuerdo con Plants of the World Online (POWO, 2024) y Villaseñor (2016). Las malezas (M) se determinaron con base a Villaseñor y Espinosa-García (2004). El estatus de conservación a nivel nacional de cada especie se determinó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019) y, a nivel internacional, con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2024) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2024).

Resultados

Descripción de la vegetación. Los tipos de vegetación presentes en la isla son similares a los de otras islas previamente reportados para el estado de Sinaloa, en orden de mayor a menor cobertura las comunidades vegetales presentes son el Manglar con un 80% del área, seguido por el bosque espinoso con un aproximado del 5%, la Vegetación halófila tanto de dunas costeras arenosas como de las planicies y bajos arcillosos con un 2.5%, así como Matorral xerófilo con alrededor del 1.5% (Figura 2).

Manglar

Es la comunidad vegetal más importante en cuanto a cobertura en el área y se distribuye de manera más abundante en sitios cuyos suelos son de textura arcillosa. Es de mayor presencia en aquellos lugares que tienen entrada de agua por diversos canales y esteros, en la zona de sotavento de la isla protegida de la acción de las ventiscas marinas por las dunas arenosas. En orden de importancia por su abundancia destacan Rhizophora mangle *L., Avicennia germinans* (L.) L. y *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. que generalmente están en contacto con el agua. Presentan una altura que oscila entre 4 y 7 metros formando con sus ramas y raíces entrelazadas una barrera infranqueable; mientras que *Conocarpus erectus* L. se encuentra a veces mezclada con otras formas tolerantes a la salinidad, pero alejadas del agua y en suelos más arenosos.

Bosque espinoso

Es una comunidad de porte bajo, entre 1 a 4 metros de altura en promedio, constituida por tres estratos, aunque dominada por formas arbustivas. Los componentes presentan, de manera general, hojas pequeñas, a veces ausentes o bien modificadas en forma de espinas o aguijones, las formas crasas y

suculentas incluyen cactáceas y agaves, particularmente. Las formas arbóreas típicas incluyen *Neltuma juliflora* (Sw.) Raf., *Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelm. ex S. Watson) Britton & Rose y *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxb. Mientras que el estrato arbustivo está compuesto de una amplia diversidad de especies como *Morisonia flexuosa* L., *Hintonia latiflora* (Sessé et Moc. ex DC.) Bullock, *Cylindropuntia fulgida* (Engelm.) F. M. Knuth y *Bursera laxiflora* S. Watson; en este estrato se incluyen algunas formas epifitas como *Tillandsia recurvata* (L.) L., trepadoras como *Funastrum cynanchoides* (Decne.) Schltr., *Ruehssia edulis* (S. Watson) L. O. Alvarado, y la hemiparásita *Phorandendron californicum* Nutt. En cuanto al estrato herbáceo se refiere es común la presencia de *Herissantia crispa* (L.) Brizicky, *Chromolaena sagittata* (A. Gray) R. M. King & H. Rob., *Amaranthus fimbriatus* (Torr.) Benth. ex S. Watson, *Boerhavia spicata* Choisy, *Kallstroemia grandiflora* Torr., *Pectis rusbyi* Greene ex A. Gray y *Bouteloua aristidoides* (Kunth) Griseb.

Vegetación halófila

Está constituida por formas tolerantes al impacto del viento, a la escasez de agua, la alta salinidad y al movimiento constante del sustrato. En dunas arenosas, y hacía la parte de barlovento, las formas más comunes son especies sufrútices erectas de bajo fuste ya que alcanzan hasta un metro de altura. Entre estas se incluyen *Asclepias subulata* Decne., *Palafoxia linearis* (Cav.) Lag., *Cenchrus ciliaris* L., *Croton californicus* Müll. Arg. y las rastreras *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br., *Canavalia rosea* (Sw.) DC., *Hexasepalum angustifolium* Bartl. ex DC. y *Abronia maritima* Nutt. ex S. Watson, que se caracterizan por cubrir de manera amplia el sustrato para evitar su dispersión, particularmente en las zonas en las que la arena es más movible; son comunes también las herbáceas anuales *Cenchrus echinatus L., Sporobolus virginicus (L.) Kunth.*

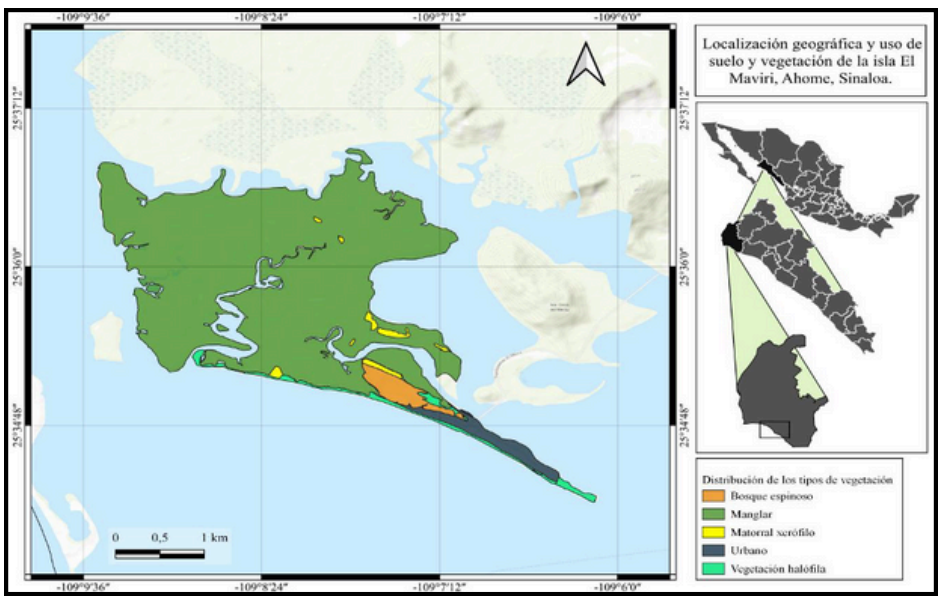


Figura 2
Distribución de los tipos de vegetación en la isla El Maviri.

En aquellos lugares en los que la arena se encuentra más estabilizada se distribuyen especies arbustivas de hasta tres metros de alto como *N. juliflora*, *C. erectus*, *Vachellia farnesiana* (L.) Wight et Arn., *Tamarix ramosissima* Ledeb. Las especies en estos sitios se caracterizan por estar muy separadas entre sí y en el verano, con las primeras lluvias, surgen una serie de formas efímeras de gran densidad que cubren por completo la arena y que se destacan por la fuerte coloración de sus flores.

Entre las especies más relevantes destacan *Kallstroemia grandiflora* Torr., *Proboscidea altheifolia* (Benth.) Decne., *Pectis rusbyi* Greene ex A. Gray, *Ipomoea ternifolia Cav*., *Euphorbia eriantha* Benth., *Boerhavia spicata* Choisy, *Amaranthus fimbriatus* (Torr.) Benth. ex S. Watson, *Tephrosia purpurea* (L.) Pers. y *Gomphrena sonorae* Torr. Este tipo de vegetación cubre alrededor del 20% del área del cuerpo insular. En lugares planos, cuyos suelos son arcillosos y además que son anegados periódicamente por el agua que las mareas empujan por los abundantes esteros, se observan dos estratos bien definidos, siendo el más diverso el herbáceo, en el cual predominan formas rastreras o semierectas como es el caso de *Distichlis littoralis* (Engelm.) H. L. Bell & J. T. Columbus, *Batis marítima* L., *Sesuvium portulacastrum* L., S*uaeda nigra* (Raf.) J. F. Macbr., *Gomphrena vermicularis* L. y *Atriplex barclayana* (Benth.) D. Dietr. (Figura 3). También es frecuente encontrar a *Salicornia bigelovii* Torr. y *Euploca procumbens* (Mill.) Diane & Hilger.

En cuanto a las formas arbustivas con alturas no mayores a los dos metros es común la presencia de *Lycium brevipes* Benth. y *Maytenus phyllanthoides* Benth. Se le encuentra en aquellos lugares protegidos por las dunas de arena, hacia la parte de sotavento y en zonas bajas entre el bosque espinoso y el manglar cubriendo un área reducida.

Matorral xerófilo

Se encuentra en forma de algunas trazas sobre pequeños promontorios rocosos rodeados por el manglar. Está dominado por cactáceas como *Stenocereus thurberi, S. alamosensis* (J. M. Coult.) A. C. Gibson & K. E. Horak., *Opuntia wilcoxii* y *Cylindropuntia thurberi* (Engelm.) F. M. Knuth, además de *Agave rhodacantha* Trel., Algunas formas arbustivas incluyen a *Pithecellobium unguis-cati* (L.) Benth., *Karwinskia humboldtiana* (Schult.) Zucc., *Condalia spathulata* A. Gray, *Randia aculeata* L., *Pereskiopsis porteri* (Brandegee) Britton & Rose, *Guaiacum coulteri* A. Gray, *Morisonia atamisquea* (Kuntze) Christenh. & Byng y algunos árboles bajos como *Sarcomphalus amole* (Sessé & Moc.) Hauenschild y *Forchhammeria watsonii* Rose, además de algunas trepadoras como *Cottsia californica* (Benth.) W. R. Anderson & C. Davis y *Metastelma pringlei* A. Gray, mientras que en el piso predominan *Opuntia decumbens* Salm-Dyck, *Cochemiea mazatlanensis* (K. Schum.) D. Aquino & Dan. Sánchez,

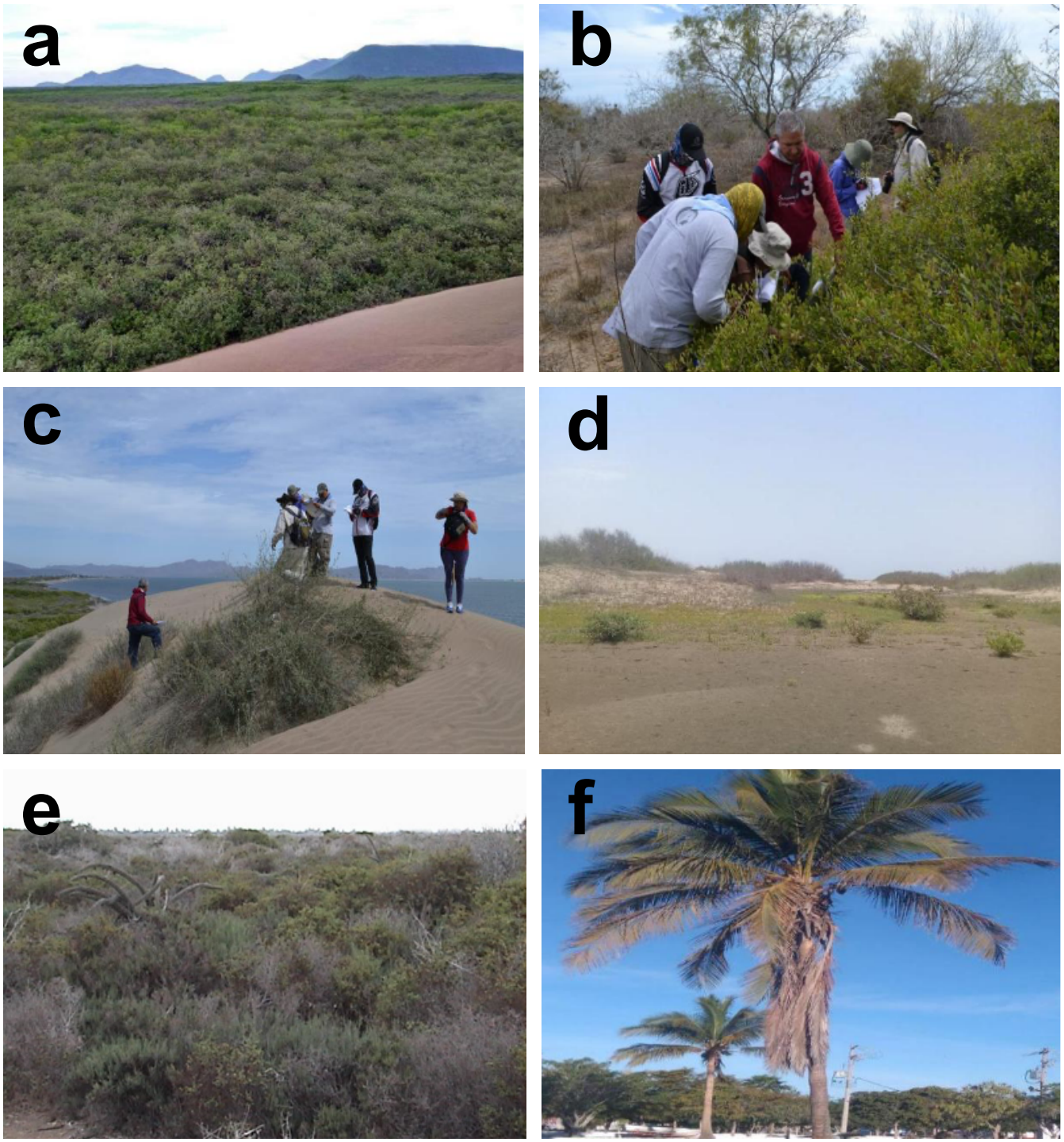


Figura 3. a) Manglar con *Avicennia germinans, Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*; b) Bosque espinoso con *Maytenus phyllanthoides, Neltuma juliflora* y *Jatropha cinerea*; c) Vegetación halófila sobre dunas arenosas con *Croton californicus, Abronia maritima* y *Palafoxia linearis*; d) Vegetación halófila en bajos arcillosos con *Sesuvium portulacastrum, Batis maritima* y *Distichlis littoralis*; e) Matorral xerófilo con *Pithecellobium unguis-cati, Stenocereus alamosensis* y *Sarcomphalus amole;* f) árboles y palmeras en el sector construido de la isla.

C. occidentalis (K. Brandegee) Doweld y *Cenchrus ciliaris* L. Esta vegetación presenta un estado de conservación casi prístino, ya que no ha sido muy explorada. Esto se debe a que es una zona muy cerrada, dominada por formas espinosas de bajo fuste y escasa importancia económica, además de estar parcialmente rodeada por manglar.

Diversidad florística

Se determinaron 270 especies distribuidas en 220 géneros y 65 familias. Destacan por el número de especies las familias Fabaceae (27), Poaceae (22), Asteraceae (20) y Cactaceae (15) y los géneros *Euphorbia* y *Opuntia* con 5, *Abutilon*, *Cenchrus* e *Ipomoea* con 3 respectivamente (Apéndice I). Se reportan tres especies de cactáceas ornamentales, *Opuntia ficus-indica* L., *O. karwinskiana* Salm-Dyck y *O. microdasys* (Lehm.) Pfeiff. El tipo de vegetación con mayor cantidad de especies es el Bosque espinoso (BE) con 87, seguido por la Vegetación halófila (VH) con 74, el Matorral xerófilo (MX) con 29 y Manglar (MG) con cuatro especies cies (Gráfico 1).

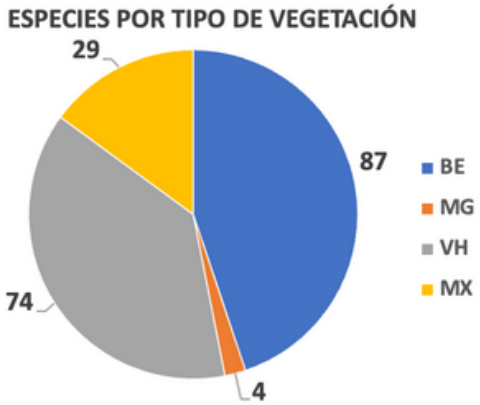
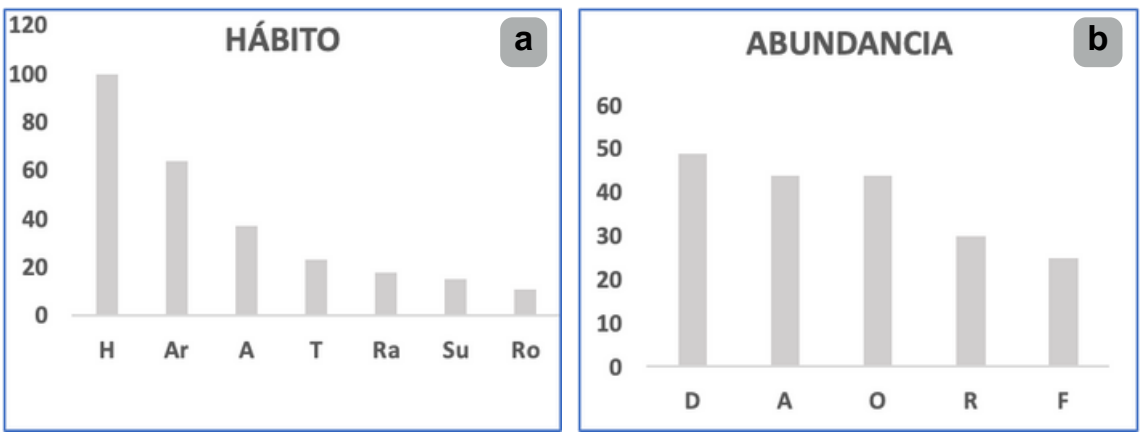


Gráfico 1. Especies por tipo de vegetación

Entre las formas más abundantes sobresalen las hierbas (H) con 100 especies, seguidas por los arbustos (Ar) con 66, y por último los árboles (A) con 39. En cuanto a la abundancia de las especies con distribución exclusiva en el entorno natural, destacan las dominantes (D) con 49, seguidas por las abundantes (A) con 44, las ocasionales (O) con 45, las raras (R) 31 y las frecuentes (F) con 25 (Gráficos 2a y 2b).



Gráficos 2 a y b. a) Formas dominantes y **b)** Niveles de abundancia.

Se registraron 91 especies de malezas, muchas de las cuales son escasas y hasta raras por la poca cantidad de individuos observados. Destacan por su abundancia y amplia distribución en la isla *C. ciliaris* L., una especie perenne y *Amaranthus palmeri* S. Watson una herbácea de verano. Las familias con mayor aporte son Poaceae (16), Asteraceae y Fabaceae (14). También se identificaron 76 especies ornamentales, la mayoría de origen exótico, así como 3 especies ocasionales producto de la dispersión de semillas provenientes de frutos comestibles como *Solanum lycopersicum* L. (tomate), *Capsicum annuum* L. (chile), *Citrullus lanatus* Thunb.) Matsum. & Nakai (sandía).

En este sentido, el conjunto de malezas y ornamentales constituyen el 62.3% del total de la flora de la isla. Cinco especies registradas se encuentran catalogadas bajo la categoría Amenazadas (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *A. germinans*, *R. mangle*, *L. racemosa*, *C. erectus* y *G. coulteri*. Mientras que *Lophocereus schottii* (Engelm.) Britton & Rose y *Cochlospermum palmatifidum (*DC.) Byng & Christenh. están bajo Protección especial (Pr). Todas las especies de Cactaceae registradas, excepto *Pereskiopsis porteri*, se ubican dentro del Apéndice II de CITES (2022). En la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN, 2024) se encuentra *Swietenia humilis* Zucc. catalogada bajo la categoría de Amenazada (EN), mientras que *G. coulteri, Ferocactus wislizenii* Britton & Rose y *S. alamosensis*, están catalogadas como Vulnerables (VU) y *B. laxiflora* como Casi Amenazada (NT).

Además, se determinaron cuatro especies clasificadas dentro de las “100 especies exóticas más nocivas del mundo” (Lowe et *al*., 2004) siendo estas *Schinus terebinthifolia* Raddi y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, ambas presentes en los jardines de los restaurantes, así como *Lantana camara* L. y *Tamarix ramosissima* Ledeb. formando parte estas últimas de la vegetación natural de la isla.

Discusión

Los tipos de vegetación registrados y descritos para la isla El Maviri son los mismos que están presentes en otras islas de Sinaloa (Flores-Campaña et al., 1996, 2003, Reyes-Olivas, 2001; Vega-Aviña et al., 2001; Hernández-Cornejo et al., 2005; Díaz, 2008; Díaz et al., 2023), siendo el manglar (MA) la vegetación dominante. Este se distribuye exclusivamente por la zona de sotavento respecto al Océano Pacífico, en los esteros que separan la isla del continente y donde se depositan sedimentos arcillosos arrastrados por el agua marina, permitiendo la colonización de las especies típicas de mangle, reportadas para la entidad por Benítez-Pardo et al. (2002) y Hernández-Cornejo et al. (2005), dando lugar a la vegetación costera más importante en el litoral de Sinaloa (Velázquez-Salazar et al., 2021), así como en la isla El Maviri y alrededores (Acosta-Velázquez y Vázquez-Lule, 2009).

Mientras que en la parte de barlovento se distribuye la vegetación halófila (VH) con una composición florística muy diversa como lo menciona Rzedowski (2006) para este tipo de vegetación en el país. Se observó sobre los suelos arcillosos y arenosos que el desarrollo de la vegetación se ve favorecido por la textura suave y la humedad dispersada por la brisa marina (Turner et al., 2005). Además, la mayoría de especies se registró en el verano, cuando las semillas dispersadas y acumuladas en las dunas y las planicies arcillosas germinan y dan lugar a una vegetación rica en especies herbáceas y efímeras, que es favorecida por la humedad de la temporada lluviosa lo cual promueve una rápida germinación y crecimiento de las plantas de ciclo de vida corto (Mackenzie, 2005).

Las 270 especies registradas constituyen la mayor cantidad para cualquiera de las islas del APFF Islas del Golfo de California sección Sinaloa, incluyendo la isla Santa María en el municipio de Ahome, Sinaloa (Díaz et al., 2023). Si bien, es menor a las 340 especies reportadas por Felger et al. (2016) para la isla Tiburón en el estado de Sonora, esta posee un territorio de 119,8874.19 ha, lo que constituye un espacio inmenso comparado con las 914.81 ha de la isla Maviri. El aporte de especies de Fabaceae, Asteraceae, y Poaceae es similar al resto de las islas de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur en el Mar de Cortes y son las familias de mayor diversidad reportadas en estudios

Tabla 1. Islas de APFF. Islas del Golfo de California con estudios florísticos completos.

Isla	Municipio y Estado	Área ha	Especies	Cociente Esp/Área
Tiburón (Felger et al., 2012)	Hermosillo, Son.	119, 874.86	340	0.003
Ángel de la Guarda (Cody et al., 2002)	Mexicali, B. C.	93, 100	199	0.002
Espíritu Santo (Rebman et al., 2002)	La Paz, B. C. S.	8378.5	249	0.029
Venados (Flores-Campaña et al.,1996)	Mazatlán, Sin.	56.17	126	2.24
Pájaros (Vega-Aviña et al., 2001)	Mazatlán, Sin.	54.25	57	1.05
Mazocahui (Reyes-Olivas, 2001)	Ahome, Sin.	14.9	103	6.91
San Ignacio (Díaz, 2008)	Guasave, Sin.	3667	151	0.041
Santa María (Díaz et al., 2023)	Ahome, Sin.	2588.18	202	0.078

previos en la región (Tabla 1). Destacan como dominantes del paisaje las cactáceas por su altura, abundancia y diversidad ya que en el área se presentan 15 especies de las 23 citadas por Díaz et al. (2022) para todo el complejo insular estatal, aportando tres especies ornamentales no registradas previamente.

Por otro lado las familias Apocynaceae, Amaranthaceae y Malvaceae aumentan considerablemente su riqueza de especies respecto a otros estudios similares, debido a que en el sistema APG IV (2016) empleado para clasificar los taxones del presente estudio, se les anexaron las especies de géneros que antaño se incluían en otras familias como Asclepiadaceae*: Asclepias, Funastrum, Matelea, Metastelma* y *Ruehssia*; Chenopodiaceae: *Atriplex*, *Chenopodium*, *Salicornia* y *Suaeda*; Sterculiaceae: *Ayenia* y *Melochia*, respectivamente. Así mismo, la abundancia de herbáceas de ciclo de vida corto en el área de estudio se vincula al hecho de que poseen más diversas adaptaciones ecológicas que las leñosas (Thomson et al. 2020), así como a la abundancia de arbustos bajos y muy ramificados los cuales atrapan sus semillas, las mantienen latentes y les permiten germinar debido a la mayor humedad presente en su suelo base como lo señalan López et al. (2009) y Giladi et al. (2013).

Las 91 especies de arvenses registradas superan ampliamente las 56 especies reportadas por Díaz (2008) para todo el complejo de 18 islas de las lagunas Navachiste y Macapule, así como las 88 reportadas para la isla Santa María situada a un lado del área de estudio (Díaz, 2023). Fabaceae, Asteraceae y Poaceae aportan la mayor cantidad de malezas mismas que son reconocidas como las familias más comunes de plantas asociadas a los cultivos y entre las plantas ruderales en México (Villaseñor y Espinoza-García, 2004) y en el mundo (Randall, 2017). Además, de acuerdo con Liu et al. (2023), la actividad agrícola que se realiza cerca del cuerpo insular, la intensa afluencia turística, la apertura de numerosas caminos y senderos, así como su cercanía con el continente, se constituyen como atributos favorables para haber sido colonizada por herbáceas de ciclo de vida corto como sucede con muchas arvenses oportunistas. Por otro lado, se registraron 76 especies de plantas ornamentales, lo que constituye el mayor número de especies reportadas para el sistema de islas de toda la entidad, mismas que han sido trasladadas para adornar especialmente el área de restaurantes y estacionamientos.

En ese sentido, la presencia de estas ornamentales exóticas en la isla, además de las malezas, resulta negativa ya que, de acuerdo con Abbot (1992) su dispersión puede causar o facilitar la extinción de las nativas al iniciar procesos de hibridación o bien por competencia interespecífica disminuyendo la abundan-

cia y distribución de las especies nativas según Sax y Gaines (2003).

Las siete especies catalogadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019) constituye la misma cantidad reportada por Díaz et al. (2023) para la isla Santa María, siendo ambos sitios en los que se registra la mayor cantidad de especies protegidas por dicha norma. Así mismo, las cuatro especies catalogadas dentro de exóticas invasoras más nocivas del mundo (Lowe et al., 2004) y registradas en este estudio, constituyen la mayor cantidad reportada para cualquier isla o grupo de islas de Sinaloa (Flores-Campaña et al.,1996; Vega-Aviña et al., 2001; Díaz, 2008 y Díaz et al., 2023), así como las tres especies reportadas por Felger et al. (2016) en el complejo insular de Tiburón, estado de Sonora y las dos reportadas por Márquez et al., (2021) para el Santuario Playa El Verde Camacho, Mazatlán, Sinaloa.

Conclusiones

La flora de la isla El Maviri es la más rica determinada hasta ahora, para cualquier otra isla de Sinaloa a pesar de su reducido tamaño y de que alrededor del 80% de su área está cubierta solo de manglar y la restante 20% ha sido muy impactada desde hace varias décadas por actividades turísticas. Para ello se han deforestado amplias extensiones de vegetación original, abriendo espacios destinados a construcciones diversas. Además, se han aperturado numerosos caminos y senderos, los cuales son vectores de arvenses provenientes de los campos de cultivo de la parte continental, algunos transportados por el viento o también por el amplio flujo turístico durante los fines de semana que, con vehículos de todo tipo, ingresa a la isla sin ninguna medida de restricción, afectando la estructura de la vegetación y las poblaciones de aves. La gran afluencia turística proveniente de la ciudad de Los Mochis, principalmente, debido a ello se ofrece al público asis tente servicios de alimentación en muchos restaurantes, lo que ha modificado fuertemente el paisaje natural con sus construcciones y las numerosas especies de plantas ornamentales que se han introducido, algunas de las cuales, como *Azadirachta indica* L, *L. leucocephala, Kalanchoe daigremontiana* Raym.-Hamet & H. Perrier*., Helianthus annuus* L y *Dracaena trifasciata* (Prain) Mabb. al escaparse de los jardines del lugar se pueden convertir en un problema ambiental por su gran potencial reproductivo tanto sexual como asexual y por su capacidad de adaptación a ambientes extremos. Esto exigiría a mediano plazo aplicar esfuerzos extraordinarios para su erradicación, ya que se sumarían al problema actual de infestación provocado por *C. ciliaris*, que se encuentra ampliamente distribuido en la isla y constituye un factor de riesgo para la pérdida de diversidad tanto por competencia como por ser una planta que

al secarse se vuelve muy inflamable promoviendo incendios como ya ha sucedido en años recientes.

Referencias

1. Abbot, R. J., 1992. Plant invasions, interespecific hybridization and the evolution of new plant taxa. *Trends Ecol. Evol.* 12(7):401-405. doi: 10.1016/0169-5347(92)90020-C

2. Acosta-Velázquez, J., y Vázquez-Lule, A. D. 2009. Caracterización del sitio de manglar Isla Santa María–Topolobampo–Ohuira, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. CONABIO, México, D.F.

3. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología. 1999. *Programa de manejo islas del Golfo de California zona de reserva y refugio de aves migratorias y fauna silvestre.* 262 pp.

4. The Angiosperm Phylogeny Group (APG IV). (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. https://doi.org/10.1111/boj.12385

5. Ayuntamiento de Ahome. 2013. *Programa Municipal de Desarrollo Urbano Ahome*. Ahome, Sinaloa, México. 300 pp.

6. Benítez-Pardo, D., Flores-Verdugo, F. y Valdez-Hernández, J. I. 2002. Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano. *Madera y Bosques* 8(2):57-61.

7. CITES. 2024. Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. *Apéndices I, II y III de la CITES en vigor a partir del 22 de junio de 2021*. Consultada: 20-04-2024. http://www.cites.org/

8. Cody, M., Rebman, J., Moran, R., Thompson, H. J. 2002. Plants. Pp. 63-111. En Case TJ, Cody ML, Ezcurra E. (Eds). A New Island Biogeography of The Sea of Cortés. *Oxford University Press*. USA, 690 pp.

9. Díaz, J. S. 2008. Diversidad florística y estructura de la vegetación de las islas de los sistemas lagunares Navachiste y Macapule, del norte de Sinaloa. Tesis de Maestría. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, México. 152 pp.

10. Díaz, J. S., Márquez-Salazar, G., Millán-Otero, G., Bojórquez-Castro, J. G. y Díaz-Zazueta, M. 2022. Cactáceas del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, Sección Sinaloa. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2022. Vol. 8 (1): 59-65. https://doi.org/10.18242/anpscripta.2022.08.08.01.0004

11. Díaz, J. S., Márquez-Salazar G., Gamez-Duarte, E. A., Díaz-Zazueta, M. A. y Uriarte-Sarabia, D. 2023. Vegetación y flora de la isla Santa María en el APFF Islas del Golfo de California, sección Sinaloa. *Áreas Naturales Protegidas Scripta,* Vol. 9 (2): 1-24. https://doi.org/10.18242/anpscripta.2023.09.09.02.0001

12. Diario Oficial de la Federación (DOF). (2000). *Decreto del 7 de junio: Declara el Área de Protección de Flora y Fauna "Islas del Golfo de California"*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

13. Diario Oficial de la Federación (DOF). 2019. *Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental—Especies nativas de México de flora y fauna silvestres—Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio—Lista de especies en riesgo*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

14. Felger, R. S., Wilder, B. T. y Romero-Morales, H. 2016. *Plant life of a desert archipelago: Flora of the sonoran islands in the Gulf of California.* 1st ed. University of Arizona Press. USA. 624 pp.

15. Flores-Campaña, L. M., Vega-Aviña, R., Benítez-Pardo, R. y Hernández-Álvarez, F. 1996. Flora de Isla Venados de Bahía Mazatlán, Sinaloa, México*. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. México, Ser. Bot.* 67(2):283-301.

16. Flores-Campaña, L. M., Ortiz, M. y Yánez, J. 2003. Islas e islotes de Sinaloa. Pp. 111-125 En Cifuentes-Lemus, J. L. y J. Gaxiola (eds.) *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa.* Colegio de Sinaloa.

17. García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2ª ed.* Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 p.

18. Giladi, I., Segoli, M. y Ungar, E. D. 2013. Shrubs and herbaceous seed Flow in a semiarid landscape: dual functioning of shrubs as trap and barrier. *Journal of Ecology*, 101, 97–106. doi: 10.1111/1365-2745.12019

19. Hernández-Cornejo, R., Koedam, N., Ruiz-Luna, A., Troell, M., Dahdouh-Guebas, F. 2005. Remote sensing and ethnobotanical assessment of the mangrove forest changes in the Navachiste-San Ignacio-Macapule lagoon complex, Sinaloa, Mexico. *Ecology and Society* 10 (1):16

20. INEGI. 2015. *Catálogo de Territorio Insular Mexicano.* Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 243 Pp.

21. INEGI. 2017. *Anuario Estadístico y Geográfico de Sinaloa 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 475 Pp.

22. INEGI. 2018. *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Tipo de Vegetación, Escala 1:250000, Serie VII.* Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

23. INEGI. 2021. *División Política Estatal, Escala 1:250000.* Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

24. IUCN. 2024. *The IUCN Red List of Threathned Species version 2022.2.*
www.iucnredlist.org

25. Liu, J., Liu, T., Zhou, Y., Chen, Y., Lu, L., Jin, X., Hu, R., Zhang, Y. y Zhang, Y. 2023. Plant diversity on islands in the Anthropocene: Integrating the effects of the theory of island biogeography and human activities. *Basic and Applied Ecology* 72:45-53.
https://doi.org/10.1016/j.baae.2023.07.006

26. López, R. P., Larrea-Alcázar, D. M. y Ortuño, T. 2009. Positive effects of shrubs on herbaceous species richness across several spatial scales: evidence from the semiarid Andean subtropics. *Journal of Vegetation Science* 20: 728–734.
https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.010 67.x

27. Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. 2004. *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database.* Publicado por Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), Primera edición; 12 pp.

28. Márquez-Salazar, G., Díaz, J. S., Pío-León, J. F., y Amador-Medina, A. 2021. Plantas Invasivas en el Santuario Playa El Verde Camacho, Sinaloa, México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2021. Vol. 7 (1): 63-68.
https://doi.org/10.18242/anpscripta.2027.07.07.01.0004

29. Macías-Rodríguez, M. A,. Frías-Ureña, H. G., Contreras-Rodríguez, S. H. and Frías-Castro, A. 2018. Vascular plants and vegetation of the Sayula sub-basin, Jalisco, México. *Botanical*

Sciences 96:103-137.
https://doi.org/10.17129/botsci.1030

30. Mackenzie, J. 2005. *Halophyte Vegetation Distribution in a Sub-Tropical Saltmarsh.* University of Queensland and Department of Primary Industries and Fisheries. Queensland, Australia. 20 pp.

31. POWO. 2024. *Plants of the World Online.* Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the internet; http://plantsoftheworldonline.org. Retrieved 20 April 2024.

31. Randall, R. P. 2017. *A global compendium of weeds. 3rd Edition.* Perth, Western Australia. R. P. Randall. 3653 pp.

32. Rebman, J., León de la Luz, J. L. y Moran, R. 2002. Vascular Plants of the Gulf Islands. Appendix 4.1. Pp. 465-511. En Case, T. J., Cody, M. L. y Ezcurra, E. (Eds). *A New Island Biogeography of The Sea of Cortés.* Oxford University Press. USA, 690 pp.

33. Reyes-Olivas, A. 2001. *Asociación de cactáceas con arbustos en el desierto costero de Topolobampo, Sinaloa.* Universidad de Occidente. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R217. México, D. F. 69 pp.

34. Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México. 1ra Edición.* Limusa. México, D. F. 432 pp.

35. Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México. 1ra Edición digital.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 pp.

36. Sánchez-Soto, B. H. 2012. Estructura y Riqueza Vegetal de las Islas de la Costa de Sinaloa. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 100 pp.

37. Sax, D. F. y Gaines, S. D. 2003. Species diversity: from global decreases to local increases. *Trends Ecol. Evol.* Vol 18, 11:561-566.
https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00224-6

38. Tansley, A. G. 1946. Introduction to Plant Ecology. 2nd ed. Allen & Unwin; Londres, Reino Unido. 260 pp.Thomson, F. J., Moles, A. T., Auld, T. D., Ramp, D., Ren, S. and Kingsford, R. 2010. Chasing the Unknown: predicting seed dispersal mechanisms from plant traits. *Journal of Ecology* 98:1310-1318.
https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01724.x

39. Turner, R. M., Bowers, J. E. and Burgess, T. L. 2005. Sonoran Desert Plants: An Ecological Atlas. *University of Arizona Press*. Tucson, Arizona. USA. 522 pp.

40. Vega-Aviña, R., Benítez-Pardo, D., Flores-Campaña, L. y Hernández-Álvarez, F. 2001. Vegetación y Flora de la Isla Pájaros e Isla Lobos, de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. *Listados Florísticos de México # XXI*. Instituto de Biología, UNAM. 19 pp.

41. Vega-Aviña, R., Vega-López, I. y Delgado-Vargas, F. 2021. *Flora Nativa y Naturalizada de Sinaloa. 1era ed.* Universidad Autónoma de Sinaloa. 240 pp.

42. Velázquez-Salazar, S., Rodríguez-Zúñiga, M. T., Alcántara-Maya, J. A., Villeda-Chávez, E., Valderrama-Landeros, L., Troche-Souza, C., Vázquez-Balderas, B., Pérez-Espinosa, I., Cruz-López, M. I., Ressl, R., De la Borbolla, D. V., Paz, O., Aguilar-Sierra, V., Hruby, F. y Muñoa-Coutiño, J. H. 2021. *Manglares de México. Actualización y análisis de los datos 2020.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 168 Pp.

43. Villaseñor, J. L. y Espinosa-García, F. J. 2004. The Alien Flowering Plants of Mexico. *Diversity and Distributions* 10 (2): 113–123.
http://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x.

44. Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(3): 559-902.
http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017.

45. Zavala-Norzagaray, A. 2011. *Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira.* Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2009-2012. CIIDIR-Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional. México. 22 pp.

Apéndice I. Listado de la flora de la isla El Mavíri del APFF Islas del Golfo de California, sección Sinaloa, México. HA (Hábito): A (Árbol), Ar (Arbusto), Su (Suculenta), H (Hierba), R (Rastrera), Ro (Rosetófila), T (Trepadora), E (Epífita). TV (Tipo de Vegetación): BE (Bosque Espinoso), VH (Vegetación Halófila), MG (Manglar). AB (Abundancia): D (Dominante), A (Abundante), F (Frecuente), O (Ocasional), RA (Rara). FV (Forma de Vida): N (Nativa), M (Maleza), O (Ornamental).

FAMILIAS Y ESPECIES	HA	TV	AB	FV
MONILOPHYTA				
NEPHROLEPIDACEAE				
Nephrolepis exaltata (L.) Schott.	H			O
GIMNOSPERMAE				
CYCADACEAE				
Cycas revoluta Thunb.	Ar			O
EUDICOTILEDÓNEAS				
ACANTHACEAE				
Avicennia germinans (L.) L.	A	MG	D	N
Elytraria imbricata (Vahl) Pers.	H	BE	A	M
Henrya insularis Nees.	H	BE	O	M
Justicia spicigera Schltdl.	Ar			O
Ruellia tuberosa L.	H			O

ACHATOCARPACEAE				
Phaulothamnus spinescens A. Gray.	Ar	BE	F	N
AIZOACEAE				
Sesuvium portulacastrum L.	Ra	VH	D	N
S. revolutifolium Ortega	Ra	VH	D	N
Trianthema portulacastrum L.	Ra	VH	A	M
AMARANTHACEAE				
Amaranthus fimbriatus (Torr.) Benth. ex S. Watson	H	BE	A	M
A. palmeri S. Watson	H	BE	D	M
Atriplex barclayana (Benth.) D. Dietr.	H	VH	A	N
A. canescens (Pursh) Nutt.	H	VH	A	M
Chenopodium berlandieri Moq.	H	VH	R	M
Froelichia interrupta (L.) Moq.	H	BE	R	N
Gomphrena sonorae Torr.	H	BE	D	N
G. vermicularis L.	R	VH	R	N
Iresine calea (Ibañez) Standl.	T	BE	R	N

Salicornia bigelovii Torr.	H	VH	D	N
Sarcocornia pacifica (Standl.) A. J. Scott	H	VH	A	N
Suaeda fruticosa (L.) Hook. & Arn.	Ar	VH	A	M
S. nigra (Raf.) J. F. Macbr.	Ar	VH	A	N
ANACARDIACEAE				
Mangifera indica L.	A			O
Schinus terebinthifolia Raddi	A			O
APOCYNACEAE				
Adenium obesum (Forssk.) Roem. et Schult.	Ar			O
Asclepias subulata Decne.	H	VH	F	N
Catharanthus roseus (L.) G. Don	H			O
Dictyanthus reticulatus (Turcz.) Hemsl.	T	MX	O	N
Funastrum clausum (Jacq.) Schltr.	T	BE	A	N
F. cynanchoides (Decne.) Schltr.	T	BE	F	M
Ruehssia edulis (S. Watson) L. O. Alvarado	T	BE	A	N

Matelea pringlei (A. Gray) Woodson	T	MX	R	N
Metastelma pringlei A. Gray	T	MX	R	N
Nerium oleander L.	Ar			O
Pachypodium lamerei Drake	A			O
Stapelia gigantea N. E. Br.	Su			O
Vallesia glabra (Cav.) Link.	Ar	BE	O	N
ARALIACEAE				
Polyscias guilfoylei (W. Bull) L. H. Bailey	Ar			O
ASTERACEAE				
Ambrosia psilostachya DC.	H	VH	F	M
Artemisia ludoviciana Nutt.	H	VH	R	M
Baccharis sarothroides A. Gray	Ar	BE	R	M
Brickellia coulteri A. Gray	H	BE	D	N
Chromolaena sagittata (A. Gray) R. M. King & H. Rob.	Ar	BE	F	M
Eclipta prostrata (L.) L.	H	VH	O	M
Encelia farinosa A. Gray ex Torr.	Ar	VH	O	M
Galinsogeopsis spilanthoides Sch. Bip.	H	BE	O	M
Helianthus annuus L.	H	VH	R	M

Laphamia leptoglossa (Harv. & A. Gray ex A. Gray) Lichter-Marck	H	BE	O	N
Palafoxia linearis (Cav.) Lag.	H	VH	D	N
Parthenium hysterophorus L.	H	VH	R	M
Pectis rusbyi Greene ex A. Gray	H	BE	D	M
Perityle californica Benth.	H	BE	O	N
Pluchea odorata (L.) Cass.	Ar	VH	F	M
Porophyllum gracile Benth.	Ar	VH	A	N
P. punctatum (Mill.) S. F. Blake	H	VH	O	M
Sonchus oleraceus L.	H	VH	R	M
Tagetes patula L.	H			O
Tridax procumbens L.	H	VH	O	M
BATACEAE				
Batis maritima L.	Ra	VH	D	N
BIGNONIACEAE				
Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Standl.	A			O
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	Ar			O

BIXACEAE				
Amoreuxia palmatifida Moc. & Sessé ex DC.	H	BE	O	M
BORAGINACEAE				
Johstonella grayi (Vasey & Rose) Hasenstab & M. G. Simpson	H	VH	A	N
Ehretia tinifolia L.	A			O
Euploca procumbens (Mill.) Diane & Hilger	H	VH	D	N
Nama hispida L.	H	VH	O	M
Varronia curassavica Jacq.	Ar	MX	A	N
BURSERACEAE				
Bursera fagaroides (Kunth) Engl.	A	MX	O	N
B. laxiflora S. Watson	A	MX	D	N
CACTACEAE				
Cylindropuntia fulgida (Engelm.) F. M. Knuth	Su	BE	A	M
C. thurberi (Engelm.) F. M. Knuth	Su	MX	A	N
Ferocactus wislizenii Britton & Rose	Su	MX	R	N
Lophocereus schottii (Engelm.) Britton & Rose	Su	BE	R	N
Cochemiea dioica (K. Brandegee) Doweld	Su	MX	A	N
C. mazatlanensis (K. Schum.) D. Aquino & Dan. Sánchez	Su	MX	F	N

Opuntia ficus-indica L.	Su			O
O. karwinskiana Salm-Dyck	Su			O
O. microdasys (Lehm.) Pfeiff.	Su			O
O. decumbens Salm-Dyck	Su	MX	R	N
O. wilcoxii Britton & Rose	Su	BE	D	N
Pachycereus pecten-aboriginum (Engelm. ex S. Watson) Britton & Rose	Su	BE	D	N
Pereskiopsis porteri (Brandegee) Britton & Rose	Ar	MX	D	N
Stenocereus alamosensis (J. M. Coult.) A. C. Gibson & K. E. Horak.	Su	BE	D	N
S. thurberi (Engelm.) Buxb.	Su	MX	D	N
CANNABACEAE				
Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg.	Ar	BE	O	N
CAPPARACEAE				
Forchammeria watsonii Rose	A	MX	O	N
Morisonia atamisquea (Kuntze) Christenh. & Byng	Ar	MX	O	N
M. flexuosa L.	Ar	BE	F	N

CASUARINACEAE				
Casuarina equisetifolia L.	A			O
CELASTRACEAE				
Maytenus phyllanthoides Benth.	Ar	BE	A	N
COMBRETACEAE				
Conocarpus erectus L.	A	MG	A	N
Laguncularia racemosa (L.) Gaertn.f.	A	MG	D	N
Terminalia buceras (L.) C. Wright	A			O
T. catappa L.	A			O
CONVOLVULACEAE				
Cuscuta polyanthemos Schaffner ex Yunck.	T	BE	O	N
Evolvulus alsinoides L.	H	BE	D	M
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	Ra	VH	F	M
I. quamoclit L.	T	BE	O	M
I. ternifolia Cav.	T	VH	A	M
CRASSULACEAE				
Kalanchoe daigremontiana Raym. Hamet & H. Perrier	H			O

CUCURBITACEAE				
Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai	Ra			O
Ibervillea sonorae (S. Watson) Greene	T	BE	R	N
Momordica charantia L.	T	VH	R	M
DIDIERACEAE				
Portulacaria afra Jacq.	Ar			O
ERICACEAE				
Rhododendron spp.	Ar			O
ERYTHROXYLACEAE				
Erythroxylum mexicanum Kunth	Ar	MX	O	N
EUPHORBIACEAE				
Acalypha californica Benth.	H	VH	F	N
Argythamnia serrata (Torr.) Müll. Arg.	H	BE	O	M
Codiaeum variegatum (L.) Rumph. ex A. Juss.	Ar			O
Croton californicus Müll. Arg.	Ar	VH	D	N
C. sonorae Torr.	Ar	MX	O	N
Euphorbia eriantha Benth.	H	BE	A	N
E. florida Engelm.	H	BE	A	N

E. milii Des Moul.	Ar			O
E. splendens Bojer ex. Hook.	Ar			O
E. tithymaloides L.	H			O
Jatropha cinerea (Ortega) Müll. Arg.	Ar	VH	D	N
Ricinus communis L.	Ar	BE	R	M
FABACEAE				
Albizia lebbeck (L.) Benth.	A			O
Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw.	Ar			O
Canavalia rosea (Sw.) DC.	Ra	VH	F	M
Coulteria platyloba (S. Watson) N. Zamora	Ar	MX	A	N
Crotalaria incana L.	H	VH	O	M
C. pumila Ortega	H	VH	R	M
Desmanthus covillei (Britton & Rose) Wiggins ex B. L. Turner	Ar	BE	D	N
Galactia incana (Rose) Standl.	T	BE	A	N
Haematoxylum brasiletto H. Karst.	Ar	MX	A	N
Hoffmannseggia glauca (Ortega) Eifert	H	VH	F	M
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	A	BE	R	M

Lysiloma divaricatum (Jacq.) J. F. Dcbr.	A	BE	O	N
Macroptilium atropurpureum (DC) Urb.	T	VH	F	M
Marina peninsularis (Rose) Barneby	H	VH	O	N
Mariosousa millefolia (S. Watson) Seigler & Ebinger	Ar	BE	A	N
Melilotus alba Lam.	H	VH	R	M
M. indica (L.) All.	H	VH	R	M
Neltuma juliflora (Sw.) Raf.	A	BE	D	M
Parkinsonia aculeata L.	Ar	VH	O	M
P. praecox (Ruiz & Pav. ex Hook.) J. Hawkins	Ar	BE	F	N
Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.	A	BE	R	M
P. unguis-cati (L.) Benth.	Ar	MX	D	N
Samanea saman (Jacq.) Merr.	A			O
Sesbania herbacea (Mill.) McVaugh	H	VH	D	M
Tephrosia purpurea (L.) Pers.	H	VH	D	N
Vachellia campeachiana (Mill.) Seigler & Ebinger	Ar	BE	O	M
V. farnesiana (L.) Wight et Arn.	Ar	BE	A	M
FOUQUIERIACEAE				
Fouquieria macdougalii Nash	Ar	MX	O	N

LAMIACEAE				
Ocimum basilicum L.	H			O
MALPIGHIACEAE				
Byrsonima crassifolia (L.) Kunth	A			O
Callaeum macropterum (Moc. & Sesse ex DC.) D. M. Johnson	T	BE	R	N
Cottsia californica (Benth.) W. R. Anderson & C. Davis	T	BE	A	N
Malpighia emarginata DC.	Ar	BE	O	N
MALVACEAE				
Abutilon abutiloides (Jacq.) Garcke ex Hochr.	H	BE	A	M
A. incanum (Link) Sweet.	H	BE	F	N
A. palmeri A. Gray	H	BE	A	N
Ayenia compacta Rose	H	BE	D	N
Herissantia crispa (L.) Brizicky	H	BE	D	M
Hibiscus biseptus S. Watson	H	BE	F	N
H. tiliaceus L.	A			O
Melochia pyramidata L.	H	BE	R	M
M. tomentosa L.	H	MX	A	M
Waltheria indica L.	H	BE	F	M

MARTYNIACEAE				
Proboscidea altheifolia (Benth.) Decne.	H	VH	D	N
MELIACEAE				
Azadirachta indica L.	A			O
Swietenia humilis Zucc.	A			O
MORACEAE				
Ficus benjamina L.	A			O
F. microcarpa L. f.	A			O
F. petiolaris Kunth	A	MX		R
MYRTACEAE				
Eucalyptus globulus Labill.	A			O
Psidium guajava L.	A			O
NYCTAGINACEAE				
Abronia gracilis L.	Ra	VH	A	N
A. maritima Nutt. ex S. Watson	Ra	VH	D	N
Boerhavia spicata Choisy	H	BE	D	M
Bougainvillea spectabilis Willd.	Ar			O
Commicarpus scandens (L.) Standl.	T	BE	F	M

Mirabilis jalapa L.	H			O
Okenia hypogaea Schltdl. & Cham.	Ra	VH	D	M
Salpianthus macrodontus Standl.	H	BE	O	M
PASSIFLORACEAE				
Passiflora arida (Mast. & Rose) Killip	T	BE	R	N
STEGNOSPERMATACEAE				
Stegnosperma halimifolium Benth.	Ar	VH	O	N
POLYGONACEAE				
Antigonon leptopus Hook. & Arn.	T	BE	A	M
PORTULACACEAE				
Portulaca grandiflora Hook	Ra			O
P. oleracea L.	Ra	VH	O	M
P. pilosa L.	Ra	VH	O	N
PRIMULACEAE				
Bonellia macrocarpa subsp. *macrocarpa* (Cav.) B. Stahl. & Källersjö	Ar	MX	F	N
RHAMNACEAE				
Colubrina heteroneura (Griseb.) Standl.	Ar	MX	O	N
Condalia spathulata A. Gray	Ar	MX	A	N

Karwinskia humboldtiana (Schult.) Zucc.	Ar	BE	D	N
Sarcomphalus amole (Sessé & Moc.) Hauenschild	A	MX	D	N
RHIZOPHORACEAE				
Rhizophora mangle L.	A	MG	D	N
ROSACEAE				
Rosa spp.	Ar			O
RUBIACEAE				
Hexasepalum angustifolium Bartl. ex DC.	Ra	VH	O	N
Hintonia latiflora (Sessé et Moc. ex DC.) Bullock	Ar	BE	F	N
Randia aculeata L.	Ar	MX	D	N
R. thurberi S. Watson	Ar	BE	A	N
Spermacoce confusa Rendle	H	VH	O	M
RUTACEAE				
Citrofortunella microcarpa (Bunge) Wijnands	A			O
Citrus x *limon* (L.) Osbeck	A			O
Murraya paniculata (L.) Jack	Ar			O
SAPINDACEAE				
Serjania sonorensis (S. Watson) Ferrucci & V. W. Steinm.	T	BE	F	N

SANTALACEAE				
Phoradendron californicum Nutt.	E	BE	F	N
SOLANACEAE				
Capsicum annuum L.	H			O
Datura discolor Bernh.	H	VH	F	M
Lycium brevipes Benth.	Ar	VH	A	N
Nicotiana glauca Graham	Ar	BE	O	M
N. obtusifolia M. Martens & Galeotti	H	BE	A	M
Petunia x *hybrida* Hort. ex E. Vilm.	H			O
Physalis angulata L.	H	BE	A	M
Solanum lycopersicum L.	H	VH	R	M
S. houstonii Martyn	H	BE	D	M
TAMARICACEAE				
Tamarix aphylla (L.) Karst.	A	VH	R	M
T. ramossisima Ledeb	Ar	VH	D	M
VERBENACEAE				
Duranta erecta L.	H			O
Lantana camara L.	Ar	BE	D	M
Phyla nodiflora (L.) Greene	Ra	VH	F	M

VITACEAE				
Cissus verticillata (L.) Nicolson & C. E. Jarvis	T	BE	R	M
Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch.	T			O
ZYGOPHYLLACEAE				
Guaiacum coulteri A. Gray	Ar	MX	D	N
Kallstroemia grandiflora Torr.	Ra	VH	D	M
Tribulus cistoides L.	Ra	VH	O	M
MONOCOTILEDÓNEAS				
AMARYLLIDACEAE				
Crinum asiaticum L.	Ro			O
ARACEAE				
Aglaonema commutatum Schott	H			O
Caladium bicolor (Aiton) Vent.	H			O
Dieffenbachia seguine (Jacq.) Schott	H			O
Epipremnum aureum (Linden & André) G. S. Bunting	T			O
ARECACEAE				
Chamadorea cataractarum Mart.	Ar			O

Chrysalidocarpus lutescens H. Wendl.	A			O
Cocos nucifera L.	A			O
Phoenix canariensis H. Wildpret	A			O
P. roebelenii O´Brien	Ar			O
Washingtonia filifera (Linden ex André) H. Wendl. ex de Bary	A			O
ASPARAGACEAE				
Agave rhodacantha Trel.	Ro	BE	A	N
A. maximiliana Baker	Ro			O
A. vivipara L.	Ro			O
Beaucarnea recurvata (K. Koch & Fintelm.) Lem.	Ar			O
Chlorophytum comosum (Thunb.) Jacques	HRo			O
Cordyline rubra Otto & A. Dietr.	Ar			O
Dracaena reflexa var. *angustifolia* Baker	Ar			O

D. trifasciata (Prain) Mabb.	Ro			O
ASPHODELACEAE				
Aloe vera (L.) Burm. f.	Ro			O
BROMELIACEAE				
Tillandsia recurvata (L.) L.	RoE	BE	D	N
T. usneoides L.	RoE	BE	O	M
COMMELINACEAE				
Commelina erecta L.	H	BE	A	N
Tradescantia pallida (Rose) D. R. Hunt	H			O
CYPERACEAE				
Cyperus odoratus L.	H	VH	D	M
Eleocharis geniculata (L) Roem. & Sch.	H	VH	O	M
IRIDACEAE				
Dietes iridioides (L.) Sweet ex Klatt	Ro			O
POACEAE				
Aristida adscensionis L.	H	BE	A	M
A. ternipes Cav.	H	BE	A	M
Bambusa vulgaris Schrad. ex J. C. Wendl.	Ar			O

Bouteloua aristidoides (Kunth) Griseb.	H	BE	D	M
B. barbata Lag.	H	BE	D	M
Cenchrus ciliaris L.	H	VH	D	M
C. echinatus L.	H	VH	A	M
C. spinifex Cav.	H	VH	D	M
Chloris virgata Swartz	H	BE	D	M
Cynodon dactylon (L.) Pers.	H	BE	R	M
Distichlis littoralis (Engelm.) H. L. Bell & J. T. Columbus	H	VH	A	N
D. spicata (L.) Greene	H	VH	O	M
Eleusine indica (L.) Gaertn.	H	VH	O	M
Leptochloa panicea (Retz.) Ohwl	H	VH	O	N
Melinis repens (Willd.) Zizka	H	BE	F	M
Panicum hirticaule J. S. Presl.	H	BE	O	M
Setaria liebmannii E. Fourn.	H	BE	A	M
Sorghum halepense (L.) Pers.	H	VH	R	M
Sporobolus virginicus (L.) Kunth.	H	VH	D	M
S. wrightii (Munro & Scribn.) Gould.	H	VH	O	N
Urochloa fusca (Sw.) B. F. Hansen & Wunderlin	H	BE	O	N
Zoysia tenuifolia Thiele	H			O

COMPOSICIÓN DE LA DIETA INVERNAL DE LA CODORNIZ DE MOCTEZUMA (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) EN ARIZONA Y SONORA

COMPOSITION OF THE WINTER DIET OF THE MONTEZUMA QUAIL (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) IN ARIZONA AND SONORA

Nathaly Castro-Moreno[1]
nathalycastron09@gmail.com

Carmen Isela Ortega-Rosas[2]
Orcid: 0000-0002-1485-7895

Alberto Macías-Duarte*[2]
Orcid: 0000-0001-5571-5810
alberto.macias@ues.mx

Diana Medina-Félix[2]
Orcid: 0000-0002-0904-4099

[1] Programa Académico de Licenciado en Ecología, Universidad Estatal de Sonora, Avenida Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83100

[2] Cuerpo Académico de Recursos Naturales, Universidad Estatal de Sonora, Avenida Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83100

*Autor de correspondencia

Recibido: 20 de mayo de 2024
Aceptado: 16 de junio de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Núm.2, Vol.1, ISSN (en trámite)

COMPOSICIÓN DE LA DIETA INVERNAL DE LA CODORNIZ DE MOCTEZUMA (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) EN ARIZONA Y SONORA

COMPOSITION OF THE WINTER DIET OF THE MONTEZUMA QUAIL (*CYRTONYX MONTEZUMAE* VIGORS 1830) IN ARIZONA AND SONORA

Nathaly Castro-Moreno, Alberto Macías-Duarte, Carmen Isela Ortega-Rosas y Diana Medina-Félix

Resumen

La codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) es una especie de alto interés cinegético considerada como bioindicadora de sabanas templadas. El estudio de la dieta es muy importante para obtener información para establecer estrategias de manejo y conservación de la especie. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la variación climática sobre la composición de la dieta de la codorniz de Moctezuma en Arizona y Sonora. Se obtuvieron 116 buches de codorniz de Moctezuma a partir de ejemplares cosechados por cazadores durante diversas temporadas de cacería (diciembre-febrero) de 2006-2007, 2010, 2019-2020 y 2021-2022 en el sureste de Arizona y mediante permisos de colecta científica en Sonora. Se analizó el contenido de los buches mediante un análisis macrohistológico. Los 10 principales alimentos que conformaron más del 90% de la dieta en Arizona fueron bulbos de *Oxalis* spp. (28.32%), bellotas de *Quercus* spp. (27.20%), rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. (20.91%), semillas de *Setaria* spp. (6.75%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (2.77%), semillas de *Paspalum* sp. (2.49%), semillas de *Euphorbia* spp. (2.32%), semillas de *Panicum* spp. (1.56%) y fruto/semillas de *Rhus spp.* (1.29%). Los 10 principales alimentos que conformaron más del 95% de la dieta global en Sonora fueron bulbos de *Oxalis* spp. (48.02%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (39.43%), semillas de *Panicum* spp. (7.05%), bellotas de Quercus spp. (2.70%), hormigas (0.66%), semillas de *Lupinus neomexicanus* (0.42%), Artrópodos (0.26%), semilla desconocida (0.24%), semillas de *Hexasepalum teres* (0.19%) y escarabajo *Phaedon* sp. (0.18%). La composición total e individual, así como la diversidad total de la dieta en el invierno en Arizona, están directamente relacionadas con las precipitaciones de verano y con las temporadas de cacería, la edad y el sexo de las codornices.

Palabras clave: Arizona, codorniz de Moctezuma, *Cyrtonyx montezumae*, dieta invernal, Sonora

Abstract

The Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*) is a species of high hunting interest, considered a bioindicator of temperate savannas. Dietary studies are highly important for obtaining information to establish management and conservation strategies for this species. In this context, the objective of this investigation is to determine the effect of climate variation on the

dietary composition of the Montezuma quail in Arizona and Sonora. One hundred and sixteen Montezuma quail crops were obtained from specimens harvested by hunters during various hunting seasons (December-February) from 2006-2007, 2010, 2019-2020, and 2021-2022 in southeastern Arizona and through scientific collection permits in Sonora. Crop contents were analyzed using macrohistological analysis. The top 10 foods that made up more than 90% of the diet in Arizona were *Oxalis* spp. bulbs (28.32%), *Quercus* spp. *acorns* (27.20%), *Cyperus spp.* rhizomes and bulbs (20.91%), *Setaria spp.* seeds (6.75%), *Phaseolus acutifolius* beans (2.77%), *Paspalum* sp. seeds (2.49%), *Euphorbia* spp. seeds (2.32%), *Panicum* spp. seeds (1.56%), and *Rhus* spp. fruit/seeds (1.29%). The top 10 foods that made up more than 95% of the overall diet in Sonora were *Oxalis* spp. bulbs (48.02%), *Phaseolus acutifolius* beans (39.43%), *Panicum* spp. seeds. (7.05%), *Quercus* spp. acorns (2.70%), ants (0.66%), *Lupinus neomexicanus* seeds (0.42%), arthropods (0.26%), unknown seed (0.24%), *Hexasepalum teres* seeds (0.19%), and *Phaedon* sp. beetle (0.18%). Total and individual composition, as well as overall diet diversity in winter in Arizona, were directly related to summer precipitation and hunting seasons, age, and sex of quail.

Keywords: Arizona, *Cyrtonyx montezumae*, Montezuma Quail, Sonora, winter diet

Introducción

Las codornices (Galliformes: Odontophoridae) son aves que tienen un valor económico importante, pues sirven como fuente de alimento en las comunidades rurales y son muy apreciadas como trofeos de cacería. Entre estas figura la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*), la cual se distribuye desde el centro y sureste de Arizona, sur de Nuevo México y centro de Texas hasta el centro de México (Stromberg et al., 2020) (Fig. 1). La codorniz de Moctezuma es reconocida por ser una especie indicadora de las condiciones del ecosistema pino-encino (Paredes Acuña, 2022), debido a que es sensible a cambios de las condiciones ambientales, de tal manera que se encuentra sujeta a protección especial en México por la NOM-059- ECOL-2010. Sin embargo la información biológica de esta especie es limitada en México (Hernández Palafox *et* al., 2007).

El hábitat de la codorniz de Moctezuma está frecuentemente afectado por el sobrepastoreo y la disminución de las áreas forestales debido a la expansión agrícola y urbana, además de la contaminación ambiental que genera la industrias, sobre todo en el centro de México (Tapia et al., 2002). De esta forma, es importante identificar las necesidades de conservación de la especie, estableciendo estudios básicos de uso y calidad de hábitat. Dado que la limitación de alimento es una de las hipótesis más invocadas para explicar el control poblacional en aves (Newton, 1980), es trascendente incluir estudios de

dieta en la evaluación de la calidad de hábitat, así como conocer el estado de las poblaciones de la codorniz de Moctezuma en la República Mexicana.

El aprovechamiento cinegético de las codornices en México ha crecido en forma importante. En general, la mayor actividad cinegética se realiza en Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León, donde se concentran 72% de las Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA), mientras que la actividad se desarrolla en menor intensidad en Baja California, Jalisco, Sonora, Baja California Sur, Guanajuato y Durango (con 24% de las UMAs), y en otros estados del centro y el sur apenas se inicia esta actividad (Campeche, Estado de México, Zacatecas, San Luis Potosí, Guerrero, Morelos, Querétaro), lo cual representa una actividad potencial de beneficio para las comunidades y para servicios profesionales veterinarios. (Hernández Palafox et al., 2007). En este contexto, la cacería de la codorniz de Moctezuma en los estados de México donde se distribuye, representa una alternativa más de beneficio económico, además de la cacería de mamíferos mayores. De esta forma, los técnicos de UMAs requieren herramientas para maximizar los niveles poblacionales de especies sujetas a aprovechamiento cinegético. Así, el estudio de la dieta de la especie cobra una importancia especial en el diseño y gestión de programas de manejo.

La codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) es considerada como una especie indicadora de las las sabanas y bosques de pino-encino (Stromberg et al., 2020). Es probable que la relación tan estrecha de la especie con estas comunidades vegetales esté relacionada a su propia ecología nutricional. En este contexto, es relevante conocer las dietas y comportamientos de forrajeo locales a través de su distribución geográfica, que incluye a los estados de Arizona y Sonora, para determinar si la especie persistirá ante el cambio climático. Además, cualquier información que contribuya a la conservación de la especie servirá para establecer lineamientos de aprovechamiento sustentable y el buen manejo cinegético de la especie en UMAs.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de factores bióticos y abióticos sobre la composición y diversidad de la dieta de la codorniz de Moctezuma en Arizona y Sonora con fines de aprovechamiento, manejo y conservación de la especie.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se ubica en diversas localidades de los condados de Cochise y Santa Cruz en Arizona (Estados Unidos de América) y en dos localidades los municipios de Huásabas y Ures en Sonora, en el norte de la distribución de la codorniz de Moctezuma

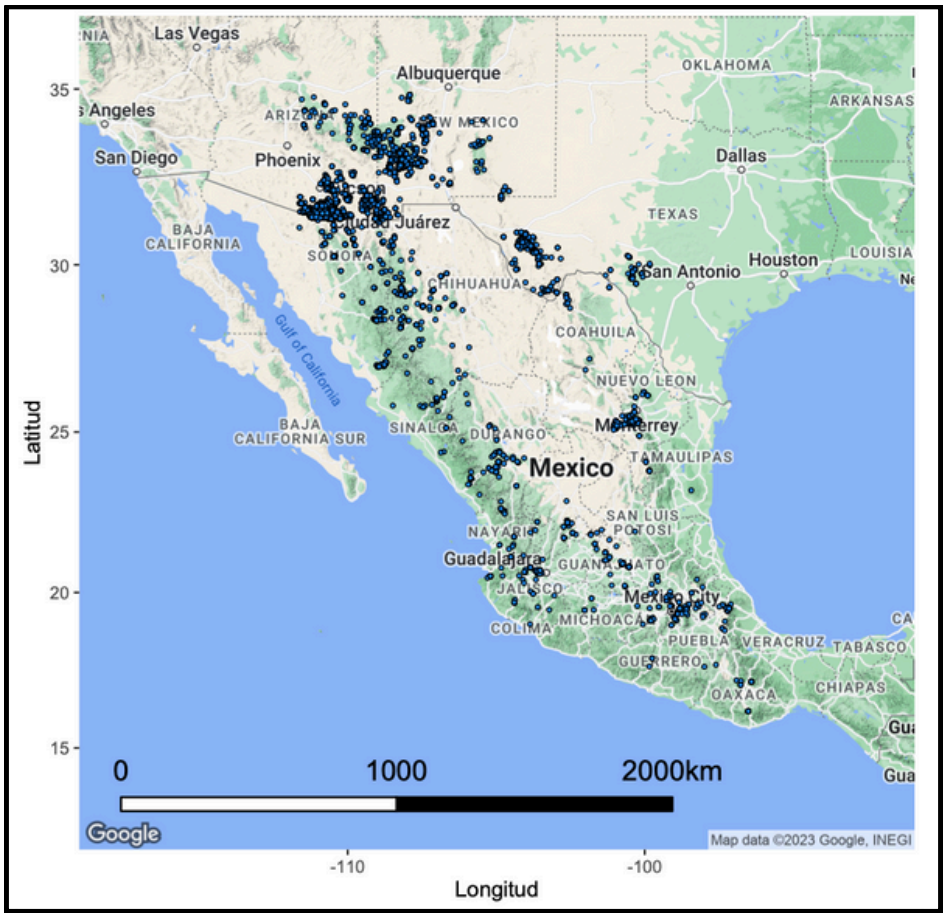


Figura 1. Distribución geográfica de *Cyrtonyx montezumae*. Los puntos azules denotan registros de avistamientos de *C. montezumae* en e-Bird (Sullivan et al., 2009). Mapa elaborado con el paquete ggmap (Kahle & Wickham, 2013) del programa R (R Core Team, 2022).

(Fig. 1). En Arizona, la codorniz de Moctezuma habita el encinal madrense y los pastizales semidesérticos (Austin et al., 2013). Los elementos dominantes en estos hábitats son *Quercus arizonica* y *Q. emoryi* en el estrato arbóreo mientras que los pastizales están dominados por *Bouteloua curtipendula*, *B. hirsuta, B gracilis, Aristida ternipes y Bothriochloa barbidonis* (Brown, 1978). En Sonora, las codornices de Moctezuma fueron colectadas en las “Islas del Cielo” (Warshall et al. 1995) Sierra de Aconchi (Ures) y Sierra la Madera (Huásabas). Estas Islas del Cielo son bosques templados mixtos de encino (*Quercus* spp.) y pino (*Pinus* spp.) que ocupan las cimas de montañas y se encuentran rodeados de matorral desértico.

Análisis de contenido de buches.

Se obtuvieron 113 buches de codorniz de Moctezuma cosechados en Arizona,

con el uso armas de fuego por numerosos cazadores con permisos individuales de caza emitidos por Arizona Game and Fish Department durante diversas temporadas de cacería (diciembre-febrero) en el sur de Arizona. También se obtuvieron tres buches de ejemplares colectados en Sonora con el uso de arma de fuego mediante una licencia de colecta científica obtenida por AMD y emitida por la Dirección General de Vida Silvestre (Oficio N° SGPA/DGVS/00787/21). La búsqueda de las codornices de Moctezuma requirie el uso de perros entrenados debido al comportamiento de ocultamiento extremo y coloración críptica de la especie.

Las codornices permanecen inmóviles y ocultas en el pasto cuando se sienten amenazadas, incluso a la cercanía de los humanos, por lo que frecuentemente pasan desapercibidas. Los perros localizan con su olfato a las codornices ocultas en el suelo y señalan su ubicación con su cabeza. El cazador/colector avanza hacia donde señala el perro, espanta a la parvada y dispara en los siguientes en 1-3 segundos antes de que las codornices vuelen fuera del rango de disparo de la escopeta (>30 m) o se precipiten hacia la cobertura de la vegetación. Se analizó el contenido de los buches extraídos de los individuos cosechados (Hoening et al., 2022).

El contenido de los buches se separó en diferentes categorías: bulbo, tubérculo/rizoma, semillas e insectos. La identificación de los componentes se intentó a nivel de especie, pero en ocasiones la identificación llegó hasta pero en ocasiones la identificación llegó hasta donde fue posible, como género, familia u orden. La capacidad del buche fue determinada a partir del peso húmedo total. El contenido de los buches fue secado a peso constante durante 48 horas a 65°C en una estufa de aire forzado y cada componente se pesó a una precisión de 0.0001 g (López-Bujanda, et al. 2021; Paredes-Acuña, et al. 2024). El peso seco se utilizó para calcular la proporción de cada componente presente en los buches de cada individuo. Para la identificación de semillas, bulbos, tubérculos y artrópodos se utilizaron las guías fotográficas desarrolladas por López Bujanda (2019) y Paredes Acuña (2022), así como las guías de Naturalista: https://www.naturalista.mx.

Se determinó el sexo y la edad (adultos y juveniles) de cada individuo a partir de las alas de las codornices cosechadas, utilizando la guía fotográfica en López Bujanda (2020).

Análisis estadísticos

Se obtuvo el índice de Shannon-Wiener (H') para estimar la diversidad en la dieta individual. Este índice de diversidad toma en cuenta el número de especies (S) y la abundancia relativa de cada especie (proporción de peso seco, p_i) en la muestra como una medida de equidad:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \log_2 p_i$$

Se realizó un ajuste a la distribución seminormal para caracterizar la distribución de H' en Arizona, estimando el parámetro de la distribución mediante el estimador de máxima verosimilitud. A su vez, se realizaron unas pruebas de Mann-Whitney para determinar la existencia de diferencias en H' entre sexos (hembras vs. machos) y edades (juveniles vs. adultos). Se realizó una prueba de Kruskall-Wallis para determinar la existencia de diferencias en H' entre temporadas de cacería (2006-07, 2009-11, 2019-20 y 2021-22).

Resultados

Origen de los buches

Se analizó el contenido del buche de 116 codornices de Moctezuma: 113 en Arizona y sólo 3 en Sonora. Para Arizona, se conoce la temporada de caza para el 69.0 % de los buches (n = 78), el año de colecta del 15.0% de los buches (n = 17) y se desconoce el año o temporada de caza para el 15.9% (n = 18) de los buches (Tabla 1). No se determinó la edad y sexo para el 57.52 % (n = 65) de los individuos, debido a que los buches fueron donados (Tabla 2). Las tres codornices de Sonora se colectaron en la temporada 2021-2022.

Composición total de la dieta en Arizona

Los 10 principales alimentos (Fig. 2) que conormaron más del 90% de la dieta global (todas las codornices juntas) en peso seco de mayor a menor cantidad fueron bulbos de *Oxalis* spp. (28.32%), bellotas de *Quercus spp.* (27.20%), rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. (20.91%), semillas de *Setaria* spp. (6.75%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (2.77%), semillas de *Paspalum* spp. (2.49%), semillas de *Euphorbia* spp. (2.32%), semillas de *Panicum* spp. (1.56%) y fruto/semillas de *Rhus* spp. (1.29%) (Fig. 3).

Composición individual de la dieta en Arizona

Existe una distribución "seminormal" en la composición de los principales cuatro alimentos entre los 113 individuos de codorniz de Moctezuma cosechadas en Arizona en la temporada del 2007, 2010 y del 2019 al 2022 (Fig. 4). Esto es, la mayoría de los individuos tuvieron un consumo predominante alguno de los principales alimentos, mientras que los demás individuos tuvieron dietas más variadas.

Variación temporal sobre la composición

Se observaron diferencias notables en pocos alimentos en el consumo de los ocho alimentos más comunes entre temporadas de cacería de codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona (Fig. 5). El consumo de bulbos *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp. y semillas de *Setaria* spp. fue mayor en las

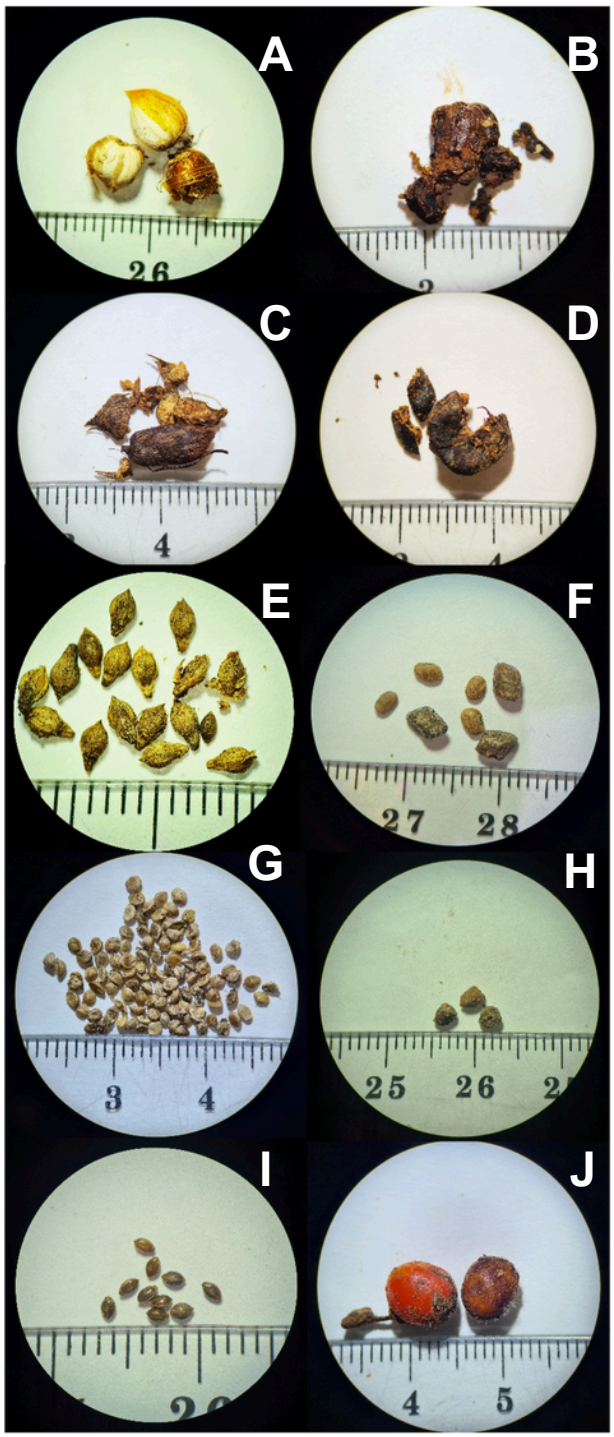


Figura 2. Principales alimentos de la composición total de la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en los buches analizados de Arizona. (A) bulbos de *Oxalis* spp., B) bellotas de *Quercus* spp., C) rizomas de C*yperus* spp., D) bulbos de *Cyperus* spp., E) semillas de *Setaria* spp., F) frijoles *Phaseolus acutifolius*, G) semillas de *Paspalum* spp., H) semillas de *Euphorbia* spp., I) semillas de *Panicum* spp. y J) fruto/semillas de *Rhus* spp.

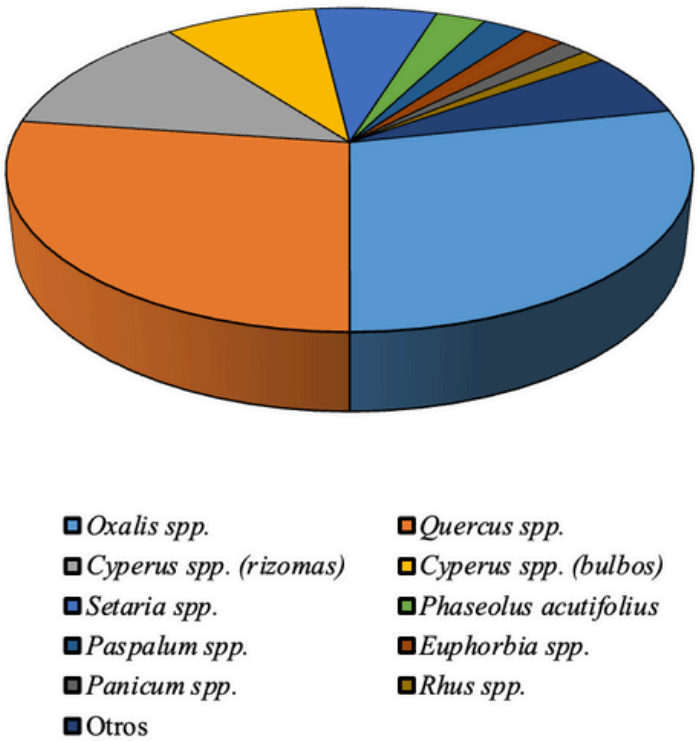


Figura 3. Composición total de la dieta de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el sur de Arizona en la Temporada del 2007 (n = 4), 2010 (n = 13) y del 2019-2022 (n = 80).

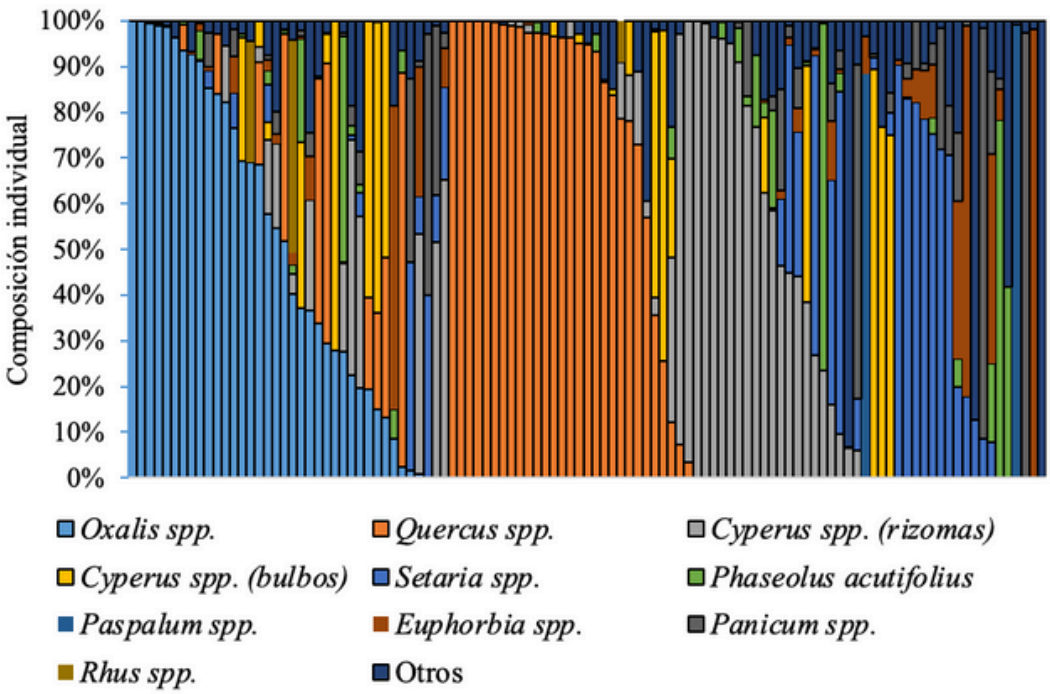


Figura 4. Composición individual de la dieta de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el sur de Arizona en la temporada del 2007 (n = 4), 2010 (n = 13) y del 2019-2022 (n = 80).

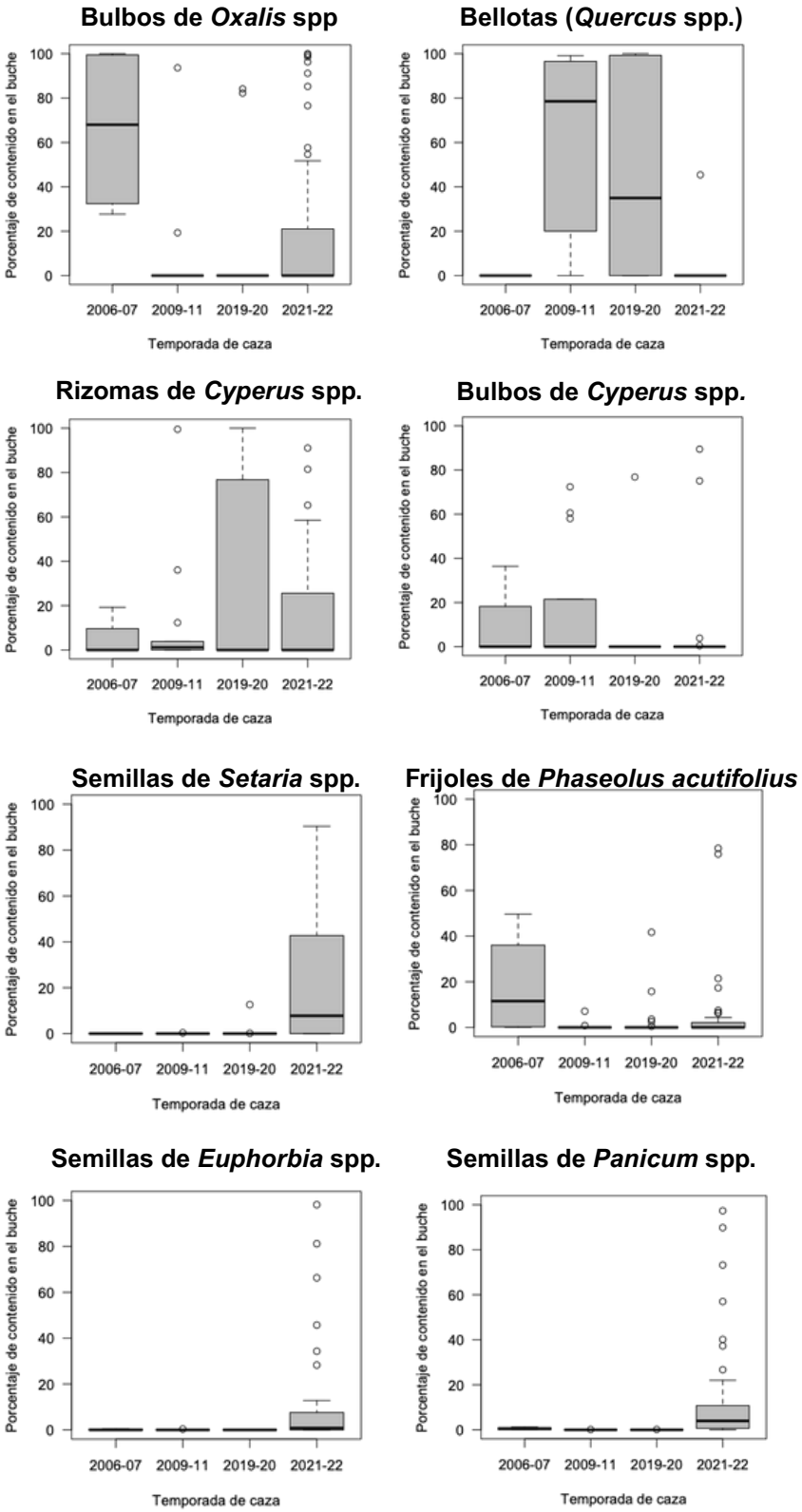


Figura 5. Diferencias en consumo de los ocho alimentos más comunes entre temporadas de cacería de codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona.

temporadas más lluviosas, mientras que el consumo de bellotas de *Quercus spp*. aumentó en las temporadas más secas (Fig. 6).

Variación entre edades sobre la composición

No se encontraron diferencias evidentes en el consumo de los ocho alimentos más comunes entre edades de codorniz de Moctezuma en Arizona (Fig. 7), excepto en bellotas de *Quercus* spp. y en bulbos de *Oxalis spp.* En general, los adultos consumen más bellotas de *Quercus* spp. mientras que los juveniles consumen más bulbos de *Oxalis* spp.

Variación entre sexos sobre la composición

Con respecto a las diferencias en el consumo de los ocho alimentos más comunes entre sexos (hembra y macho) de codorniz de Moctezuma en Arizona las diferencias más notables residen en el consumo de bulbos de *Oxalis* spp. y bellotas de *Quercus* spp. (Fig. 8). En general, las hembras consumen más bellotas de *Quercus* spp. mientras que los machos consumen más bulbos de *Oxalis* spp.

Diversidad de la dieta en Arizona

El índice de Shannon-Wiener global (todas las muestras juntas) para la composición total de Arizona fue H' = 3.082 ± 0.154. El promedio del índice de Shannon-Wiener a través de todos los individuos es H' = 0.926 ± 0.067. La distribución del índice de Shannon-Wiener muestra que la mayoría de los buches tienen una diversidad baja de tipos de alimento y pocos buches con alta diversidad. Esta distribución observada se ajusta significativamente a una distribución seminormal (Fig. 9).

Efecto de temporada de cacería sobre la diversidad

Haciendo referencia a la representación del efecto en el consumo de su dieta y las variaciones existentes entre la composición y la temporada de caza para cada individuo se puede afirmar que existen diferencias significativas. Se encontró que la diversidad de la dieta difiere entre temporadas de cacería (Prueba de Kruskall-Wallis, χ^2 =18.302, g.l. = 3, P < 0.001). (Fig. 10).

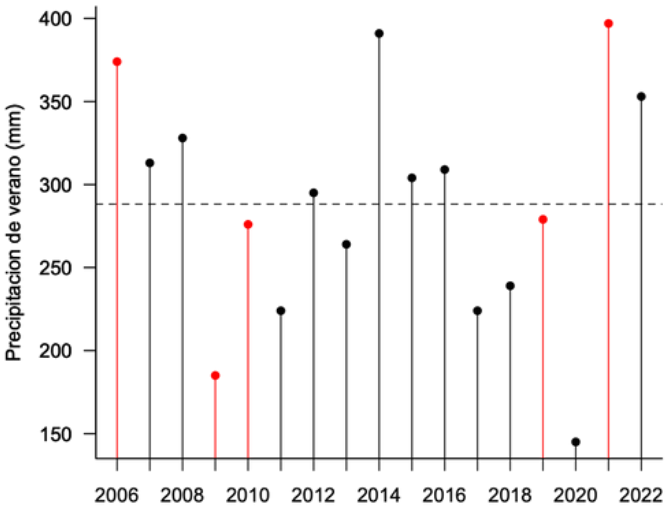


Figura 6. Precipitación de verano (suma de julio, agosto y septiembre) de 2006 a 2022 en el Condado de Santa Cruz, Arizona, Estados Unidos. Las líneas rojas denotan los veranos inmediatamente anteriores a las temporadas de cacería estudiadas. La línea punteada horizontal denota el promedio de la precipitación de verano de 2006-2022 (=288 mm).

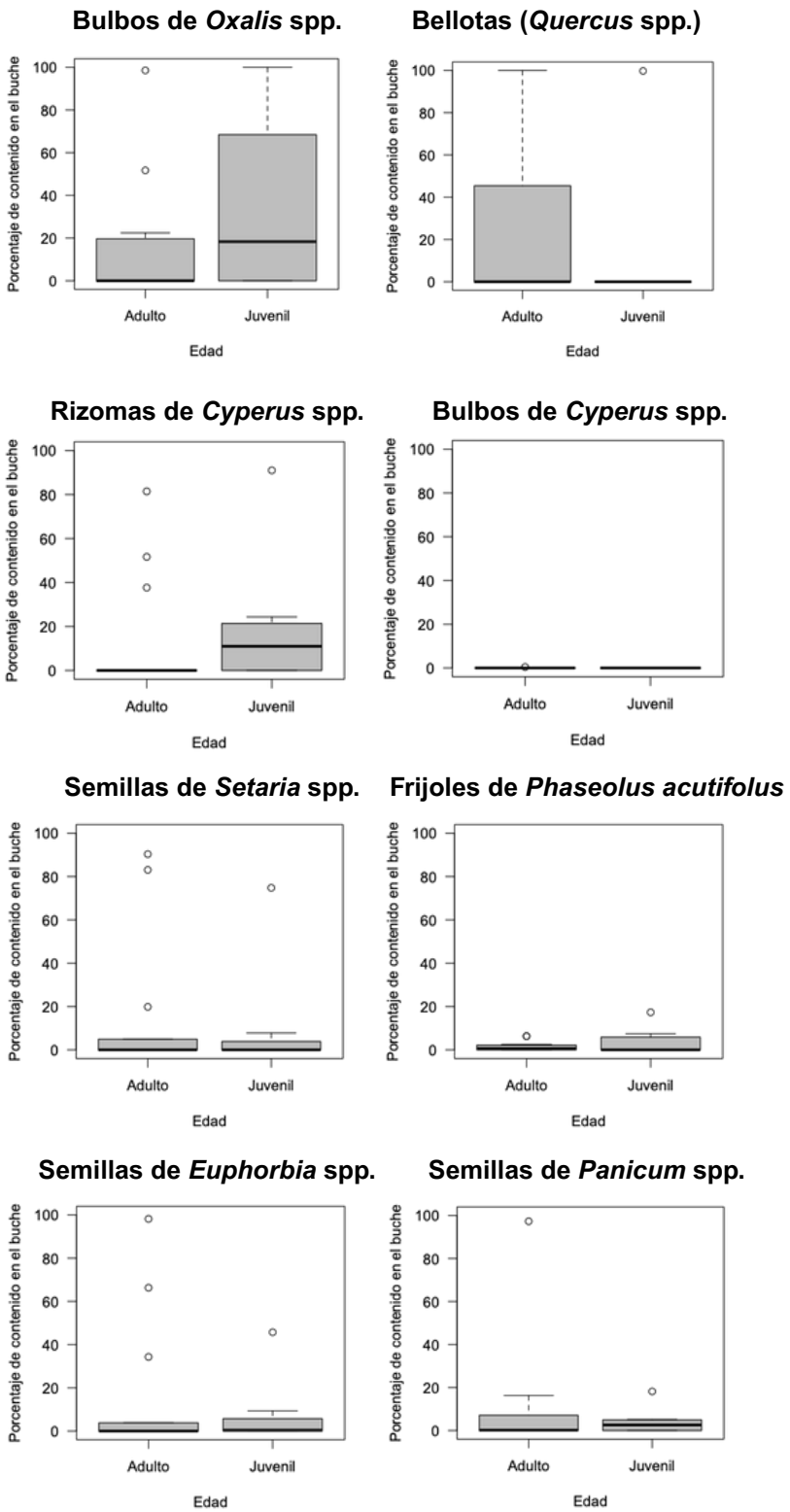


Figura 7. Diferencias en consumo de los ocho alimentos más comunes entre edades de codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona.

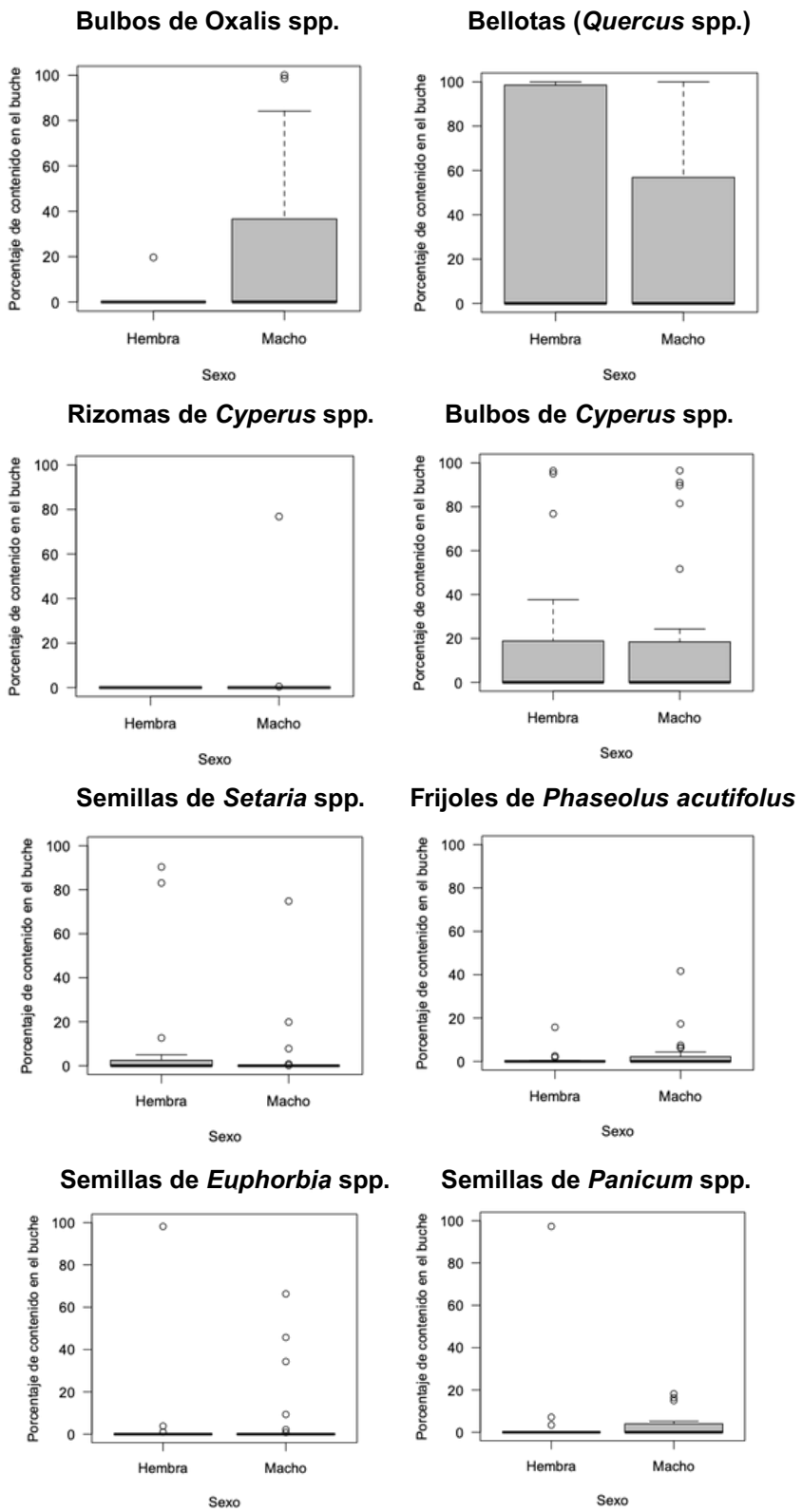


Figura 8. Diferencias en consumo de los ocho alimentos más comunes entre hembras y machos de codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona.

Efecto de edad sobre la diversidad

El efecto de la diversidad de la dieta en relación con la edad (juveniles o adultos) es escaso, ya que no hay diferencias notorias y, por lo tanto, no tiene significancia. (Prueba de Mann-Whitney, W = 49, P = 0.657) (Fig. 11). Se encontró que no hay diferencias fisiológicas tangibles entre juveniles y adultos.

Efecto de sexo sobre la diversidad

El efecto que se muestra de sexo (hembras y machos) sobre la diversidad de la dieta es significativo, es decir, la diversidad cambia respectivamente entre hembras y machos prueba de Mann-Whitney, W = 120, P = 0.044) (Fig. 12).

Composición total e individual de la dieta en Sonora

Los 10 principales alimentos (Fig. 13) que conformaron más del 95% de la dieta global (todas las codornices juntas) peso seco en Sonora, por orden de mayor a menor, fueron bulbos de *Oxalis* spp. (48.02%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (39.43%), semillas de *Panicum* spp. (7.05%), bellotas de *Quercus* spp. (2.70%), familia Formicidae (hormigas) (0.66%), semillas de *Lupinus neomexicanus* (0.42%), Artrópoda (patas) (0.26%), semilla desconocida (0.24%), semillas de *Hexa-sepalum eres* (0.19%) y Escarabajo *Phaedon* sp. (0.18%) (Fig. 14). Existió una variación individual de la dieta de 3 individuos de co-dorniz de Moctezuma cosechadas en Sonora en la temporada del 2021 a 2022 (Fig. 15).

Los 10 alimentos que se muestran en la gráfica representan más del 95% de los datos de composición dietética; quedando como alimentos principales *Oxalis* spp. (bulbos) en primer lugar y *Phaseolus acutifolius* (semillas) en segundo.

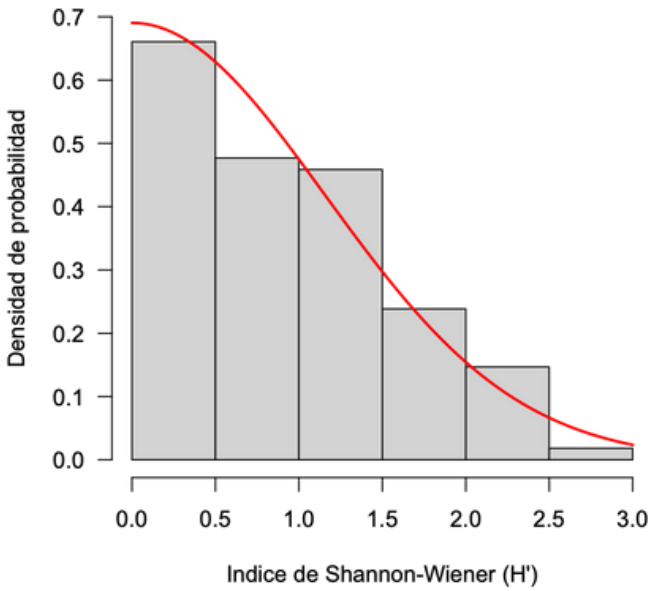


Figura 9. Distribución de los índices de Shannon-Wiener (H') individuales para la composición de la dieta encontrada en los buches de 113 codornices de Moctezuma en el sur de Arizona de 2007-2022. Los números arriba de cada barra del histograma denotan el número de buches con H' en el intervalo. La curva roja denota la función densidad de probabilidad de la distribución seminormal ajustada a los datos.

Discusión

Composición total de la dieta en Arizona

La composición total de la dieta de la codorniz de Moctezuma encontradas en este estudio fue similar a la encontrada por López Bujanda (2019), quien analizó 177 buches *C. montezumae* provenientes de Arizona durante diferentes temporadas de cacería entre 2008–2017. Este autor encontró que la composición total de la dieta invernal estuvo dominada por bellotas de *Quercus* spp. (31.87%), seguido de rizomas de *Cyperus fendlerianus* (17.59%), frijoles *Phaseolus acutifolius* (12.99%) y semillas de *Paspalum* spp. (6.69%).

Por el contrario, la investigación realizada por Paredes Acuña (2022), quien analizó 107 buches de *C. montezumae* cosechados en el sur de Arizona durante las temporadas invernales del 2017 al 2020, encontró que los alimentos principales fueron los bulbos de *Oxalis* spp. (35.22%), rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. (30.92%), pero una menor proporción de bellotas de *Quercus* spp. (7.17%) y frijoles *Phaseolus acutifolius* (6.5%).

Composición individual de la dieta en Arizona

Nuestro estudio muestra similaridades en la naturaleza de la composición individual de la dieta con López Bujanda (2019) y Paredes Acuña (2022), quienes también demostraron tendencias seminormales en los alimentos principales, esto es, que la mayoría de los buches contienen algún alimento principal de la dieta global en una alta proporción, mientras que menos buches contienen composiciones variadas. Coincidentemente con López Bujanda (2019), las dietas individuales en Arizona encontradas en este estudio contienen altas proporciones de bulbos de *Oxalis* spp., bellotas de *Quercus* spp. o de semillas de *Phaseolus* spp. En el caso de Paredes Acuña (2022), las dietas individuales fueron contienen altas proporciones, en orden de importancia, los bulbos de *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp., bulbos de *Cyperus* spp. o bellotas de *Quercus* spp.

Variación temporal sobre la composición

Se observó que el consumo de bulbos de *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp. y semillas de *Setaria* spp. fue mayor en las temporadas más lluviosas, mientras que el consumo de bellotas de *Quercus* spp. aumentó en las temporadas más secas. Paredes Acuña (2022) también observó una asociación positiva entre el consumo de *Oxalis* spp. y la precipitación de verano. López Bujanda et al. (2022) observó que existieron diferencias notables en la composición de la dieta entre los inviernos de 1963-1964 y del 2016-2017 para Arizona.

Por el contrario, el mismo autor encontró que la proporción de bellotas de *Quercus* spp. en la dieta estuvo directamente relacionada con la precipitación anual. Esta diferencia puede deberse a que este estudio posee un tamaño de muestra más balanceado entre las tempo-

radas de cacería (Tabla 1) que el de López-Bujanda et al. (2022, Tabla 1) y, por lo tanto, proporciona inferencias más confiables del efecto entre temporadas sobre el consumo de *Quercus* spp. Este patrón de variación sugiere que las bellotas de *Quercus* spp. son un alimento alternativo durante los años de sequía, cuando su alimento primario, los bulbos y rizomas, posiblemente son escasos (Bishop y Hungerford, 1965).

Paredes Acuña (2022) observa que existen diferencias significativas en el consumo de la mayoría de los alimentos principales de codorniz de Moctezuma entre la temporada de invierno del 2017-2018 y 2018-2019 en Arizona, aunque el consumo de bulbos (*Oxalis* y *Cyperus*) se mantiene como principal fuente de alimento y el consumo de bellotas de Quercus spp fue prácticamente nulo.

En contraste, este estudio observó que en la temporada 2019-2020 (más lluviosa, 279 mm), siguiente a la última temporada de Paredes Acuña (2022) de 2018-2019 (menos lluviosa, 239 mm), el consumo de bellotas de *Quercus* spp. fue predominante (Fig. 5). Estos resultados contradicen a la idea de que las bellotas de *Quercus* spp. son un alimento alternativo durante los años de sequía (Bishop y Hungerford, 1965), aunque apoyan las conclusiones de López Bujanda et al. (2022) de que la proporción de bellotas de *Quercus* spp. en la dieta estuvo directamente relacionada con la precipitación anual. Más estudios con diseños de muestreo balanceados en tiempo y espacio son necesarios para evaluar la respuesta de la dieta de la codorniz de Moctezuma a los cambios ambientales anuales.

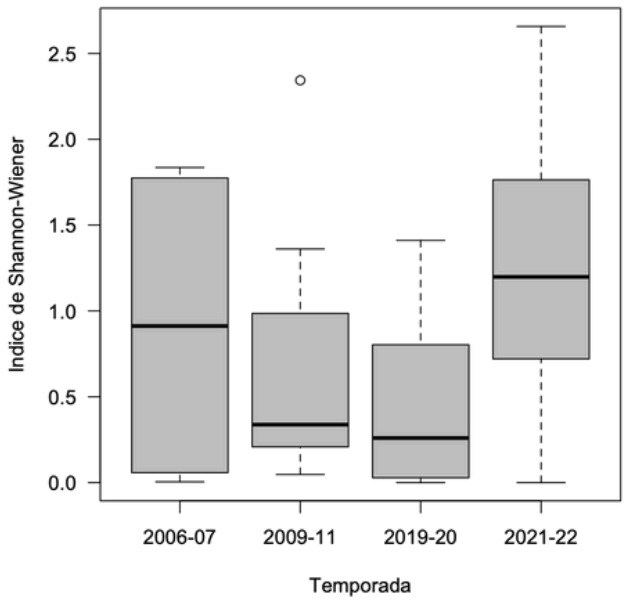


Figura 10. Efecto de temporada de caza sobre la diversidad de la dieta (índice de Shannon-Wiener) de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona, EE. UU.

Variación entre edades sobre la composición

Este estudio encontró que, en general, los adultos consumen más bellotas de *Quercus* spp. mientras que los juveniles consumen más bulbos de *Oxalis* spp. Ni López Bujanda et al. (2022) ni Paredes Acuña (2022) encontraron un efecto de edad sobre la composición de la dieta en Arizona. El relativamente bajo tamaño de

muestra (10 juveniles y 17 adultos) y la heterogeneidad de las muestras en este estudio (diversas temporadas y diversas edades) no permiten inferencias sólidas sobre la variación en la dieta por la edad.

Variación entre sexos sobre la composición

Los roles diferentes de hembra (productora de huevos) y macho en la reproducción hace suponer a priori que las demandas energéticas y por lo tanto de dieta diferirán notablemente entre sexos (Bravo et al., 2016; Panter y Amar, 2021). Este estudio encontró que, en general, las hembras consumen más bellotas de *Quercus* spp. mientras que los machos consumen más bulbos de *Oxalis* spp. Las bellotas tienen significativamente mayor contenido de lípidos, los cuales favorecería el incremento y mantenimiento de un peso corporal adecuado de las hembras en la temporada prerreproductiva (Roseberry et al., 1970).

Sin embargo, Paredes Acuña (2022) encontró un efecto de sexo sobre el consumo de cuatro alimentos principales de la codorniz de Moctezuma en Arizona. Esta autora encontró que las hembras consumen más bulbos de *Oxalis* spp. que los machos, contrario a los resultados de este estudio. Sin embargo, el relativamente bajo tamaño de muestra (19 hembras y 29 machos) y la heterogeneidad de las muestras (diferentes temporadas y sexos), no permiten hacer inferencias sólidas sobre la variación en la dieta debido al sexo.

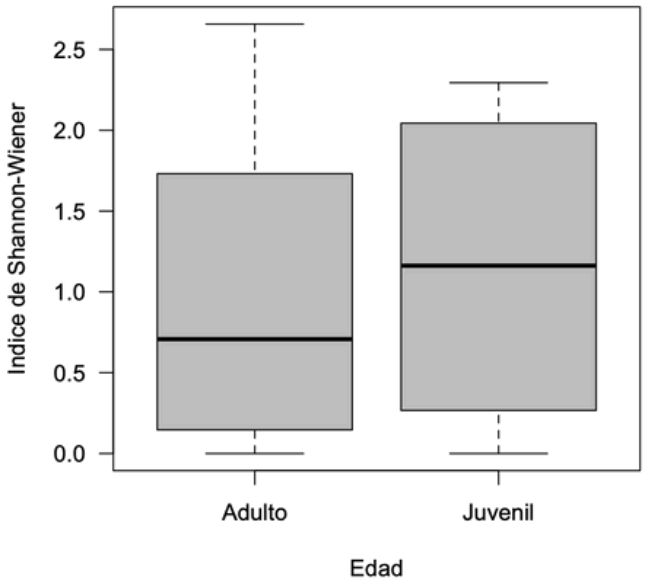


Figura 11. Efecto de edad sobre la diversidad de la dieta (índice de Shannon-Wiener) de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona, EE.UU.

Efecto de temporada de cacería sobre la diversidad

López Bujanda (2019) señala que la diversidad de la dieta cambia entre temporadas de cacería en Arizona y Nuevo México.

Por otra parte, Paredes Acuña (2022) menciona que la diversidad entre dos temporadas de colecta consecutivas (2017-2018 y 2018-2019) no cambia de manera evidente, quizás por la constancia relativa en la precipitación de verano. Sin embargo, en este estudio concordamos con López Bujanda (2019), ya que nues-

tros resultados señalan que aparentemente la dieta se mostró más diversa cuando llovió más en el verano inmediatamente anterior.

Efecto de edad sobre la diversidad

Los juveniles están bajo una fuerte presión de selección para alcanzar la forma adulta y adaptarse lo más rápido posible (Marchetti y Price, 1989), por lo que se esperan diferencias notables en la composición y diversidad en sus dietas. Este estudio señala que el efecto de la edad la edad (juveniles o adultos) sobre la diversidad de la dieta es prácticamente nulo (Fig. 11). Este resultado sugiere que adultos y juveniles no difieren notablemente en sus requerimientos nutricionales, contrario a lo que sugiere la literatura ornitológica (Anthony, 1970; Linhart et al., 2022). Por su parte, Paredes Acuña (2022) y López Bujanda et al., (2022) no evaluaron el efecto de edad sobre la diversidad de la dieta de la codorniz de Moctezuma en Arizona.

Nuevamente, el relativamente bajo tamaño de muestra y los factores sexo y temporada (no evaluados simultáneamente) pudieran haber obscurecido las diferencias en la diversidad de dieta entre edades.

Efecto de sexo sobre la diversidad

La diversidad de la dieta difiere entre hembras y machos (Fig. 12), siendo los machos más generalistas que las hembras. Este patrón, de nuevo, podría explicarse por las diferencias en los roles reproductivos entre hembras y machos, en las que las primeras deben especializarse en alimentos que prioricen el aumento de masa corporal (Roseberry et al., 1970). Paredes Acuña (2022) y López-Bujanda et al. (2022) no evaluaron el efecto de sexo sobre la diversidad de la dieta de la codorniz de Moctezuma en Arizona. Un estudio en la codorniz escamosa (*Callipepla squamata*) no encontró diferencias en las dietas de hembras y machos en el suroeste de Nuevo México (Hunt y Best, 2001). En otra gallinacea, el urogallo de las praderas (*Tympanuchus cupido)* Blanco Fontao et al. (2014) encontraron que las hembras mostraron nichos tróficos más amplios y una mayor especialización trófica individual que los machos en otoño e invierno.

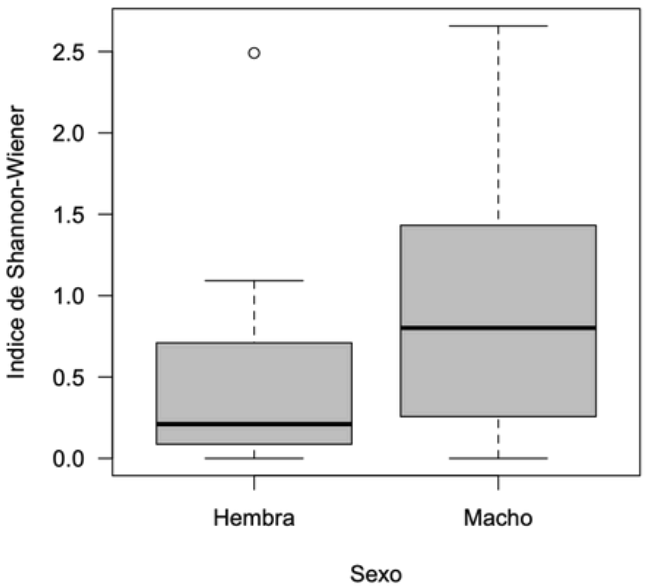


Figura 12. Efecto de sexo sobre la diversidad de la dieta (índice de Shannon-Wiener) de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona, EE.UU.

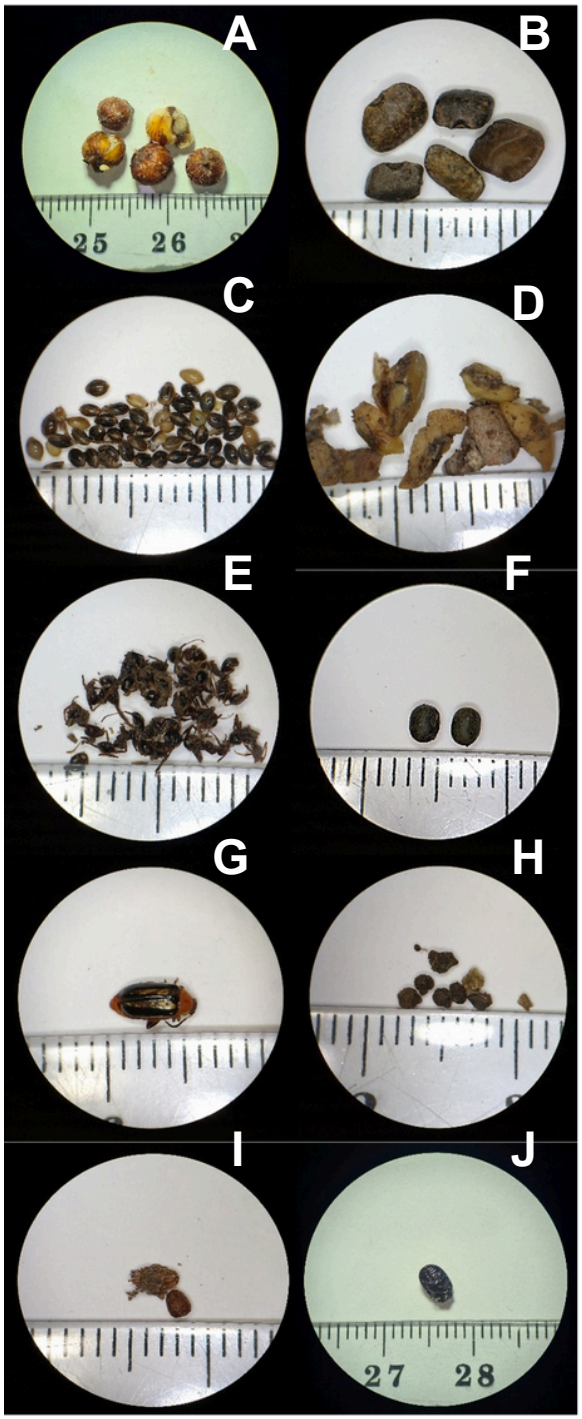


Figura 13. Principales alimentos de la composición total de *C. montezumae* en Sonora: A) bulbos de *Oxalis* spp*.,* B) frijoles *Phaseolus acutifolius,* C) semillas de *Panicum* spp., D) bellotas de *Quercus* spp*.,* E) familia Formicidae (hormigas), F) semillas de *Lupinus neomexicanus,* G) patas de Artrópoda, H) semilla desconocida, I) semillas de *Hexasepalum teres* y J) escarabajo *Phaedon* sp.

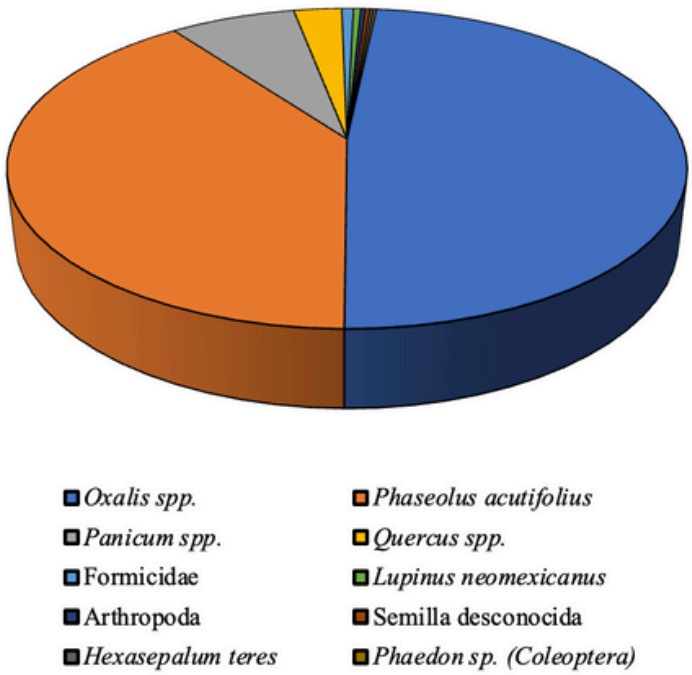


Figura 14. Composición total de la dieta de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Sonora en la Temporada del 2021-2022 (n = 3).

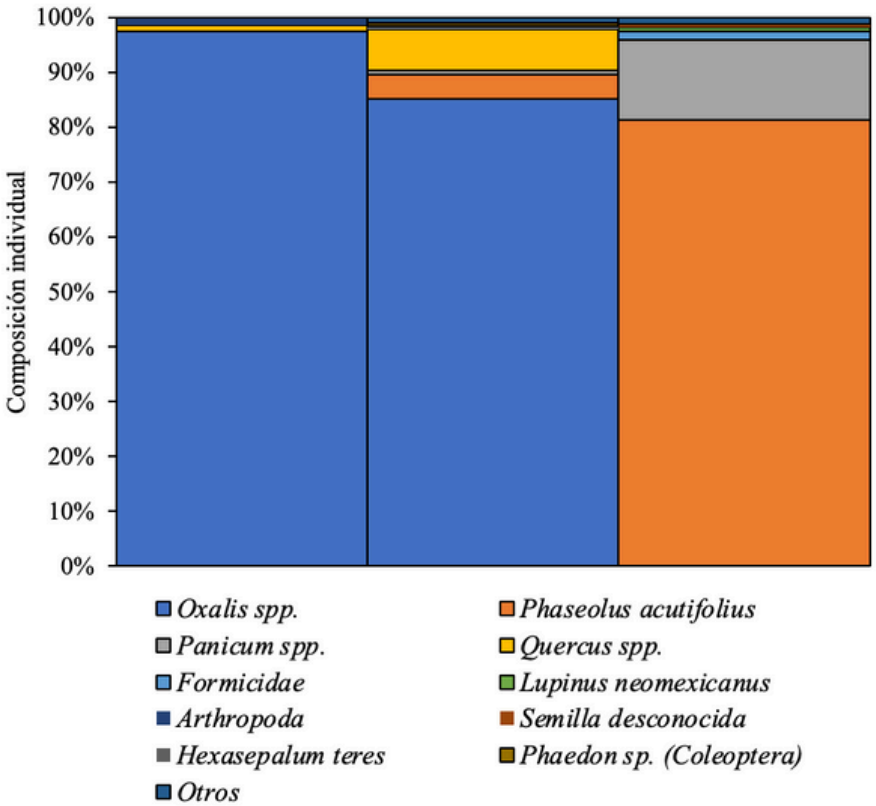


Figura 15. Composición individual de la dieta de codornices de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Sonora en la Temporada del 2021-2022 (n = 3).

Composición total e individual de la dieta en Sonora

La composición de la dieta de *C. montezumae* obtenida en Sonora es información relevante para la especie, ya que los estudios de alimentación para la codorniz solamente habían sido determinados en el centro de México y parte del suroeste de Estados Unidos (Nuevo México, Texas y el Sur de Arizona).

Sin embargo, por la cantidad mínima de muestras (buches) colectadas no es posible realizar comparaciones confiables con la composición de dieta en Arizona y/o con otros trabajos de investigación debido a la falta de información por obtención de datos. Sin embargo, algunas coincidencias son dignas de mención. Zaragoza Hernández et al. (2004) determinaron que el alimento principal de las codornices de Moctezuma en el noroeste del Estado de México son los bulbos de *Oxalis alpino* (61.4% en peso seco), seguido por semillas de leguminosas, maíz y trigo. Similar a los buches colectados en Sonora, las codornices en el Estado de México no consumieron bulbos o rizomas de *Cyperus* spp. o bellotas de encino (*Quercus* spp.).

Conclusiones

En este trabajo se analizó y determinó la composición y variación de la dieta invernal de la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el sur de Arizona y se generaron datos relevantes para la composición de la dieta invernal en el estado de Sonora. La información de la dieta para Sonora es novedosa.

Tabla 1. Número de buches de codornices Moctezuma analizados por estado y por temporada de cacería o año.

Temporada de cacería o año	Número de codornices cosechadas	
	Arizona	Sonora
2006-2007	4	0
2010	13	0
2019-2020	29	0
2021-2022	49	3
Desconocido	18	0
Total	113	3

Este trabajo de investigación contiene información importante para la ecología, conservación y aprovechamiento de la especie en México y Estados Unidos, teniendo el manejo y aprovechamiento como herramientas clave para su permanencia en los ecosistemas.

Los resultados de este estudio señalan la composición total e individual en Arizona y Sonora, la diversidad total de la dieta en Arizona, las diferencias en consumo y la variación de la dieta en la temporada de invierno en Arizona relacionadas con las precipitaciones anuales de verano y los efectos de las temporadas de cacería (2007-2022), la edad y el sexo.

Tabla 2. Estructura de edades y sexo para 113 codornices Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae)* en Arizona.

	Macho	Hembra	NA	Total
Juvenil	7.96%	0.88%	0%	8.85%
Adulto	5.30%	9.73%	0%	15.04%
NA	12.38%	6.19%	57.52%	76.11%
Total	25.66%	16.81%	57.52%	100%

Las composiciones total e individual en Arizona están principalmente determinadas por el consumo bulbos de *Oxalis* spp, bellotas de *Quercus* spp., rizomas y bulbos de *Cyperus* spp. La diversidad de la dieta en Arizona con respecto a la distribución del índice de Shannon-Wiener indicó que la gran parte de la de los buches presentan diversidad baja de tipos de alimento y la menor parte de los buches son los que presentan diversidad alta.

En cuanto a las diferencias en consumo se pudo observar que en las temporadas de caza solamente en el caso de bulbos *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp. y semillas de *Setaria* spp. se encontró una relación significativa con las temporadas más lluviosas. Entre edades se observó que los bulbos de *Oxalis* spp., rizomas de *Cyperus* spp. y semillas de *Panicum* spp tienen una relación significativa en relación con las temporadas más altas de precipitación y entre sexos, los únicos tipos de alimento que tienen variación significativa son bulbos de *Oxalis* spp. y bellotas de *Quercus* spp.

El efecto de la temporada de caza que tiene la diversidad de la dieta es totalmente significativo, ya que aparentemente la dieta se mostró más diversa cuando hubo mayor precipitación en el verano. El efecto de edad no muestra diferencias significativas en diversidad de la dieta. Sin embargo, si existió un efecto de sexo sobre la diversidad de la dieta, lo que sugiere que hembras y machos difieren en sus requerimientos fisiológicos en función de sus roles reproductivos.

Por los resultados obtenidos, encontramos que en su dieta esta especie prefiere bulbos y rizomas, según las temporadas más lluviosas del verano anterior. Cuando en el verano hay baja precipitación suelen tener una dieta muy variada en diferentes tipos de semillas, artrópodos, tallos e incluso hojas.

Las codornices de Moctezuma varían

su alimentación y distribución dependiendo de los factores geográficos y ambientales. Se espera que los factores que generan cambios en la dieta de la codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) y modificaciones en su hábitat se puedan analizar y estudiar a profundidad cada vez más y que esto conlleve a dar un seguimiento en el análisis y manejo correcto de la especie, para poder darle un aprovechamiento sustentable en su ecosistema y ayudar a su reproducción y conservación.

Agradecimientos

Agradecemos a Ana Paredes por apoyar en el análisis y obtención de datos en este trabajo de investigación y sus consejos. A Steve Hopkins, Dennis Kavanagh, David Kirkland, Dale Spartas y cazadores anónimos que colectaron los ejemplares de codornices de Moctezuma en Arizona que se utilizaron en el presente proyecto. Agradecemos a Angel Montoya, Arvind Panjabi, Robert Perez y Linda y Tad Pfister por sus gestiones logísticas y financieras.

Financiamiento

Arizona Quail Alliance, Bird Conservancy of the Rockies, Southern Arizona Quail Forever, Timken Foundation y Texas Parks and Wildlife Department.

Referencias

1. Anthony, R.G, 1970. Food Habits of California Quail in Southeastern Washington during the Breeding Season. *The Journal of Wildlife Management* 34(4): 950–953.

2. Austin, T., Begay, Y., Biedenbender, S., Biggs, R., Boyle, E., Curiel, E., Davis, S., Detchet, S., Emmett, T., Farrell, M., Gerhart, R., Gillespie, W., Haessig, P., Holloway, E., Jenkins, M., Jones, L., Kriegel, D., Lefevre, R., Stamer, M., Lehew, M., Lynch, A., McKay, G., Peery, L., Peralta, A., Ruyle, J., Sautter, J., Schienle, K., Shafiqullah, S., Stetson, C., Vogel, M., White, L., Wilcox, C., York, J. 2013. Coronado National Forest draft land and resource management plan: Cochise, Graham, Pima, Pinal, and Santa Cruz Counties, Arizona, and Hidalgo County, New Mexico. MB-R3-05-7. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southwestern Region, Albuquerque, Estados Unidos de América, 279 p.

3. Bishop, R. A., Hungerford, C. R., 1965. Seasonal food selection of Arizona Mearn´s quail. *Journal of Wildlife Management* 4: 813-819.

4. Blanco-Fontao, B., Sandercock, B. K., Obeso, J. R., McNew, L. B., Quevedo, M. 2014. Correction: Effects of Sexual Dimorphism and Landscape Composition on the Trophic Behavior of Greater Prairie-Chicken. *PLOS ONE* 9, 1: 10.1371/annotation/5a8bf4bc-b9bf-4feb-b887-e66cd14f85db.

5. Bravo, C., Ponce, C., Bautista, L. M., Alonso, J. C. 2016. Dietary divergence in the most sexually size-dimorphic bird, *The Auk*, 133, 2: 178–197.

6. Brown, R. L. 1978. An ecological study of Mearns' quail. Federal Aid in Wildlife Restorarion Project W-78-R-22, Work Plan 2, Job 2, Final Report, Research Division Arizona. *Game and Fish Department*. Phoenix, Estados Unidos de América.

7. Hernández-Palafox, L., Mendoza-Martínez, G. D., Valdez Hernández, J. I., Alcántara-Carbajal, J. L., Clemente-Sánchez, F., Hoenig, B. D., Snider, A. M., Forsman, A. M., Hobson, K. A., Latta, S. C., Miller, E. T., Polito, M. J., Powell, L. L., Rogers, S. L., Sherry, T. W., Toews, D. P. L., Welch, A. J., Taylor, S. S., Porter, B. A. 2022. Current methods and future directions in avian diet analysis. *Ornithology*, 139 pp.

8. Hunt, J. L., Best, T. L. 2001. Foods of scaled quail (*Callipepla squamata*) in southeastern New Mexico. *Texas Journal of Science* 53, 2: 147-156.

9. Linhart, R. C., Hamilton D. J., Paquet, J., Bellefontaine, S. C., Davis, S., Doiron, P. B., Gratto-Trevor, C. L. 2022. Variation in resource use between adult and juvenile Semipalmated Sandpipers (*Calidris pusilla*) and use of physiological indicators for movement decisions highlights the importance of small staging sites during southbound migration in Atlantic Canada. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10: 1059005.

10. López-Bujanda, O. E. 2019. Dieta invernal de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en Arizona y Nuevo México. Tesis de maestría. Maestría en Biociencias. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.

11. López-Bujanda, O. E., Macías-Duarte, A., Castillo-Gámez, R. A., Montoya, A. B. 2022. Factors determining diet composition of the Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*) at the northern limit its distribution. Wilson J. Ornithol. 134, 3:507-520

12. Marchetti, K., Price, T. 1989. Differences in the Foraging of Juvenile and Adult Birds: The Importance ff Developmental Constraints. *Biological Reviews* 64: 51-70.

13. Newton, I. 1980. The role of food in limiting bird numbers. Ardea 68: 11–30.

14. Panter, C. T., Amar, A. 2021. Sex and age differences in the diet of the Eurasian Sparrowhawk (*Accipiter nisus*) using web-sourced photographs: exploring the feasibility of a new citizen science approach. Ibis, 163: 928-947.

15. Paredes-Acuña, A. G. 2022. Composición de la dieta de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el límite norte de su distribución. Maestría en Biociencias. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.

16. R. Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

17. Roseberry, J. L., Klimstra, W. D. 1971. Annual Weight Cycles in Male and Female Bobwhite Quail. *The Auk* 88(1):116–123.

18. Stromberg, M. R., Montoya, A. B., Holdermann, D. 2020. Montezuma Quail (*Cyrtonyx montezumae*), version 1.0. I*n Birds of the World* (P. G. Rodewald, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. https://doi.org/10.2173/bow.monqua.01.

19. Sullivan, B. L., Wood, C. L., Lliff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., Kelling, S. 2009. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences. Biol. Conserv. 142: 2282–2292.

20. Warshal, P. 1995. The Madrean Sky Island Archipelago: a planetary overview. In: Biodiversity and management of the Madrean Archipelago II. (L. F. DeBano, G. J. Gottfried, A. Ortega-Rubio, R. H. Hamre, and C. B. Edminster, editores), pp. 7–18. U.S. *Forest Service,* Reporte Técnico General RM-GTR 264, Rocky Mountain Research Station, Ft. Collins, Estados Unidos.

21. Zaragoza-Hernández, C., Mendoza-Martínez, G. D., Ibarra-Zimbrón, S., Crosby-Galván, M. M., Clemente-Sánchez, F., Aguilar-Valdez, B. 2004. Composición de la dieta de la codorniz moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el noroeste del Estado de México, México. *Veterinaria México*, 35: 215-236.

22. Tapia, R. J., Ibarra, S., Mendoza, G.D., Zaragoza, C., Clemente, F., Tarango, L. 2002. Densidad poblacional de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonix montezumae*) en la región noroeste del Estado de México, México. Vet. México 33: 255-263.

OPEN ACCESS

PESQUERÍA DE TILAPIA EN AGUAS CONTINENTALES DE MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

TILAPIA FISHERY IN INLAND WATERS OF MEXICO: CURRENT STATUS AND PERSPECTIVES

Wally Rubio-Gómez[1,2]
https://orcid.org/0009-0002-2937-7488

Javier Marcial de Jesús Ruiz-Velazco[1,2]
https://orcid.org/0000-0003-1193-2164

Oscar Iram Zavala-Leal[1,2]
Orcid: 0000-0001-5571-5810

Breidy Lizeth Cuevas-Rodríguez*[1,2]
breidy.cuevas@uan.edu.mx

Francisco Javier Valdez-González[1,2]
Orcid: 0000-0001-5571-5810

[1] Programa Educativo de Licenciatura en Ecología, Universidad Estatal de Sonora, Avenida Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora 83100 México

[2] Cuerpo Académico de Recursos Naturales, Universidad Estatal de Sonora, Avenida Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora 83100 México sustentable, Cosalá, Sinaloa, México

*Autor de correspondencia

Recibido: 20 de junio de 2024
Aceptado: 24 de junio de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Núm.2, Vol.1, ISSN (en trámite)

PESQUERÍA DE TILAPIA EN AGUAS CONTINENTALES DE MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

TILAPIA FISHERY IN INLAND WATERS OF MEXICO: CURRENT STATUS AND PERSPECTIVES

Wally Rubio-Gómez, Oscar Iram Zavala-Leal, Francisco Javier Valdez-González, Javier Marcial de Jesús Ruiz-Velazco y Breidy Lizeth Cuevas-Rodríguez*

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo realizar una revisión de la bibliografía disponible sobre las pesquerías de tilapia en embalses mexicanos. La información fue obtenida mediante la búsqueda, análisis y clasificación de fuentes en bases de datos de libre acceso. Los datos recopilados se organizaron en secciones temáticas para abordar las generalidades de la pesca continental en México, las pesquerías de tilapia, su marco legal y estrategias de manejo en aguas interiores, así como algunas acciones orientadas a la conservación de las poblaciones de tilapia en embalses. La revisión indica que, en México, las principales pesquerías de origen acuacultural se basan en especies exóticas, siendo la tilapia la más relevante por volumen de captura en cuerpos de agua continentales. Esto pone de manifiesto el alto potencial productivo de los embalses y presas del país para la pesca de captura de esta especie. En este contexto, se destaca la necesidad de fomentar el trabajo colaborativo entre sectores público, privado y académico para fortalecer la cadena productiva y mejorar la competitividad de la tilapia mexicana, con el fin de incrementar su producción y contribuir a la seguridad alimentaria de una población en crecimiento constante.

Palabras claves: acuaculturales**,** embalses, pesquerías, producción, tilapia

Abstract

The present study aimed to review the available literature on tilapia fisheries in Mexican reservoirs. Information was obtained through searching, analyzing, and classifying sources in open-access databases. The collected data were organized into thematic sections to address the generalities of inland fisheries in Mexico, tilapia fisheries, their legal framework and management strategies in inland waters, as well as some actions aimed at the conservation of tilapia populations in reservoirs. The review indicates that, in Mexico, the main aquaculture fisheries are based on exotic species, with tilapia being the most important in terms of catch volume in inland water bodies. This highlights the high productive potential of the country's reservoirs and dams for capture fisheries of this species. In this context, the need to foster colla-

borative work between the public, private, and academic sectors is highlighted to strengthen the production chain and improve the competitiveness of Mexican tilapia, in order to increase its production and contribute to the food security of a constantly growing population.

Key Word: fisheries, inland waters, Mexico, production, tilapia

Introducción

Desde la antigüedad, las sociedades se caracterizan por depender del agua de los ríos y de los recursos naturales para su subsistencia; el comercio, el hábitat, las funciones ecológicas y los servicios ambientales donde representan una estrecha relación con las cuencas hidrológicas y los caudales de los ríos (Beltrán-Álvarez et al., 2016). Los recursos acuáticos continentales como lagos, ríos y embalses representan aproximadamente el 0.2 % de la superficie acuática mundial (Paul et al., 2020), siendo fundamentales para el desarrollo socioeconómico de las regiones que cuentan con algún tipo de agua donde se desarrollen actividades productivas como las pesquerías continentales.

La pesca de agua dulce ha participado históricamente en el desarrollo económico de las muchas regiones establecidas alrededor de las aguas continentales (Cuellar-Lugo et al., 2018), siendo una actividad de gran importancia con un gran énfasis en su desarrollo, debido a que los sectores sociales de los recursos acuáticos de las aguas continentales en muchas ocasiones dependen de la pesquería como detonante económico, que si bien, esta actividad por sí sola no erradicará la pobreza, pero sí puede desempeñar un papel integral en los esfuerzos multidimensionales para aliviar la pobreza y prevenir un incremento de la misma (Lynch et *al*., 2017), por lo que es evidente el inmenso valor de la pesca continental de captura para la seguridad alimentaria en los países en desarrollo en el mundo (FAO, 2014).

Por otro lado, la pesca en aguas continentales es una fuente importante de proteína animal para gran parte de la población mundial, por lo que esta actividad ha ido en aumento y alcanzó su nivel más alto en el 2018, con 12.0 millones de tonelada, lo que representa el 12.5% del total de la producción de la pesca de captura (Stankus, 2021). En México, existen numerosas especies de ictiofauna de agua dulce explotables como recurso pesquero, siendo la tilapia (*Oreochromis* spp.) la de mayor importancia como fuente de nutrición y por volumen de captura por lo que es el producto pesquero más dominante y comercialmente

importante en muchos embalses del mundo (Tsegay et al., 2016).

Las presas y embalses del territorio nacional son los cuerpos de agua más representativos para la pesquerías de tilapia y otras capturas continentales, y constituyen un importante recurso para el desarrollo de la pesca y la acuicultura (Cooke, et al., 2015), sin embargo, pese al potencial de la pesca continental para el desarrollo económico y social, en México el recurso hídrico almacenado en estos cuerpos de agua es destinado a usos consuntivos, por lo que el desarrollo y crecimiento de las pesquerías continentales no son prioritarios en términos económicos para el país.

Debido a lo anteriormente planteado, la presente revisión tiene como objetivo realizar un análisis sobre publicaciones relacionadas con las pesquerías de tilapia y su importancia en embalses mexicanos, con el fin de determinar los factores que influyen en la pesca continental en México, su desarrollo económico y establecer estrategias de manejo para la conservación de las poblaciones de tilapia en aguas continentales.

Pesca continental en México

México cuenta anualmente con aproximadamente 447.260 millones de m^3 de agua dulce renovable, la cantidad máxima de agua que es factible aprovechar anualmente en el país (Bezaury-Creel et al., 2017). Los recursos hidráulicos en México, están constituidos por ríos, lagos, lagunas, aguas subterránea, así como por agua de lluvia (Gaspar-Dillanes y Hernández Montaño et al., 2013); se estima que 77% del volumen de agua consumido en nuestro país se destina al riego; 14% al uso público urbano y 9% a las industrias autoabastecidas y termoeléctricas, usos considerados como consuntivos, que son aquellos en donde se consume un volumen de agua de una calidad determinada al llevar a cabo una actividad específica (Conagua-Semarnat, 2015).

En lo que respecta a la importancia de la actividad pesquera de los ríos, lagos y humedales con relación a otras formas de producción primaria como la agricultura, ha sido variable en las últimas décadas (Onofre y Carbajal, 2015). En México y la mayoría de los países que llevan a cabo actividades como las pesquerías marinas son las que ocupan el lugar más relevante en la formulación política, planes de desarrollo, ingresos económicos y en volumen de captura (Pedroza-Gutiérrez, 2014), sin embargo, la producción de la pesca de captura marina se ha estabilizado y ya no se considera capaz de sostener los suministros de productos pesqueros necesarios para satisfacer las crecientes demandas mundiales (Prabu et al., 2019).

Por lo que la pesca de captura continental representa una actividad potencialmente favorable para satisfacer la creciente demanda mundial, y aunque

México cuenta con un territorio muy amplio de litoral y alto potencial para el desarrollo de esta actividad, y las presas y embalses son los cuerpos de agua dulce más representativas por su pesquerías de captura, los cuales en su mayoría se encuentran construidos sobre los cauces de los ríos en lo alto de la zona serrana, donde el flujo del agua es retenida temporalmente, formando depósitos de agua relativamente profundos (Martínez, 1989), lugares donde la situación socioeconómica de los pueblos que habitan en los márgenes de los ríos es crítica, careciendo de fuentes de empleo, de tal forma que la creación de los embalses contribuye en la presencia de alimentos como los peces, que son una fuentes alimentaria con alto contenido proteínico (Beltrán-Álvarez et al., 2016).

En el territorio nacional existen alrededor de 4 mil presas, con una capacidad de almacenamiento de 150 mil millones de m³ (Domínguez, 2019). Las 52 presas con mayor capacidad representan un 70% de la capacidad total de almacenamiento del país, y constituyen un importante recurso para el desarrollo de la pesca y la acuicultura (Hernández et al., 1993). Pese a esto, son pocos los estados en el territorio nacional con pesquerías continentales representativas en términos económicos, y el 50% de la producción pesquera de agua dulce del país se obtiene de los cuerpos de agua naturales ubicados en el Pacífico. En los estados de Michoacán y Jalisco se ubican los embalses más grandes del país como son Chapala, Pátzcuaro y Cuitzeo e Infiernillo en Michoacán compartiendo territorio geográfico con Guerrero.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA) hoy IMIPAS, en su Carta Nacional Pesquera (DOF, 2022), la ictiofauna de agua dulce distribuidas en el territorio nacional está constituido por 505 especies nativas e introducidas, de estas solo 12 especies están sujetas a explotación en las pesquerías continentales (Espinosa-Pérez, 2014).

A pesar de esa diversidad de cuerpo de agua y sobre todo de la diversidad de especies dulceacuícolas, las pesquerías más importantes son de especies exóticas como el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), carpa común (*Cyprinus carpio*), carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella,*) (Mendoza-Carranza et al., 2018), lobina negra (*Micropterus salmoides*) (Beltrán Álvarez et al*.,* 2016) y tilapia del género *Oreochomis*, tales como (Pedroza-Gutiérrez y López-Rocha et al., 2016), *O. niloticus*, *O. aureus* (Peña-Mesina et al., 2010), *O. mossambicus,* siendo la tilapia la de mayor importancia pesquera por volumen de captura en los embales del territorio nacional (Tabla 1).

Tabla 1. Principales especies de peces en aguas continentales mexicanas.

Nombre común	Especie	Entidad	Actividad	Referencia
Bagre de canal	*Ictalurus punctatus*	Tamaulipas, Michoacán, Jalisco y Guerrero	Pesca comercial	Mendoza-Carranza *et al.*, 2018
Carpa herbívora	*Ctenopharyngodon idella*	Estado de México	Pesca comercial	Beltrán-Álvarez *et al.*, 2014
Lobina negra	*Micropterus salmoides*	Sinaloa y Nayarit	Pesca deportiva-recreativa	Pedroza-Gutiérrez & López-Rocha *et al.*, 2016
Tilapia	*Oreochromis niloticus*	Jalisco, Michoacán, Sinaloa.	Pesca comercial	Beltrán-Álvarez *et al.*, 2016
Tilapia	*Oreochromis aureus*	Nayarit	Pesca comercial	Peña-Messina et al., 2010; Cuevas-Rodríguez *et al.*, 2024

Tilapia

Las pesquerías de agua dulce de especies como la tilapia, representan una importante fuente de nutrición, especialmente para poblaciones que dependen de una limitada variedad de alimentos básicos (FAO, 2020). La tilapia es el nombre común de varias especies de cíclidos que habitan en arroyos de agua dulce, estanques, ríos, lagos y menos común en agua salobres (Wang y Lu, 2016). Este cíclido es considerado una especie invasora, aunque independientemente de los efectos negativos de la introducción de especies, al menos la pesca de tilapia representa la pesquería en aguas continentales de mayor crecimiento e importancia en aguas continentales del mundo, incluyendo a México (Mendoza-Carranza et al., 2018).

Originarias de África y el suroeste del Medio Oriente, desde 1930, las tilapias han sido introducidas en más de 90 países para pesca y acuicultura. En la actualidad estos peces han sido promovidos como una importante fuente de proteína que podría dar seguridad alimentaria, y la demanda del mercado de este producto en países desarrollados como los Estados Unidos (Canonico et al., 2005; Latini, et al., 2021). Lo anterior ha generado que la tilapia se cultive de forma comercial en 10 países (Cassemiro et al., 2018), y se ha convertido en uno de los peces comestibles más importantes y el segundo pez más cultivado a nivel mundial, cuadriplicando su producción en las últimas décadas

debido a su idoneidad comercial y precios de mercado estables (Deng et al., 2015; Wang y Lu, 2016).

La tilapia es una especie que posee distintos atributos fisiológicos, ya que son organismos en los que destaca sus hábitos alimenticios, su resistencia, rápido crecimiento tolerancia a diversas condiciones ambientales y altos índices de supervivencia, lo que ha permitido su éxito adaptativo (Van Doan et al., 2019; Magouz et al., 2020; FAO, 2014; Khalifa et al., 2018).

Los cíclidos tilapina del género *Oreochromis* enumeran 23 especies y son típicamente abundantes (Fricke, et al., 2018). Muchas de estas especies son importantes para la pesca de captura continental, en particular la tilapia del Nilo, *O. niloticus* (Shechonge et al*.,* 2019). La tilapia del Nilo es un pez importante en la ecología de la región tropical y subtropical y de gran importancia comercial en las pesquerías en muchos lagos (Britton y Harper, 2008). Lo anterior es atribuido a sus cualidades positivas, como la consistencia en su filete, buen sabor y hábitos reproductivos (Ukenye, & Megbowon, 2023). Tsegay et al*.* (2016) menciona que *O. niloticus* es la especie más dominante y comercialmente importantes en muchos embalses del mundo, y en regiones tropicales del territorio nacional mexicano no es la excepción.

La tilapia fue introducida a México en 1964 con el objetivo de facilitar la disponibilidad de alimentos básico, económico y de alto contenido proteico (Espinoza Lemus et al., 2009).

La tilapia *Oreohcromis aureus* fue la primera en ser introducida al país, y años posteriores la tilapia del Nilo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). Revisiones posteriores documentaron cuatro especies del género *Oreochromis: O. urolepsis hornorum, O. mosambicus, O. aureus* y *O. niloticus* en México, y actualmente se encuentran diseminadas en la mayoría de los cuerpos de agua continentales del país (Beltrán-Álvarez et al., 2016).

La tilapia se captura en aguas continentales en 15 de los 32 estados que conforma la república mexicana, las entidades más productivas de mayor importancia pesquera por volumen de captura son Chiapas, Jalisco, Sinaloa, Nayarit y Michoacán (Mendoza-Carranza et al., 2018; CONAPESCA, 2020).

Desde el 2010, la producción de tilapia en México proveniente de la pesca, fueron al alza con producciones de 4,264 t anuales, y mantuvo un crecimiento constante con una tasa media de crecimiento anual de la producción del 9.08%, presentando su mayor producción en el 2018 con 32,112 t (CONAPESCA, 2018), sin embargo, durante el 2019 y 2020 se observó un declive en la producción de tilapia, con una producción de 20,852 t y 17,797 t, respectivamente, sin embargo durante el 2021 hubo un aumento de la producción con 32,181 t

(CONAPESCA, 2021), en la última década la producción de tilapia no ha sido constante en el país, esta variación en la producción puede ser atribuido a factores internos, como, por ejemplo, falta de vigilancia, pesca ilegal, incremento en el esfuerzo pesquero (INAPESCA, 2020); así como también contaminación del agua, el poco control directo sobre las poblaciones y la falta de monitoreo de la calidad de sus líneas reproductoras existentes en los cuerpos de agua, aunado a la nula asesoría técnica constante para mejorar los procesos tecnológicos de captura para esta especie (Arrellanes-Cansino et al., 2022). Lo anterior muestra una inestabilidad significativa en los últimos años, y pese a los esfuerzos de las instancias gubernamentales, al implementar planes para el fomento de la pesca y acuicultura sustentable mediante el establecimiento de principios para la formulación y conducción de la Política Nacional, el desafío para aumentar la producción de pesca de captura continental y acuacultura de peces dulce acuícolas no se ha logrado hasta la fecha. Cabe señalar, que, pese a esta situación, la demanda de filete fresco sigue en aumento, como un reflejo de la gran importancia que ha adquirido en la tabla nutrimental del pueblo mexicano aumentando su consumo, México importa tilapia de China para abastecer 36.6% del consumo aparente en los últimos 10 años, el consumo per cápita de tilapia aumentó2.84 veces al pasar de 0.78 a 2.21 kg del 2008 al 2017, respectivamente (Téllez-Castañeda, 2021).

De acuerdo al Consejo Empresarial de Tilapia Mexicana A.C. (CETMX), México produce alrededor de 120,000 t por año, por lo que, para satisfacer el mercado nacional, se importa desde China alrededor de 100,000 t por año de Tilapia entera y filete. Si bien con estas importaciones se garantiza la demanda nacional, de acuerdo con el CETMX, no todo el producto arriba en óptimas condiciones, observándose que alrededor del 30% o más de las importaciones presentan algún tipo de irregularidad, y no se garantizan cuestiones de inocuidad o posible contaminación del producto, lo que reduce la posibilidad de que los mexicanos consuman un producto fresco y sin riesgo de irregularidades sanitarias.

A pesar de estas problemáticas identificadas, la importación de tilapia desde China continúa, ya que esto garantiza el abasto que requiere el mercado local, lo que no hacen los productores nacionales, pues solo dan abasto a las entidades donde se encuentran, y en ocasiones la tilapia mexicana es más cara debido a que los costos de producción son más elevados en el país. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el desarrollo de la pesca por captura de tilapia tiene que estar basada en las eficiencia estructural con limitaciones organizacionales, evitar rezago tecnológi-

co y de capacitación (FAO, 2014), y aunque en México es evidente el alto potencial productivo que la pesca de captura de la tilapia puede representar para el país, a la fecha, los trabajos en conjunto entre actores públicos, privados y de investigación para el fortalecimiento a la cadena productiva y la competitividad de la tilapia mexicana sigue sin un futuro claro que permita establecer líneas puntuales para agregar valor al producto (Figura 1).

Importancia de las pesquerías de tilapia y su manejo en aguas continentales de México

Las regiones pesqueras en México se distinguen por su variedad, tanto en el ámbito de origen marino como en el de agua dulce. Esta diversidad se expone por las características ecosistémicas, sociales y económicas a lo largo del litoral marino en los océanos Pacífico y Atlántico, así como también en las riberas de los cuerpos de agua dulce (Moreno, 2019).

La pesca que se realiza en aguas continentales de México es artesanal, es

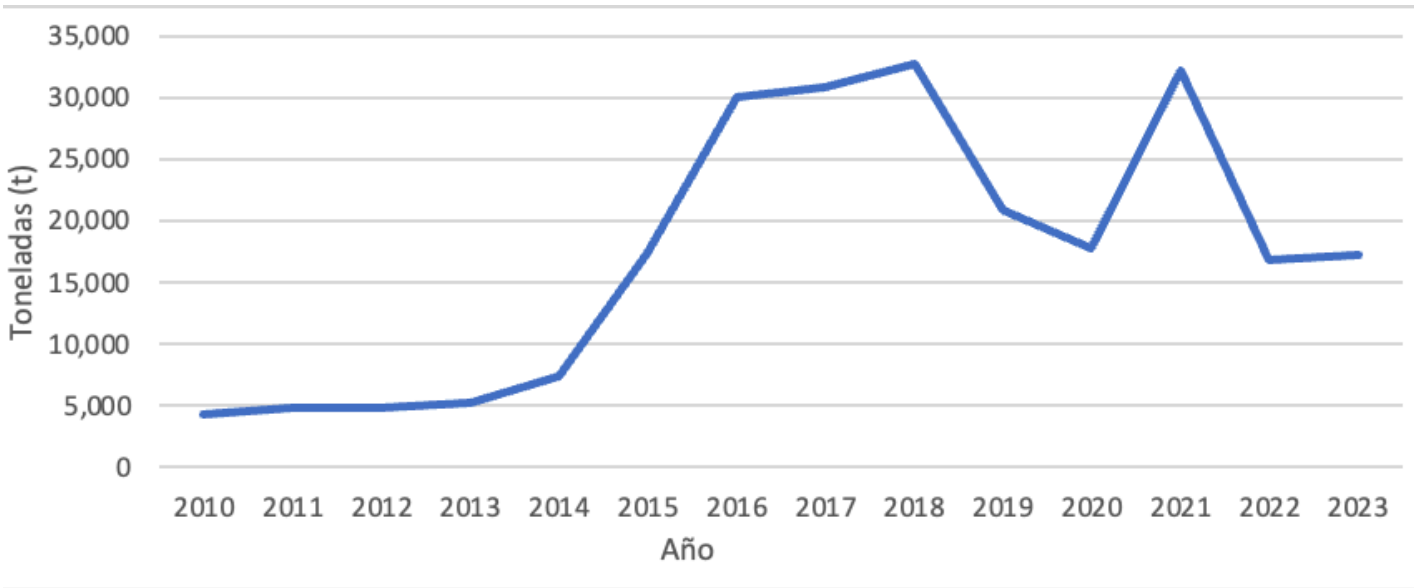


Figura 1. Serie histórica de producción pesquera de tilapia en México (2010–2023). Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura. Fuente: CONAPESCA, 2023

decir, con una escala de operación limitada, un gran número de embarcaciones pequeñas o menores, con un amplio requerimiento de mano de obra, escasa utilización de capital y utilización de técnicas rudimentaria como chinchorros y atarrayas (Rojas-Carrillo y Fernández-Méndez, 2006; Solano, 2015), y en la actualidad es un caso especial cuando el manejo de pesca en aguas continentales es el objetivo principal, ya que los usos más importantes del recurso hídrico en los embalses son controlados por intereses diferentes a los de la pesca, como son la generación de energía eléctrica, abasto de agua potable y usos agroindustriales (CONAGUA y SEMARNAT, 2009; Barajas-Santinelli y CEDRSSA, 2017), lo que significa que algunas de las políticas de apoyo para el desarrollo y manejo de los recursos pesqueros están sujetas a otras prioridades (Beltrán et al*.,* 2014; Pedroza-Gutiérrez, 2018).

La importancia de los embalses para el desarrollo social y económico del país es innegable, lo que ha generado, en las últimas décadas, diversa información científica sobre los embalses relacionados con ingeniería, limnología, gestión y pesquerías para distintas ctividades humanas (Fernando y Holčík, 1991; Athukorala y Amarasinghe, 2010; Sama-radivakara et al*.,* 2012; Teame et al., 2018; Radigan y Fincel, 2022). Sin embargo, muchas de estas actividades han inducido importantes impactos negativos en las aguas continentales durante los últimos 100 años, y a las alteraciones hidrológicas resultantes plantea amenazas para la pesca (Welcomme et al., 2010). Los principales factores observados como amenazas globales para las cuencas hidrográficas, donde se incluyen el cambio en la infraestructura, cambio climático, sobre extracción de agua, especies introducidas, sobrepesca y contaminación (Dudgeon, 2000, Tranvik, et al., 2009, Wong et al., 2007, Welcome et al., 2010, Marques et al., 2011).

Estos impactos también han sido identificados como los principales factores que afectan la biodiversidad pesquera de agua dulce y niveles de productividad en los distintos embalses de México (Espinosa-Lemus et al., 2009; Pedroza-Gutiérrez y López-Rocha, 2016; Brusca et al., 2017).

En la actualidad las principales presas, embalses y lagos son reglamentadas por criterios normativos para la administración de los recursos biológicos disponibles en los distintos cuerpos de agua de jurisdicción federal, donde cada entidad se rige por normativas específicas, debido a las necesidades más frecuentes. Entre las medidas oficiales para el ordenamiento pesquero, se estableció la zona de refugio para proteger el proceso de reproducción de las especies de tilapia, así como de crías (DOF, 2004), y periodos de vedas para las especies con valor comercial nativas e introducidas. Como ejemplo se puede mencionar la Presa de Aguamilpa Solidaridad, Nayarit, la cual tiene como su principal actividad económica la pesca dirigida a la especie tilapia (De la Lanza y García, 2002), y se

encuentra regulada por la norma (NOM-026-SAG/PESC-2016); que establece un periodo de veda temporal. Mismo ejemplo se puede observar en la presa Lic. Gustavo Díaz Ordaz "Bacurato", Sinaloa; pero en este caso los integrantes de las cooperativas implementan vedas voluntarias (Gaspar-Dillanes, 2013 y Beltrán et al., 2016). Por otro lado, la talla de captura, es una medida implementada en otros embalses como en los cuerpos de agua natural más grandes de México Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro (Arellano-Torres et al., 2013).

En relación a esta última medida, distintos estudios han permitido establecer estrategias de regulación para establecimiento de vedas en las pesquerías locales de tilapia considerando tallas mínimas de captura comerciales y longitud estándar (DOF, 2007); y desde el 2015 se puso en rigor en todo el país la norma oficial NOM-032-SAG/PESC-2015, la cual establece la talla mínima de pesca con la finalidad de no afectar a las especies juveniles, y así mantener una pesca responsable y el aprovechamiento de los recursos pesqueros de la zona (Calzada et al., 2018). El embalse de Zimapan, Hidalgo fue de las primeras en implementar estas estrategias de manejo sostenible del recurso para la conservación de las pesquerías locales de tilapia. De manera similar las presas ubicadas entre la ribera de los estados de Guerrero y Michoacán, las presas José Ma. Morelos "La Villita" y la Presa Adolfo López Mateos "El Infiernillo" se desarrolla principalmente la pesca comercial de tilapia y cuentan con la norma oficial mexicana NOM-027-pesc-2000, (DOF, 2008).

Una situación similar se lleva a cabo en el lago de Catemaco, Veracruz, donde las especies introducidas de peces como las tilapias, se han desarrollado en comunidades biológicas que actualmente sos-sostienen la pesca comercial en una proporción del 37.8%, y se encuentra regulada por la Norma Oficial NOM-041-PESC-2004" como pesca responsable del lago de Catemaco y se generaliza con la NOM-009-PESC-1993, que establece el procedimiento para determinar las temporadas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas, en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos (DOF, 2007).

La implantación y la regulación federal de estas normas en los distintos cuerpos de agua, han tenido como objetivo principal garantizar la conservación, preservación y aprove-chamiento racional de los recursos pesqueros, sin embargo, estas regulaciones no han sido suficientes en algunos cuerpos de agua. Sandoval, (2015) manifiesta que este tipo de normas y reglamentaciones ha tenido poco éxito en la práctica debido a distintos factores como la falta de cooperación, dificultades para sancionar actitudes oportunistas, falta de recursos económicos, infraestructura obsoleta o deteriorada, ausencia de proyectos y pla-

nes colectivos que mejoren la situación pesquera; por ejemplo, en el lago de Chapala (Jalisco-Michoacán) se ha observado una problemática de sus pesquerías, debido a que existe una sobreexplotación del lago, así como también contaminación excesiva y la reducción del espejo de agua (AguilarIbarra et *al*., 2002). A su vez, Sandoval-Moreno y Hernández-García, (2013) mencionaron que desde hace años que el lago de Chapala enfrenta una crisis compleja causada por factores ambientales, biológicos, económicos y sociales que no permiten activar el sector productivo del lago, y esta situación perdura en la actualidad (Arellanes-Cancino y Ayala-Ortiz, 2021). Por otro lado, en el lago Pátzcuaro, Michoacán, existe una compleja situación ambiental que lleva al continuo deterioro del lago; debido a un conjunto de problemáticas relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales por diversos intereses socioeconómicos y visiones culturales, donde se señala que es importante un enfoque integral para hacer propuestas de solución en la pesquería artesanal (Arellanes-Cancino y Ayala-Ortiz, 2022). Pedroza-Gutiérrez, (2014) también menciona que en la laguna de Yuriria, Guanajuato, la talla mínima de captura de la tilapia no se respeta, lo cual es resultado de la intensificación de la pesca teniendo como respuesta de los pescadores la necesidad de incurrir en la ilegalidad para poder obtener y asegurar el producto.

Estos antecedentes descritos son el reflejo de como actualmente son manejadas las pesquerías en aguas continentales con gran importancia productiva en el país. Es claro que el manejo de las pesquerías en México tiene que ser enfocadas y asesoradas con base científica veraz disponible, tomando en cuenta los conocimientos tradicionales sobre los recursos y su hábitat, así como los factores ambientales, económicos y sociales adecuados de cada región.

Desde hace décadas se muestran las distintas situaciones de las pesquerías de aguas continentales, y como los actores involucrados en la actividad pesquera y el manejo realizado, reconocen que existe una necesidad de un mayor conocimiento de los ecosistemas y una integración de elementos sociales y económicos de la pesca, asegurando una perspectiva a largo plazo y considerando los impactos y cambios fuera del cuerpo de agua, tales como el uso del suelo, los patrones climáticos o los cambios administrativos, las políticas de administración o las prioridades e incorporar la investigación científica en esos aspectos para el proceso de toma de decisiones. Estas medidas tienen como finalidad permitir un mayor conocimiento del funcionamiento de los cuerpos de agua, donde se podrían plantear mejores estrategias para evitar una saturación de las pesquerías de los principales embalses de México.

Estrategias de manejo para la conservación de las poblaciones de tilapia en aguas continentales.

Las 52 presas del país con mayor capacidad de almacenamiento representan casi el 70% de la capacidad total, desde que se crearon los embalses y las pesquerías acuaculturales, el manejo de estas pesquerías de aguas continentales ha consistido principalmente en especies exóticas a través de resiembra y repoblación (Pedroza-Gutiérrez, 2018), basados principalmente en criterios socioeconómicos, sin regulación pesquera y una gestión pesquera limitada (Ortega-Gaucin y Velasco, 2013); sin embargo las pesquerías derivadas de la acuicultura y de aguas continentales son una revelación que en México se aplican a la actividad acuícola que se lleva a cabo de manera extensiva en aguas dulces, y que muchas veces, depende de las crías producidas en los centros acuícolas del sector oficial (Federal y Estatal).

Actualmente en México existen diez centros acuícolas donde se cultivan 14 especies exóticas y siete nativas; el 90% son tilapias y carpas (CONAPESCA, 2020). Estos centros son el proveedor tradicional de crías de especies dulceacuícolas, donde el 85 % de la producción es utilizada con fines de repoblamiento, sin embargo, la producción de cría no es clara, ya que solo dos centros acuícolas registran una producción de alevines de tilapia tal como lo manifiesta el Anuario Estadístico de Pesca y Acuacultura 2018, mostrando solo la producciónde dos centros reproductores, estos registros manifiestan que los centros acuícolas no garantizan un abastecimiento de cría de calidad, esto se debe a que se carece de planes de manejo de reproductores, por lo que no existe un adecuado seguimiento y control de crías debido a las formas de operación de los centros que en la actualidad se encuentran debilitadas, así como al manejo inadecuado de las especies que se encuentran ahí y lo obsoleto de las prácticas de cultivo. Lo anterior hace que la asistencia técnica sea deficiente y se dificulte la asimilación tecnológica; hecho que provoca la falta de pies de cría con control de pedigrí en líneas reproductoras para el repoblamiento y acuicultura rural, lo que puede ocasionar una pérdida de su calidad y se puede ver reflejado en la producción pesquera de los embalses.

Por tanto, la preservación de los recursos genéticos naturales debe ir en paralelo con el desarrollo de las actividades acuícolas. Cabe señalar que los antecedentes disponibles no son suficientes y son escasos en los embalses mexicanos con respecto a los recursos pesqueros de tilapia, y los estudios existentes principalmente han sido enfocados en la identificación del grupo de los cíclidos por análisis de los caracteres merísticos y morfométricos (Barriga-Sosa et al., 2004; Narváez et al., 2005; Espinosa-Lemus et al., 2009). Un monitoreo constante de los recursos pes-

queros podría ayudar a inferir si existe una pérdida de la calidad de las poblaciones y permitiría a los actores proponer un plan de repoblamiento de cría, ya que se estima que estas producciones pesqueras están sustentadas en la capacidad de renovación natural de las especies del embalse, en virtud de que no se realiza sumando el poco o nulo desplazamiento y su gran capacidad de reproducción dentro de la misma población.

Un modelo innovador puede ser implementado a través del uso nuevas tecnologías que permitan orientar desde el monitoreo de los recursos biológico que se encuentra disponible en los embalses, así como también del origen de la cría que será utilizada para la repoblación de los mismo, implementado tecnologías innovadoras que permita, caracterizar los recursos genéticos que se tienen como alternativas para tener pesquerías y cultivos más rentable (Sweijd et al., 2000; Tan et al., 2019). Esto se puede lograr a través delas herramientas biotecnológicas que en la actualidad están contribuyendo, de gran manera, en el proceso de selección, mejoramiento y consolidación de las características genéticas de especies de interés productivo en la genotipificación o caracterización a escala molecular de poblaciones animales (De Siqueira-Silva et al., 2018; Wenne, 2023). El estudio genético de poblaciones de peces y de cualquier otra especie económicamente importante, toma especial relevancia por el impacto que causa a nivel productivo (Mayekar, 2013). En las últimas décadas, la aplicación de las teorías de genética genética cuantitativa en la mejora de especies que se cultivan ha ido en aumento; y ahora 10 de las 19 especies de interés productivo para ser cultivadas están bajo algún tipo de selección genética (Hershberger, 2006). Lo anterior es el resultado de un aumento en la investigación de las bases genéticas, enfocándose en rasgos fenotípicos (heredabilidad) (Gjerde, 1986; Vandeputte et al., 2008), además, de una adaptación exitosa de los planes de mejoramiento genético diseñado para las especies utilizadas en la acuicultura y repoblamiento (Dupont-Nivet et al., 2006). Estudiar la variabilidad genética en poblaciones silvestres de peces son necesarias con el objetivo de conocer su evolución y poder garantizar su disponibilidad para las futuras generaciones (Lie et al., 2018). El estudio de variabilidad genética permite a las especies de peces conocer si existe una mayor adaptación a los distintos entornos que se encuentran en constante cambio, lo cual es de gran relevancia para poder garantizar su supervivencia y generar datos precisos sobre la estructura genética que permita conservar las poblaciones (Tabatabaei et al., 2020) y a su vez conocer las distintas variaciones que se pueden observar dentro de una población silvestre, las cuales principalmente se deben a mutaciones que se generan de manera espontánea y deriva genética en cualquier población de

peces (Shen et al., 2020). La diversificación y conservación de estas variaciones alélicas, son fundamentales para mantener la pureza genética y así poder conservar las poblaciones (Rougemont et al., 2022). El monitoreo frecuente de las poblaciones de peces en los embalses son fundamentales y necesarios para superar su declive genético (Wang et al., 2021; Mastrochirico Filho et al., 2018), dentro de los de índices de mayor importancia son lo que hacen referencia la importancia de la hetero-cigosidad, donde se considera uno de los mejores estimadores de la diversidad genética, al ser aplicado a cualquier especie o población de la estructura genética, permitiendo hacer comparaciones (Sheraliev y Peng, 2021). Barajas- González et al. (2021) mencionan que la manipulación de especies por actividad humana se puede ver afectadas negativamente y que la abundancia o número de individuos es el atributo poblacional que sufre un impacto directo e inmediato y pueden ocasionar un rompimiento en el equilibrio genético. En la actualidad los grandes grupos de investigación pesquera están implementando las distintas técnicas biotecnológicas para explicar la diversidad genética de las pesquerías (Mahboob et al., 2019; Mndeme et al., 2020; Nyinondi et al.,2020). Los marcadores de ADN son la herramienta más utilizadas para la conservación de las poblaciones de peces (Dudu et al., 2015). Los marcadores mole-culares son un instrumento que ayudan a diferenciar individuos a nivel de ADN, así como también nos permite la selección de crías a una edad temprana y garantizar la predicción fenotípica en su edad adulta (Cuevas-Rodríguez et al., 2016), también se utilizan para describir parámetros genéticos, tanto en poblaciones de peces de vida marina como continentales (Freeland, 2017). Actualmente existen diferentes biomarcadores como RAPDs, AFLPs, RFLPs y microsatélites, los cuales son usados para estimar la variación genética que han permitido planificar estrategias de conservación (Mastrochirico-Filho et al., 2018), actualmente los marcadores moleculares como los microsatéllites están tomando una gran relevancia en estudios para describir la diversidad genética de poblaciones de peces, esto debido a que destacan por su abundancia en los genomas de organismos eucariotas y se presentan en un alto polimorfismo (Radhika et al., 2021). A partir de la información de los marcadores moleculares como microsatélites se puede calcular una gran cantidad de parámetros de diversidad genética; la mayoría de estos datos se pueden aplicar en los diversos niveles de organización como son especie, subespecie, población e individuo (Ahmed et al., 2023) son marcadores moleculares, con altas tasas de mutación y naturaleza codominantes, que permite estimar la diversidad genética entre individuos (Sunnucks, 2000).

Estos marcadores también conocidos co-

mo SSR (Simple Sequence Repeats), son fragmentos de ADN de 2 a 6 pares de base de longitud que se repiten viarias veces en támdem. Los microsatélites son de tamaño pequeño, y permite que se pueda amplificar el ADN por Reacción en Cadena de la Polimerasa (Ukenye et al., 2016). Por lo tanto y para obtener mejor perspectiva de las variaciones entre las especies, el uso de esta herramienta biotecnológica ha servido para caracterizar genéticamente aquellos individuos con genotipos contrastantes y poder integrarlos a un futuro programa de mejoramiento con fines de conservación, como el descrito por Ali et al. (2020), el cual toman una gran relevancia debido a que se conoce la gran actividad de las pesquerías dentro de los embalses y que se requiere de mantener las especies de peces lo más atractivas posibles, sin embargo una estrategia mal planteada puede encaminarse al declive de una población, tal como se describe para la Presa Benito Juárez en el estado de Oaxaca, donde las poblaciones de tilapia se encontraban en malas condiciones, ya que los pescadores de la zona reportaban bajas capturas, disminución en la talla de los organismos y malformaciones anatómicas, Soto-Hernández et al. (2009) analizaron genéticamente las poblaciones de tilapias de la presa y del laboratorio de producción de donde se realizaban la repoblación del embalse y encontraron que los organismos de ambos lugares presentaron un gran desequilibrio genético; Espinoza-Lemus et al. (2009), utilizaron herramientas genéticas para poder entender el manejo de las pesquerías de tilapia en dos embalses mexicanos, reportando niveles de diversidad genética bajos comparados con los reportados para poblaciones manejadas adecuadamente, sugiriendo estrategias de manejo adecuadas para ambos embalses. A nivel mundial estas herramientas han sido utilizadas a través del uso de marcadores moleculares para el análisis de estructura genética en tilapia en distintos cuerpos de agua dulce (Lind et al., 2019; Tibihika et al., 2020) tal como lo describen Bhassu et al. (2004) en Malasia donde se estudiaron poblaciones de *Oreochromis* spp., presentando altos niveles de polimorfismo mediante el uso de los loci de microsatélites; del mismo modo Hassanien y Gilbey (2005) evaluaron la diversidad genética y diferenciación entre poblaciones de *O. niloticus* colectados de diferentes áreas geográficas de Egipto utilizando marcadores microsatélites como herramienta, permitiendo extender el conocimiento de la filogeografía de tilapia, su naturaleza y la extensión de la biodiversidad en esta especie. Otros autores como Bezault et al. (2011) describieron la estructura genética de poblaciones naturales de *O. niloticus*, que cubren el espacio-temporal de la especie y su distribución natural en África, utilizando microsatélites como marcador molecular, este estudio reveló patrones jerárquicos claros de la estructuración genética de la

población de *O. niloticus* en África. De modo similar la diversidad genética también fue evaluada en poblaciones silvestres de tilapia del Nilo en el Volta Lake, Ghana, usando marcadores microsatélites la información obtenida de este estudio proporcionó una base de datos esencial para diseñar una estrategia de monitoreo y planificación futura para programas de mejora genética, conservación genética y diversidad en el lago (Mireku et al., 2017). De forma similar un estudio descrito por Sukmanomon et al. (2012) ha permitido comprender la diversidad genética de poblaciones silvestres tailandesas de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, buscando la posible introgresión de otras poblaciones/especies de tilapia y que permitieran la contribución sustancial a la producción de peces de agua dulce en el país.

Estas estrategias pueden ser tomadas en los embalses mexicanos teniendo como objetivo elegir los recursos genéticos que serán usados para alimentar como parte de un desarrollo que permita tener como antecedentes un plan que pueda ser ejecutado y determinar cómo serán explotados, desarrollados y comercializados a través del tiempo y, en especial, la aptitud de los pobladores y las dependencias de los tres órganos de gobierno para el uso correcto del material biológico, la tecnología disponible para este propósito, así como la comercialización en los mercados que permitan abastecer un pueblo en constante expansión.

Conclusiones

Es evidente el alto potencial productivo que tiene los embalses y presas, así como también lo demuestra las especies de tilapia para la pesca de captura continental en el país, por ello, es prioritario realizar trabajos en conjunto entre actores públicos, privados y de investigación para el fortalecimiento a la cadena productiva y la competitividad de la tilapia mexicana, estableciendo líneas puntuales para agregar valor al producto mexicano, mejorando la capacitación, planeación, mercado y logística de este producto así como del uso de nuevas tecnologías y mejorar las prácticas de producción y manejo que permita promover medidas a un futuro sostenible tomando en consideración la conservación de los recursos biológicos pesqueros disponibles en los cuerpos de agua dulce, así como también que permita evidenciar el impacto que puede tener en la ejecución de estrategias y que el conocimiento obtenido, pueda ser un reflejo del aumento en la producción y que permita alimentar una población humana en crecimiento constante.

Agradecimientos

Al programa de Desarrollo Rural, ejercicio 2019. “DIAGNÓSTICO, TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y SOPORTE TÉCNICO PARA ATENDER NECESIDADES DEL PRODETER-EMBALSE (TEPIC DEL NAYAR)”.

Referencias

1. Ahmed, S.M., Hordofa, B., Meressa, B. H., Tamiru, M. 2023. Population structure and genetic diversity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using microsatellite markers from selected water bodies in southwest Ethiopia. *Veterinary Medicine and Science*, 9(5), 2095-2106. https://doi.org/10.1002/vms3.1212

2. Abdel-Warith, A. A., Younis, E. M., Al-Asgah, N. A., Wahbi, O. M. 2011. Effect of zinc toxicity on liver histology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Scientific Research and Essays*, 6(17), 3760-3769. http://www.academicjournals.org/SRE

3. Aguilar-Ibarra, A., Villanueva-Fragoso, S., Guzmán-Amaya, P., Vázquez-Botello, A. 2006. La contaminación del agua como una externalidad para la producción pesquera y acuícola. EN MÉXICO. 107.https://ballast-outreach-ucsgep.ucdavis.edu/files/136963.pdf#page=104

4. Aguilar-Navarro, C. O. 2021. Acceso a Recursos Genéticos en México. *Scientia et PRAXIS*, 1(01), 1-11. ISSN:2954-4041 https://www.researchgate.net/publication/360535823_Acceso_a_Recursos_Geneticos_en_Mexico

5. Ali, F. S., Ismail, M., Aly, W. 2020. DNA barcoding to characterize biodiversity of freshwater fishes of Egypt. *Molecular Biology Reports*, 47(8), DOI https://doi.org/10.1007/s11033-020-05657-3

6. Arellano-Torres, A., Hernández-Montaño, D., Meléndez-Galicia, C. 2013. Comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en un lago tropical de México. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1301-1312. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034 -77442013000400024&script=sci_arttext

7. Arellanes-Cancino, Y., Ayala-Ortiz, D. A., 2021. Problemática de la pesca en el lago de Pátzcuaro: la invisibilidad entre la práctica y el discurso. Estudios sociales. *Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 31(57). https://doi.org/10.24836/es.v31i57.1031

8. Arellanes-Cancino, Y., Ayala-Ortiz, D. A., Medina-Nava, M. 2022. Panorama reciente de la pesca artesanal con perspectiva de género en tres lagos de Michoacán. *Ciencia Pesquera*, 30(1-2), 217-236. https://www.researchgate.net/profile/Yaaye-Arellanes-Cancino/publication/369060340_Current_gender_perspective_of_artisanal_fishing_in_three_Michoacan_lakes/links/64077c350cf1030a567f364e/Current-gender-perspectiv e-of-artisanal-fishing-in-three-Michoacan-lake s.pdf

9. Arredondo-Figueroa, J. L., Guzmán-Arroyo M. 1985. Situación taxonómica actual de la Tribu Tilapini (Pisces: *Cichlidae*) introducidas en México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie de Zoología*, 56(2), 555-572. https://anales.ib.unam.mx/index.php?journal=SerZool&page=article&op=view&path%5B%5D=1973

10. Arreguín-Sánchez, F., Arcos-Huitrón, E. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21 (3), 431-462.

11. Athukorala, D. A., Amarasinghe, U. S. 2010. Status of the fisheries in two reservoirs of the Walawe river basin, Sri Lanka: A case of participation of fishers in management. *Asian Fisheries Science*, 23 (3), 284-300. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31900717/Athukorala_AFS2-libre.pdf?1392393675

12. Barajas-González, D., De la Vega-Machado, M., Paredes-Gallardo, M. A., Pacheco-Hoyos, N., Varela-Romero, A., Grijalva-Chon, J. M. LA LEY DEL EQUILIBRIO GENÉTICO Y SU IMPORTANCIA EN LA CONSERVACIÓN. *Nuestra Tierra,*1, 1-3. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Manuel-Grijalva-Chon/publication/357824961_La_Ley_del_Equilibrio_Genetico_y_su_importancia_en_la_conservacion/links/61e10013c5e3103375917cc2/La-Ley-del-Equilibrio-Genetico-y-su-importancia-en-la-conservacion.pdf

13. Barajas-Santinelli, J., CEDRSSA. 2017. Diagnóstico Nacional de los Principales Lagos y Embalses Mexicanos en los que se Realiza la Pesca y la Acuacultura. Palacio Legislativo de San Lázaro: CÁMARA DE DIPUTADOS LXIII LEGISLATURA. http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/cedrssa/lxii/diag_limpes_prinemb_sin.pdf

14. Bartley, D. M., De Graaf, G. J., Valbo-Jørgensen, J., Marmulla, G. 2015. Inland capture fisheries: status and data issues. *Fisheries Management and Ecology*, 22(1), 71-77. https://doi.org/10.1111/fme.12104

15. Barriga-Sosa, I., Jiménez-Badillo, M. D. L., Ibáñez, A. L., Arredondo-Figueroa, J. L. 2004. Variability of tilapias (*Oreochromis spp.*) introduced in Mexico: morphometric, meristic and genetic characters. *Journal of Applied Ichthyology*, 20(1), 7-14. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2004.00445.x

16. Beltrán-Álvarez, R., Sánchez-Palacios, J., Ramírez-Lozano, J. P., Santiago-Amaya, J. A. 2014. Edad y crecimiento de tilapia *Oreochromis aureus* (Cichlidae) en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa, México. *Ciencia Pesquera*, 22(2), 37-46. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/139832/Ciencia_Pesquera_Vol._22_No._2_Noviembre_2014.pdf

17. Beltrán-Álvarez, R., Audeves-Moreno, M. A., Ortega-Salas, A. A. 2016. Selectividad y tamaño de calidad de la lobina negra *Micropterus salmoides* capturada de manera incidental en el embalse Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México. *Ciencia Pesquera*, 24(1), 57-65. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/192269/ pdf

18. Bezault, E., Balaresque, P., Toguyeni, A., Fermon, Y., Araki, H., Baroiller, J. F., Rognon, X. 2011. Spatial and temporal variation in population genetic structure of wild Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) across Africa. *BMC Genetics*, 12, 1-16. https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-102

19. Bezaury-Creel, J. E., Ochoa-Pineda, F., Llano-Blanco, M. O., Lasch-Thaler, C., Herron, C., Vázquez-Castañeda, D., Hernández-Ruíz, F. 2017. Agua dulce, conservación de la biodiversidad, protección de los servicios ambientales y restauración ecológica en México. *The Nature Conservancy*. Ciudad de México, México. DOI: https://10.13140/RG.2.2.10282.31685

20. Butcher, P. A., Glaubitz, J. C., Moran, G. F. 1999. Applications for microsatellite markers in the domestication and conservation of forest trees. *Forest Genetic Resources Information*, 27, 34-42. https://openknowledge.fao.org/home

21. Britton, J. R., Harper, D. M. 2008. Juvenile growth of two tilapia species in Lakes Naivasha and Baringo, Kenya. *Ecology of Freshwater Fish*, 17(3), 481-488. 1600-0633 https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2008.00298.x

22. Brusca, R. C., Álvarez-Borrego, S., Hastings, P. A., Findley, L. T. 2017. Colorado River flow and biological productivity in the Northern Gulf of California, Mexico. *Earth-Science Reviews*, 164, 1-30. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.10.012

23. Bhassu, S., Yusoff, K., Panandam, J. M., Embong, W. K., Oyyan, S., Tan, S. G. 2004. The genetic structure of *Oreochromis spp*. (Tilapia) populations in Malaysia as revealed by microsatellite DNA analysis. *Biochemical Genetics*, 42, 217-229. https://doi.org/10.1023/B:BIGI.0000034426.31105.da

24. Calzada-Rovirosa, J. E., Rocatti-Velázquez, M., Galeana, P. 2018. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Colección INEHRM. https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/11/5278/21.PDF

25. CHAPALA UELJ, MEP. NORMA OFICIAL MEXICANA nom-032-sag/pesc-2015, pesca responsable en el lago de Chapala, ubicado en los estados de Jalisco y Michoacán. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueroshttps://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5397400&fecha=19/06/2015#gsc.tab=0

26. Chon, J. M. G., Barajas-González, D., De la Vega-Machado, M., Andrea, P. G. M., Pacheco-Hoyos, N., Varela-Romero, A. 2021. La Ley del Equilibrio Genético y su importancia en la conservación. *Nuestra Tierra*, 18(36), 13-15. http://www.erno.geologia.unam.mx/uploads/nuestratierra/archivos/36/Revista_Nuestra_tierra_Ed36_web.pdf

27. Canonico, G. C., Arthington, A., McCrary, J. K., Thieme, M. L. 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(5), 463-483. https://doi.org/10.1002/aqc.699

28. Cassemiro, F. A., Bailly, D., da Graça, W. J., Agostinho, A. A. 2018. The invasive potential of tilapias (Osteichthyes, Cichlidae) in the Americas. *Hydrobiologia*, 817, 133-154. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3471-1

29. CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2018. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, Mazatlán, México. https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca

30. CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2020. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, Mazatlán, México. https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca

31. CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2021. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, Mazatlán, México. https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca

32. CONAGUA y SEMARNAT (2009) Atlas del agua en México 2009. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259343/_2009__Atlas_del_Agua_en_M_xico_2009.compressed.pdf

33. CONAGUA - SEMARNAT – (Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2015. Estadísticas del Agua en México, edición 2015. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Planeación. México. - 01/05/2017 https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2015.pdf

34. Cooke, S. J., Allison, E. H., Beard, T. D., Arlinghaus, R., Arthington, A. H., Bartley, D. M., Welcomme, R. L. 2016. On the sustainability of inland fisheries: Finding a future for the forgotten. *Ambio*, 45, 753-764. https://doi.org/10.1007/s13280-016-0787-4

35. Cuéllar-Lugo, M. B., Asiain-Hoyos, A., Juárez-Sánchez, J. P., Reta-Mendiola, J. L., Gallardo-López, F. 2018. Evolución normativa e institucional de la acuacultura en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 541-564. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722018000400541&script=sci_arttext

36. Cuevas-Rodríguez, B. L., Sifuentes-Rincón, A. M., Ambriz-Morales, P., García-Ulloa, M., Valdez-González, F. J., Rodríguez-González, H. 2016 Novel single nucleotide polymorphisms in candidate genes for growth in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 345-348. https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000600009

37. Cuevas-Rodríguez, B. L., Rubio-Gómez, W. K., Granados-Amores, J., Dueñas-Romero, J. J., Valdez-González, F. J., Sandoval-Castro, E. Zavala-Leal, O. I. 2024. Analysis of the pharyngeal structure of the genus Oreochromis for species identification through geometric morphometrics in the Aguamilpa reservoir, Nayarit, Mexico. *Zoologischer Anzeiger*, 313, 183-190.

38. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2004. *Pesca responsable en el lago de Catemaco, ubicado en el estado de Veracruz. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros (NOM-041-PESC-2004)*. Norma Oficial Mexicana. https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/1943/sagarpa/sagarpa.htm

39. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2004. *Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera*, en Diario Oficial de la federación, 15 de marzo de 2004. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=680061&fecha=15/03/2004#gsc.tab=0

40. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2007. *Ley general de Pesca y Acuicultura Sustentable*, en Diario Oficial de la Federación, 24 de julio de 2007. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS.pdf

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5046978&fecha=18/06/2008#gsc.tab=0

41. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2008. *Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.*

42. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2012. *Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*, 6. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249902&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0

43. Archivo General de la Nación (AGN). (2022). *Boletín del Archivo General de la Nación*, 9(11), 521–530. https://bagn.archivos.gob.mx/index.php/legajos/article/view/2014

44. De La Lanza, E. G. y García, C. J. L. 2002. *Lagos y presas de México*. AGT Editor S.A., México City, México. 401-420. https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-ECOSUR:63128

45. De Siqueira-Silva, D. H., Saito, T., dos Santos-Silva, A. P., da Silva Costa, R., Psenicka, M., Yasui, G. S. 2018. Biotechnology applied to fish reproduction: tools for conservation. *Fish Physiology and Biochemistry*, 44(6), 1469-1485. https://doi.org/10.1007/s10695-018-0506-0

46. Domínguez, J. 2019. La construcción de presas en México. Evolución, situación actual y nuevos enfoques para dar viabilidad a la infraestructura hídrica. Gestión y Política Pública, 28(1), 3-37. https://doi.org/10.29265/gypp.v28i1.551

47. Deng, J. M., Wang, Y., Chen, L. Q., Mai, K. S., Wang, Z., Zhang, X. 2017. Effects of replacing plant proteins with rubber seed meal on growth, nutrient utilization and blood biochemical parameters of tilapia (*Oreochromis niloticus*× *O. aureus*). *Aquaculture Nutrition*, 23(1), 30-39. https://doi.org/10.1111/anu.12355

48. Dudu, A., Georgescu, S. E., Costache, M. 2015. Evaluation of genetic diversity in fish using molecular markers. *Molecular Approaches to Genetic Diversity*, 165-193. HTTPS://DX.DOI.ORG/10.5772/60423

49. Dudgeon, D. 2000. Riverine biodiversity in Asia: a challenge for conservation biology. *Hydrobiologia*, 418, 1-13. https://doi.org/10.1023/A:1003998519910

50. Dupont-Nivet, M., Vandeputte, M., Haffray, P., Chevassus, B. 2006. Effect of different mating designs on inbreeding, genetic variance and response to selection when applying individual selection in fish breeding programs. *Aquaculture*, 252 (2-4), 161-170. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.07.005

51. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. *Norma Oficial Mexicana NOM-026-SAG/PESC-2016: Que establece regulaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros en el embalse de la presa Aguamilpa, ubicado en el estado de Nayarit.* Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5451351&fecha=06/09/2016#gsc.tab=0

52. Espinosa-Lemus, V., Arredondo-Figueroa, J. L., Barriga-Sosa, I. D. L. A. 2009. Morphometric and genetic characterization of tilapia (Cichlidae: Tilapiini) stocks for effective fisheries management in two Mexican reservoirs. *Hidrobiológica*, 19(2), 95-107. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188

53. Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista mexicana de biodiversidad,* 85, 450-459. https://doi.org/10.7550/rmb.32264

54. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2010. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 219 pp.

55. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. *The state of world fisheries and aquaculture 2014*. http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf

56. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2020. *The state of world fisheries and aquaculture. La sostenibilidad en acción*. Roma. https://doi.org/10.4060/ca9229es

57. Fernando, C. H., Holčík, J. 1991. Fish in reservoirs. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 76(2), 149-167. https://doi.org/10.1002/iroh.19910760202

58. Freeland, J. R. 2017. The importance of molecular markers and primer design when characterizing biodiversity from environmental DNA. *Genome*, 60(4), 358-374. https://doi.org/10.1139/gen-2016-0100

59. Fricke, R., Eschmeyer, W. N., Van der Laan, R. 2018. Catalog of fishes: genera, species, references. California Academy of Sciences, San Francisco, CA, USA https://www.researchgate.net/publication/303633861_Catalog_of_Fishes_Genera_Species_References

60. Gaspar-Dillanes, M., Hernández-Montaño, D. 2013. *Pesquerías continentales de México*. 9-14. México: Instituto Nacional de Pesca. http://inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/LIBROS/librosdivulgacion/Pesca_continental_web.pdf

61. Gjerde, B. (1986). Growth and reproduction in fish and shellfish. *Aquaculture*, 57(1-4), 37-55. https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90179-1

62. Hassanien, H. A., Gilbey, J. 2005. Genetic diversity and differentiation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) revealed by DNA microsatellites. *Aquaculture Research*, 36 (14), 1450-1457. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.013 68.x

63. Hernández, A. M., Escobar, V., & Zavaleta, D. G. 1993. Actualización del estudio de manejo y explotación acuícola de los embalses en México. *En Avances en el manejo y aprovechamiento acuícola de embalses en América Latina y el Caribe: Documento de campo, II Taller regional sobre manejo y explotación acuícola de embalses* (México, DF, 19-21 agosto 1992). https://www.fao.org/3/ab488s/AB488S00.htm

64. Hershberger, W. K. 2006. What can history tell us about the future of aquaculture genetics. *The Israeli Journal of Aquaculture*

Bamidgeh, 58(4). https://evols.library.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/91a23a2e-1ae6-4b87-b3c2-17b06e2c4fff/content

65. Ibáñez, A. L., Pérez-Ramírez, M., García-Calderón, J. L. 2014. Institutional development of freshwater fish stocking in Mexico. *Journal of Fish Biology*, 85(6), 2003-2009. https://doi.org/10.1111/jfb.12496

66. Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA), Dirección General de Investigación Pesquera Bahía de Banderas, Nayarit. (2020). *Informe final de investigación 2020: Pesquería de aguas continentales en el estado de Nayarit; evaluación y seguimiento de las pesquerías en las presas en Cajón y Aguamilpa, Nayarit, México*. https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/transparencia/planes-programas-informes/Informe-de-Autoevaluacion-3T2020.pdf

67. Janjua, M. Y., Ahmad, T., Gerdeaux, D. 2008. Comparison of different predictive models for estimating fish yields in Shahpur Dam, Pakistan. *Lakes & Reservoirs: Research & Management,* 13(4), 319-324. https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2008.00377.x

68. Khalifa, N. S. A., Belal, I. E. H., El-Tarabily, K. A., Tariq, S., Kassab, A. A. 2018. Evaluation of replacing fish meal with corn protein concentrate in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings commercial diet. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 143-152. https://doi.org/10.1111/anu.12542

69. Latini, A. O., Mormul, R. P., Giacomini, H. C., Di Dario, F., Vitule, J. R. S., Reis, R. E., Vidal, N. 2021. Brazil's new fish farming Decree threatens freshwater conservation in South America. *Biological Conservation*, 263, 109353. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109353

70. Li, D., Wang, S., Shen, Y., Meng, X., Xu, X., Wang, R., Li, J. 2018. A multiplex microsatellite PCR method for evaluating genetic diversity in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture and Fisheries*, 3(6), 238-245. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.09.001

71. Lind, C. E., Agyakwah, S. K., Attipoe, F. Y, Nugent, C., Crooijmans, R. P., Toguyeni, A. 2019. Genetic diversity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) throughout West. *Africa Scientific Reports*, 9(1), 16767. https://doi.org/10.1038/s41598-019-53295-y

72. Lynch, A. J., Cowx, I. G., Fluet-Chouinard, E., Glaser, S. M., Phang, S. C., Beard, T. D., Youn, S. J. 2017. Inland fisheries–Invisible but integral to the UN Sustainable Development Agenda for ending poverty by 2030. *Global Environmental Change*, 47, 167-173. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.005

73. Magouz, F. I., Dawood, M. A., Salem, M. F., Mohamed, A. A. 2020. The Effects of Fish Feed Supplemented with Meal on the Growth Performance, Digestive Enzyme Activity, and Health Condition of Genetically-Improved Farmed Tilapia (). *Annals of Animal Science*, 20(3), 1029-1045. https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0016

74. Mahboob, S., Al-Ghanim, K. A., Al-Misned, F., Al-Balawi, H. A., Ashraf, A., Al-Mulhim, N. M. 2019. Genetic diversity in tilapia populations in a freshwater reservoir

assayed by randomly amplified polymorphic DNA markers. *Saudi Journal of Biological Sciences,* 26(2), 363-367.
https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.11.015

75. Marques, R. C., Dórea, J. G., McManus, C., Leao, R. S., Brandao, K. G., Malm, O. 2011. Hydroelectric reservoir inundation (Rio Madeira Basin, Amazon) and changes in traditional lifestyle: impact on growth and neurodevelopment of pre-school children. *Public Health Nutrition*, 14(4), 661-669.
https://doi.org/10.1017/S136898001000248X

76. Mastrochirico-Filho, V.A., Freitas, M. V., Ariede, R. B., Lira, L. V., Mendes, N. J., Hashimoto, D. T. 2018. Genetic applications in the conservation of Neotropical freshwater fish. *Biological Resources of Water.* London: Intechopen, 249-84.
http://dx.doi.org/10.5772/interchopen.73207

77. Martínez, R. S. 1989. Embalses: Alteración y regulación de cauces. *Norba: Revista de geografía*, (6), 13-20. file:///C:/Users/breid/Downloads/Dialnet-Embalses-109705.pdf

78. Mayekar, T. S., Salgaonkar, A. A., Koli, J. M., Patil, P. R., Chaudhari, A., Pawar, N., Kapse, P. 2013. Biotechnology and its applications in aquaculture and fisheries. *Aquafind-Aquat Fsh Database.*
https://www.researchgate.net/profile/Koli/publication/336982982_

79. Mendoza-Carranza, M., Arévalo-Frías, W., Espinoza-Tenorio, A., Hernández-Lazo, C. C., Álvarez-Merino, A. M., Rodiles-Hernández, R. 2018. La importancia y diversidad de los recursos pesqueros del río Usumacinta, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 89, 131-146.
https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2182

80. Mireku, K. K., Kassam, D., Changadeya, W., Attipoe, F. Y. K., Adinortey, C. A. 2017. Assessment genetic variations of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in the Volta Lake of Ghana using microsatellite markers. *African Journal of Biotechnology,* 16 (7), 312-321.
https://DOI:10.5897/AJB2016.15796

81. Moreno, A.S. 2019. Cultura lacustre y pesca artesanal en el Lago de Chapala, México: alimentación, ingresos y comercialización1. *WATERLAT GOBACIT. WATERLAT-GOBACIT NETWORK Working Papers Thematic Area Series, TA6* - Vol 6 Nº 1.
http://waterlat.org/es/encuentros/public-meetings/waterlat-gobacit-viii-san-jose-2017/

82. Mndeme, M., Shoko, A., Limbu, S., Mwita, C. 2020. Genetic diversity among tilapia species farmed at Chita in Kilombero, Morogoro Region, Tanzania. *Tanzania Journal of Science*, 46(1), 31-41. DOI:
https://.ajol.info/index.php/tjs/article/view/194814

83. Narváez, J. C., Acero, A., Blanco, J. 2005. Variación morfométrica en poblaciones naturalizadas y domesticadas de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) en el norte de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales*, 29, 383-394.
https://doi.org/10.18257/raccefyn.29(112).2005.2172

84. Nyinondi, C. S., Mtolera, M. S., Mmochi,

A. J., Lopes-Pinto, F. A., Houston, R. D., de Koning, D. J., Palaiokostas, C. 2020. Assessing the genetic diversity of farmed and wild Rufiji tilapia (*Oreochromis urolepis urolepis*) populations using ddRAD sequencing. *Ecology and Evolution*, 10(18), 10044-10056. https://doi.org/10.1002/ece3.6664

85. Onofre, G. L. O., Carbajal, M. D. L. L. M. 2015. Sistema productivo local en Michoacán: la actividad pesquera en Mariano Escobedo, Cuitzeo. *Economía y Sociedad*, 19(32), 15-40. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5371164

86. Ortega-Gaucin, D., Velasco, I. 2013. Aspectos Socioeconómicos y ambientales de las Sequías en México. *Aqua-lac*, 5(2), 78-90. https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2013-v5-2-08

87. Paul, T. T., Salim, S. S., Manoharan, S., Sarkar, U. K., Das, B. K. 2020. Understanding variations in socio-economic vulnerabilities and the strategies adopted by small scale fishing communities of tropical reservoirs. *Fisheries Research*, 226, 105523. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105523

88. Pedroza-Gutiérrez, C. 2014. Informalidad e intermediación en el sector primario: un estudio comparativo de pesca marina y continental. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3), 233-247. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282014000300004&script=sci_arttext

89. Pedroza-Gutiérrez, C. 2018. Pesca continental: retos y perspectivas, el caso de México. *Coordinación de Humanidades-UNAM. México*. 172 p. https://www.libros.unam.mx/pesca-continental-retos-y-perspectivas-el-caso-de-mexico-9786073003117-libro.html

90. Pedroza-Gutiérrez, C., López-Rocha, J. A. 2016. Key constraints and problems affecting the inland fishery value chain in central Mexico. Lake and Reservoir Management, 32(1), 27-40. https://doi.org/10.1080/10402381.2015.1107666

91. Prabu, E., Rajagopalsamy, C. B. T., Ahilan, B., Jeevagan, I. J. M. A., Renuhadevi, M. J. A. R. 2019. Tilapia–an excellent candidate species for world aquaculture: a review. *Annual Research & Review in Biology*, 31(3), 1-14. https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052

92. Peña-Messina, E., Tapia-Varela, R., Velázquez-Abunader, J. I., Orbe-Mendoza, A. A., Ruiz-Velazco-Arce, J. M. D. J. 2010. Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 1577-1586. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000400040&script=sci_ arttext

93. Radhika, G., Aravindakshan, T. V., Thomas, S. 2021. Estimation of genetic diversity in domestic animals using microsatellites. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation*,10(5S), 677- 683. https://www.thepharmajournal.com/archives/2021/vol10issue5S/PartJ/S-10-5-46-673.pdf

94. Radigan, W. J., Fincel, M. J. 2022. Factors affecting the abundance of age-0 sport fish in four mainstem Missouri River reservoirs. *Fisheries Management and Ecology,* 29 (1), 57-68. https://doi.org/10.1111/fme.12509

95. Rojas-Carrillo, P., Fernández-Méndez, J. I.

2006. La pesca en aguas continentales. EN MÉXICO, 49.
https://ballast-outreach-ucsgep.ucdavis.edu/files/136963.pdf#page=48

96. Rougemont, Q., Perrier, C., Besnard, A. L., Lebel, I., Abdallah, Y., Feunteun, E., Launey, S. 2022. Population genetics reveals divergent lineages and ongoing hybridization in a declining migratory fish species complex. *Heredity*, 129(2), 137-151.
https://doi.org/10.1038/s41437-022-00547-9

97. Stankus, A. 2021. State of world aquaculture 2020 and regional reviews: FAO webinar series. *FAO Aquaculture Newsletter*, (63), 17 18.
https://www.proquest.com/openview/922b1456033cf6de31b98dd9e1fa6759/1?pq-origsite=gscholar&cbl= 237326

98. Tsegay, T., Natarajan, P., Zelealem, T. (2016). Analysis of diet and biochemical composition of Nile Tilapia (*O. niloticus*) from Tekeze Reservoir and Lake Hashenge, Ethiopia. *Journal of Fisheries & Livestock Production.* 4(2), 1-7.
http://dx.doi.org/10.4172/2332-2608.1000172

99. Samaradivakara, S. P., Hirimuthugoda, N. Y., Gunawardana, R. H. A. N. M., Illeperuma, R. J.,, Fernando-Pulle, N.D., Silva, A. D., Alexander, P. A. B. D. 2012. Morphological variation of four tilapia populations in selected reservoirs in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 23(2).
http://www.pgia.ac.lk/files/Annual_congress/journel/v24_2/Journal/2.Samaradivakara.pdf

100. Sheraliev, B., Peng, Z. 2021. Molecular diversity of Uzbekistan's fishes assessed with DNA barcoding. *Scientific Reports*, 11(1), 16894. DOI
https://doi.org/10.1038/s41598-021-96487-1

101. Sandoval-Moreno, A. 2015. Pesca artesanal y riesgos a la diversidad biocultural en el Lago de Chapala, México. *Desigualdad, injusticia y cambio social: la suerte de las comunidades de pesca artesanal en América Latina*, 11-33.
http://waterlat.org/WPapers/WPSATCTH24.pdf

102. Sandoval, A., García, A. H. 2013. Cambios socio ambientales y crisis de los pescadores en el lago de. *Ambiente y Desarrollo*, 17(32), 9-28.
file:///C:/Users/breid/Downloads/adminpujojs,+AyD+17-32+Art%C3%ADculo+1%20(2).pdf

103. Shen, X., Jin, G., Zhao, Y., Shao, X. 2020. Prevalence and distribution analysis of antibiotic resistance genes in a large-scale aquaculture environment. *Science of the total environment,* 711, 134626.
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134626

104. Shechonge, A., Ngatunga, B. P., Bradbeer, S. J., Day, J. J., Freer, J. J., Ford, A. G., Genner, M. J. 2019. Widespread colonisation of Tanzanian catchments by introduced *Oreochromis* tilapia fishes: the legacy from decades of deliberate introduction. *Hydrobiologia*, 832, 235-253.
https://doi.org/10.1007/s10750-018-3597-9

105. Solano, D. H. 2013. Metodología para el muestreo de ictiofauna de aguas continentales con atarrayas. *Repertorio Científico*, 16(2), 73-79.
https://doi.org/10.22458/rc.v16i2.2517

106. Soto-Hernández, J., Velasco-Murillo, A., Grijalva-Chon, J. M. 2009. When low genetic variability in feral and hatchery-reared tilapia becomes a vicious circle: *Oreochromis niloticus* from Oaxaca, Mexico. *Aquaculture*

International, 17, 469-478.
https://doi.org/10.1007/s10499-008-9217-3

107. Sunnucks, P. 2000. Efficient genetic markers for population biology. *Trends in Ecology & Evolution,* 15(5), 199-203.
https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)0182 5-5

108. Sukmanomon, S., Senanan, W., Kapuscinskiar, Nanakorn, U. 2012. genetic diversity of feral populations of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in thailand and evidence of genetic introgression. *Agriculture and Natural Resources*, 46(2), 200-216.
https://www.thaiscience.info/journals/Article/TKJN/10898176.pdf

109. Sweijd, N. A., Bowie, R. C. K., Evans, B. S., Lopata, A. L. 2000. Molecular genetics and the management and conservation of marine organisms. *Hydrobiologia*, 420, 153-164.
https://doi.org/10.1023/A:1003978831621

110. Tan, M. P., Wong, L. L., Razali, S. A., Afiqah-Aleng, N., Mohd-Nor, S. A., Sung, Y. Y., Danish-Daniel, M. 2019. Applications of next-generation sequencing technologies and computational tools in molecular evolution and aquatic animals conservation studies: A short review. *Evolutionary Bioinformatics*, 15.
https://doi.org/10.1177/1176934319892284

111. Tabatabaei, S. N., Abdoli, A., Hashemzadeh-Segherloo, I., Normandeau, E., Ahmadzadeh, F., Nejat, F., Bernatchez, L. 2020. Fine-scale population genetic structure of Endangered Caspian Sea trout, *Salmo caspius*: implications for conservation. *Hydrobiologia*, 847, 3339-3353.
https://doi.org/ 10.1007/s10750-020-04334-7

112. Teame, T., Zebib, H., Meresa, T. 2018. Observations on the biology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., in Tekeze Reservoir, Northern Ethiopia. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 10(7), 86-94.
https://doi.org/10.5897/IJFA2017.0637

113. Telléz-Castañeda, H. 2021. Acuicultura de Tilapia en México: Evaluación con enfoque en el desempeño social y económico. *Revista Panorama Acuícola*, 23 (3), 57-62
https://issuu.com/designpublications/docs/-bloq-panorama_acuicola_26-3_marzo_abril 2021

114. Tibihika, P. D., Curto, M., Alemayehu, E., Waidbacher, H., Masembe, C., Akoll, P., Meimberg, H. 2020. Molecular genetic diversity and differentiation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L. 1758) in East African natural and stocked populations. *BMC Evolutionary Biology,* 20, 1-20.
https://doi.org/ 10.1186/s12862-020-1583-0

115. Tranvik, L. J., Downing, J. A., Cotner, J. B., Loiselle, S. A., Striegl, R. G., Ballatore, T. J., Weyhenmeyer, G. A. 2009. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnology and Oceanography*, 54(6part2), 2298-2314.
HTTPS://DOI.ORG/10.4319/LO.2009.54.6_PART_2.2298

116. Tsegay, T., Natarajan, P., Zelealem, T. 2016. Analysis of diet and biochemical composition of Nile Tilapia (*O. niloticus*) from Tekeze Reservoir and Lake Hashenge, Ethiopia. *Journal of Fisheries & Livestock Production*, 4(2), 1-7.
http://dx.doi.org/10.4172/2332-2608.1000172

117. Ukenye, E. A., Taiwo, I. A., Oguntade, O. R., Oketoki, T. O., Usman, A. B. 2016. Molecular characterization and genetic diversity assessment of Tilapia guineensis from some coastal rivers in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 15(1), 20-28. https://doi.org/10.5897/AJB2015.14599

118. Ukenye, E. A., Megbowon, I. 2023. Comparison of genetic diversity of farmed *Oreochromis niloticus* and wild unidentified tilapia (Wesafu) using microsatellite markers. *Biodiversitas Journal*, 24(5). https://doi.org/10.13057/biodiv/d240550

119. Vandeputte, M., Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Launay, A., Gela, D., Linhart, O. 2008. Genetic variation for growth at one and two summers of age in the common carp (*Cyprinus carpio* L.): Heritability estimates and response to selection. *Aquaculture*, 277(1-2), 7-13. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.009

120. Van-Doan, H., Hoseinifar, S., Sringarm, H., Jaturasitha, K., Yuangsoi, S. B., Dawood, B. M. A., Faggio, C. 2019. Effects of Assam tea extract on growth, skin mucus, serum immunity and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) against *Streptococcus agalactiae*. *Fish & Shellfish Immunology*, 93, 428-435. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.07.077

121. Wang, M., Lu, M. 2016. Tilapia polyculture: a global review. *Aquaculture Research*, 47(8), 2363-2374. https://doi.org/10.1111/are.12708

122. Wang, Y., Wen, H., Zhai, D., Liu, H., Xiong, F. 2021. DNA barcoding for identification of fishes in Xiangjiaba reservoir area in the downstream section of the Jinsha river. *Conservation Genetics Resources*, 13, 201-208. https://doi.org/10.1007/s12686-021-01196-6

123. Welcomme, R. L. 2011. An overview of global catch statistics for inland fish. *ICES Journal of Marine Science*, 68(8), 1751-1756. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr035

124. Wenne, R. 2023. Microsatellites as molecular markers with applications in exploitation and conservation of aquatic animal populations. *Genes*, 14(4), 808. https://doi.org/10.3390/genes14040808

125. Wong, S., Lau, S., Woo, P., Yuen, K. Y. 2007. Bats as a continuing source of emerging infections in humans. *Reviews in Medical Virology*, 17(2), 67-91. https://doi.org/10.1002/rmv.520

NOTA BREVE

IDENTIFICACIÓN DE *SARCOCYSTIS* SP. EN *DENDROCYGNA AUTUMNALIS* EN SINALOA, MÉXICO.

IDENTIFICATION OF *SARCOCYSTIS* SP. IN *DENDROCYGNA AUTUMNALIS* IN SINALOA, MEXICO.

Julian André García-Montes[1]
0009-0007-1597-9863
juliangarcia@uas.edu.mx

Xochilth Yurixi Galaviz-Rentería[1]
xo_galavizr@hotmail.com

Iliana Cota-Gerardo[1]
Orcid: 0009-0003-0643-1418
Ilianacota.eb@uas.edu.mx

Alejandra Adoración Rodríguez-López[2]
ale790314@gmail.com

Edith Valeria Torres-Cabrera*[1]
0009-0003-9004-1307
edith.torres.fmvz@uas.edu.mx

[1]Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. C.P. 80013.

[2]Asociación de Organizadores y Guías Cinegéticos de Sinaloa A.C.

*Autor de correspondencia

Recibido: 24 de junio de 2024
Aceptado: 25 de junio de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

IDENTIFICACIÓN DE *SARCOCYSTIS SP*. EN D*ENDROCYGNA AUTUMNALIS* EN SINALOA, MÉXICO.

IDENTIFICATION OF *SARCOCYSTIS SP*. IN *DENDROCYGNA AUTUMNALIS* IN SINALOA, MEXICO.

Julián André García-Montes, Xochilth Yurixi Galaviz-Renteria, Iliana Cota-Gerardo
Alejandra Adoración Rodríguez-López, Edith Valeria Torres-Cabrera

Resumen

Los protozoarios del género *Sarcocystis* son parásitos ampliamente distribuidos entre diversas especies de aves, en las cuales causan infecciones de frecuencia variable (Dubey y Speer, 1989; Dubey, 2003). Las lesiones provocadas por estos parásitos repercuten en la capacidad motriz del hospedero, al inducir daño en el músculo. Con el propósito de entender la infección por *Sarcocystis* sp. en Sinaloa, se analizaron 124 ejemplares de *Dendrocygna autumnalis*, donados por la Asociación de Organizadores y Guías Cinegéticos del Estado de Sinaloa durante la temporada invernal de 2013. Se identificaron quistes en dos individuos, con características morfológicas compatibles con *Sarcocystis* sp. El análisis histopatológico reveló quistes intracelulares con daño muscular asociado, caracterizado por atrofia de fibras, necrosis focal e infiltrado inflamatorio multifocal compuesto por células mononucleares. Estos hallazgos constituyen evidencia preliminar de infección por *Sarcocystis* sp. en *D. autumnalis* en México y sugieren un impacto patológico relevante a nivel tisular.

Palabras claves: *Anatidae, Dendrocygna autumnalis,* histopatología, parasitismo, *Sarcocystis*

Abstract

Protozoa of the genus *Sarcocystis* are widely distributed among various bird species, causing infections of varying frequency (Dubey and Speer, 1989; Dubey, 2003). The lesions caused by these parasites impact the host's motor ability by inducing muscle damage. To understand *Sarcocystis* sp. infection in Sinaloa, 124 specimens of *Dendrocygna autumnalis,* donated by the Association of Hunting Organizers and Guides of the State of Sinaloa during the 2013 winter season, were analyzed. Cysts were identified in two individuals, with morphological characteristics compatible with *Sarcocystis* sp. Histopathological analysis revealed intracellular cysts with associated muscle damage, characterized by fiber atrophy, focal necrosis, and a multifocal inflammatory infiltrate composed of mononuclear cells. These findings constitute preliminary evidence of *Sarcocystis* sp. infection in *D. autumnalis* in Mexico and suggest a relevant pathological impact at the tissue level.

Keywords: *Anatidae*, *Dendrocygna autumnalis,* histopathology, parasitism, *Sarcocystis*

Introducción

El ciclo de vida de los protozoarios del género *Sarcocystis* es heteroxeno, alternando entre un hospedero definitivo carnívoro y uno intermediario herbívoro u omnívoro (Lucas, 2013). En cuanto a los hospederos definitivos, *Didelphis virginiana* se ha reportado como hospedero de *Sarcocystis falcatula* (Box y Smith, 1982; Gondim et al., 2021), mientras que Mephitis mephitis actúa como hospedero definitivo de *Sarcocystis rileyi.* Algunas especies de aves han sido reportadas como hospederas intermediarias en el ciclo de vida de especies de *Sarcocystis*, tal es el caso de *Gallus gallus domesticus*, *Anas platyrhynchos* y *Anas clypeata* (Olias et al., 2009; Kutkienė et al., 2010; Dubey et al., 2010; Cawthorn et al., 1981), reportándose sarcocistos comúnmente en el tejido muscular durante la fase crónica de la infección (Dubey et al., 2016).

El objetivo del presente estudio es reportar la identificación morfológica de una especie de *Sarcocystis* en tejido muscular esquelético de *Dendrocygna autumnalis* recolectada en el estado de Sinaloa, México. Este hallazgo constituye la primera evidencia documentada de infección por *Sarcocystis* en esta especie en la región, considerando que *D. autumnalis* es la especie de pato más abundante, con una amplia distribución en las costas de México y el Pacífico.

Materiales y métodos

Obtención de material biológico

Ciento veinticuatro patos silbadores de vientre negro (*D. autumnalis*) fueron cazados en el estado de Sinaloa durante el invierno de 2013 por parte de la Asociación de Organizadores y Guías Cinegéticos de Sinaloa A.C. Todos los ejemplares fueron examinados para detectar macroquistes en la musculatura. Se obtuvo una sección del músculo pectoral de los especímenes que presentaban macroquistes y se conservó en formol al 10% para un análisis histológico.

Resultados

De 124 pichihuilas (*D. autumnalis*), dos presentaron macroquistes (1.61%). Los cuales presentaban color blanco amarillento, de un tamaño de 5.0-7.0 x 2.0 mm, características ya descritas por Kutkiene et al., (2011).

Dentro de los hallazgos del análisis histológico, se observaron múltiples quistes intracelulares de morfología ovoide en fibras musculares (Figura 1). Estas fibras parasitadas presentaron distorsión morfológica evidente, atrofia en las fibras adyacentes con pérdida de las estriaciones características del músculo esquelético, algunas fibras cercanas mostraron signos claros de degeneración y necrosis.

A nivel intersticial, se evidenció un infiltrado inflamatorio multifocal moderado compuesto por células mononucleares, incluyendo linfocitos, células plasmáticas

macrófagos. Esta respuesta inflamatoria y se localizó, en varios campos, circunscrita periféricamente a los quistes, sugiriendo una respuesta inmune localizada frente al parásito.

Mediante observación microscópica con objetivo 4×, se contabilizó un promedio de 2.4 quistes por campo, lo que indicaría una miositis parasitaria.

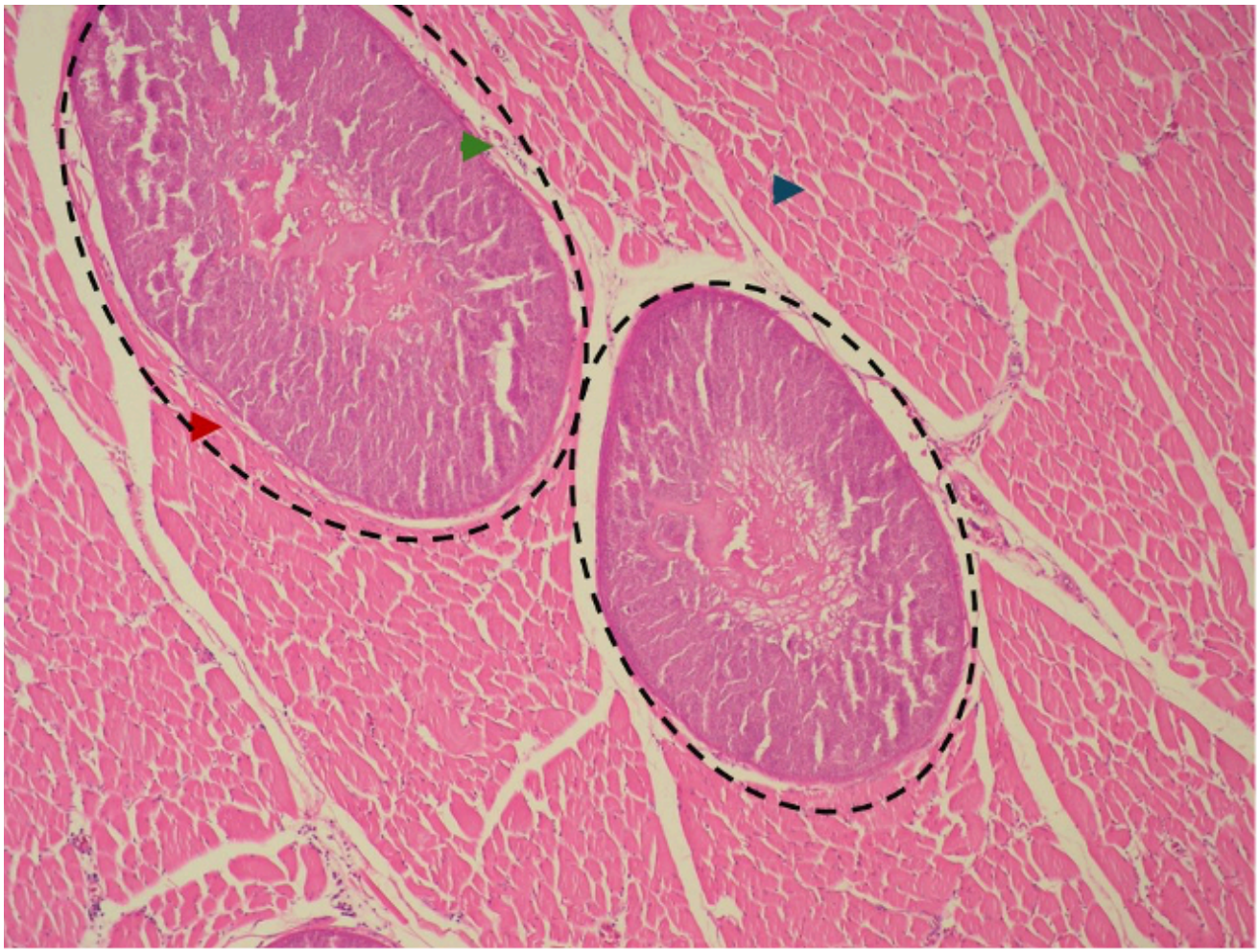


Figura 1. Corte transversal de músculo esquelético de *D. autumnalis* teñido con hematoxilina y eosina observado microscópicamente a 4x. Se observan quistes de *Sarcocystis* sp. (líneas punteadas negras), fibras musculares atrofiadas periféricas a los quistes con zonas necróticas (cabeza de flecha roja), moderado infiltrado multifocal de células mononucleares (cabeza de flecha verde) y tejido muscular sano (cabeza de flecha azul).

Discusión

En el presente estudio se reporta la infección de parásitos *Sarcocystis* sp. en el músculo esquelético de patos *D. autumnalis*, los parásitos fueron identificados de acuerdo a características reportadas por Dubey et al., (2003) y Kutkiene et al., (2011). Los hallazgos histológicos destacan una miositis parasitaria con infiltrado inflamatorio. La presencia de los quistes en los músculos utilizados en la locomoción puede causar una reducción en la capacidad del vuelo, afectando aspectos como la migración de las especies afectadas, volviéndose más débiles y probables de ser depredados (Prakas et al., 2023).

En estudios previos reportaron la presencia (11%) de *S. rileyi* en *A. clypeata* provenientes de la zona centro de Sinaloa, cuya secuencia fue depositada en GenBank (Código de acceso: HQ003713.1) (Xochilth et al., 2010).

La baja ocurrencia del parásito en la especie explorada (1.61%) puede obedecer a sus hábitos principalmente granívoros (Farías-Rivero et al., 2022), en comparación otras especies que se alimentan en el fondo de los humedales, por lo que presentan mayor riesgo de infección (Bell et al., 2025).

Una de las posibles repercusiones de la infección por *Sarcocystis* es en el turismo cinegético, que representa una fuente de ingresos en México, aportando en el desarrollo regional especialmente en el ámbito rural (REDES, 2002). De la demanda nacional de cintillos, Sinaloa contribuye en promedio con un 5% lo equivalente a $469, 493.00 pesos mexicanos por año, de los grupos con mayor demanda son los patos y cercetas (Avendaño Acevedo, 2022). Como se señaló anteriormente, la presencia de quistes por *Sarcocystis* sp., provoca un deterioro en funciones fisiológicas claves, alteraciones que podrían reducir el tamaño y la integridad de las parvadas, disminuyendo la disponibilidad de individuos viables y, por lo tanto, la cantidad de cintillos permitidos en las áreas de aprovechamiento (Tuggle 1987; Muir et al., 2020; Prakas et al., 2023).

Es importante continuar con las investigaciones en otros anátidos presentes en la región, además de esclarecer el origen del ciclo biológico de *Sarcocystis*, además de utilizar métodos moleculares para la identificación precisa de la especie de parásito, de tal manera, se aportaría evidencia sobre el elenco de hospedadores que participan en el ciclo de vida de *Sarcocystis* en la región.

Conclusiones

Este es el primer reporte de la infección de *Sarcocystis* sp. en patos *D. autumnalis*, las lesiones histopatológicas corresponden principalmente infiltrados inflamatorios alrededor de los quistes, atrofia y degeneración en las fibras musculares causadas por los sarcos-poridios. Así mismo los hallazgos de este estudio sugieren el establecimiento del ciclo biológico de *Sarcocystis* sp. en la región.

Agradecimientos

Extendemos nuestra expresión de gratitud a la Asociación de Organizadores y Guías Cinegéticos de Sinaloa A.C. por la donación de los ejemplares para realizar el estudio.

Referencias

1. Aguirre, A. A., Quan, T. J., Cook, R. S., y McLean, R. G. 1992. Cloacal flora isolated from wild black-bellied whistling ducks (Dendrocygna autumnalis) in Laguna La Nacha, Mexico. *Avian Diseases*, 36(2), 459–462. https://doi.org/10.2307/1591530

2. Avendaño-Acevedo, E. 2022. Unidades de manejo para la conservación de vida silvestre en Sinaloa, México [Tesina de maestría tecnológica, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4916/Avendano_Acevedo_E_MT_CF_Manejo_Sustentable_Bosques_2022.pdf

3. Bell, J. A., Bell, L. E., Achatz, T. J., Bates, K., White, R. D., Tkach, V. V. 2025. Haemosporidian infection risk and community structure determined by duck feeding guild. *Parasitology*. Feb;152(2):217-228. doi: 10.1017/S0031182025000137. PMID: 39957516; PMCID: PMC12089446.

4. Box, E. D., y Smith, J. H. 1982. The intermediate host spectrum in a Sarcocystis species of birds. *The Journal of Parasitology*, 68(4), 668–673. https://doi.org/10.2307/3280926

5. Burcham, G. N., Ramos-Vara, J. A., y Vemulapalli, R. 2010. Systemic sarcocystosis in a striped skunk (Mephitis mephitis). *Veterinary Pathology*, 47(3), 560–564. https://doi.org/10.1177/0300985810363720

6. Burcham, G. N., Ramos-Vara, J. A., y Vemulapalli, R. 2010. Systemic sarcocystosis in a striped skunk (Mephitis mephitis). *Veterinary Pathology*, 47(3), 560–564. https://doi.org/10.1177/0300985810363720

7. Cawthorn, R. J., Rainnie, D., y Wobeser, G. 1981. Experimental transmission of Sarcocystis sp. (Protozoa: Sarcocystidae) between the shoveler (Anas clypeata) duck and the striped skunk (Mephitis mephitis). *Journal of Wildlife Diseases*, 17(3), 389–394. https://doi.org/10.7589/0090-3558-17.3.38 9

8. Dubey, J. P. 2003. Review of Sarcocystis spp. of domestic animals and of other coccidia of cats and dogs. *Veterinary Parasitology*, 115(2), 191–231. https://doi.org/10.1016/S0304-4017(03)00261-4

9. Dubey, J. P., y Rosenthal, B. M. 2010. Sarcocystosis in animals. En G. M. Taylor., R. Calero-Bernal., B. M. Rosenthal., y J. P. Dubey (Eds.), *Sarcocystosis of animals and humans* (2nd ed., pp. 1–501). CRC Press.

10. Dubey, J. P., Rosenthal, B. M., y Felix, T. A. 2010. Morphologic and molecular characterization of the sarcocysts of *Sarcocystis rileyi* (Apicomplexa: Sarcocystidae) from the mallard duck (*Anas*

platyrhynchos). *Journal of Parasitology*, 96(4), 765–770. https://doi.org/10.1645/GE-2413.1

11. Dubey, J. P., et al. 2016. Sarcocystosis of animals and humans (2nd ed.). CRC Press.

12. Farías-Rivero, N. A., Ramírez-Barajas, P. J., Cedeño-Vázquez, J. R., Sánchez-Sánchez, J., Asselin-Nguyen, A., Macario-Mendoza, P. A., y Tuz-Novelo, M. 2022. Cambios en la diversidad de aves ante la perturbación de hábitats del sur de Quintana Roo, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 38, e3812462. https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812462

13. Galaviz, X. 2010. Incidencia e identificación taxonómica de parásitos del género Sarcocystis en anátidos silvestres en el estado de Sinaloa [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Sinaloa]. Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa.

14. Gondim, L. F. P., Soares, R. M., Moré, G., de Jesus, R. F., y Llano, H. A. B. 2021. Sarcocystis neurona and related Sarcocystis spp. shed by opossums (Didelphis spp.) in South America. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 30(3), 1–22. https://doi.org/10.1590/S1984-29612021059

15. Kutkienė, L., Prakas, P., Butkauskas, D., Sruoga, A., y Žalakevičius, M. 2009. Description of Sarcocystis anasi sp. nov. and Sarcocystis albifronsi sp. nov. in birds of the order Anseriformes. *Parasitology Research*, 104(2), 329–336. https://doi.org/10.1007/s00436-008-1211-6

16. Kutkienė, L., Prakas, P., Sruoga, A., y Butkauskas, D. 2010. *Sarcocystis wobeseri* sp. nov in the barnacle goose (*Branta leucopsis*): Evidence of a new species based on ultrastructural and molecular data. Parasitology Research, 106(4), 923–930. https://doi.org/10.1007/s00436-009-1716-9

17. Muir, A., Ellis, M., Blake, D.P., Chantrey J., Strong, E.A., Reeves, J.P., Cromie, R.L. 2020. Sarcocystis rileyi in UK free-living wildfowl (Anatidae): surveillance, histopathology and first molecular characterisation. *Vet Rec*. Feb 15;186(6):186. Doi: 10.1136/vr.105638. Epub 2019 Oct 9. PMID: 31597696.

18. Olias, P., Gruber, A. D., Heydorn, A. O., Kohls, A., Mehlhorn, H., Hafez, H. M., y Lierz, M. 2009. A novel Sarcocystis-associated encephalitis and myositis in racing pigeons. *Avian Pathology*, 38(2), 121–128. https://doi.org/10.1080/03079450902728245

19. Padilla-Aguilar, P., Romero-Callejas, E., Osorio-Sarabia, D., Ramírez-Lezama, J., Cigarroa-Toledo, N., Machain-Williams, C., Manterola, C., y Zarza, H. 2016. Detection and molecular identification of Sarcocystis rileyi (Apicomplexa: Sarcocystidae) from a Northern Shoveler (Anas clypeata) in Mexico. *Journal of Wildlife Diseases*, 52(4), 931–935. https://doi.org/10.7589/2016-01-004

20. Prakas, P., Juozaitytė-Ngugu, E., Stankevičiūtė, J., Vaitkevičiūtė, R., y Butkauskas, D. 2024. The possible link between venison poisoning and *Sarcocystis* spp. infection in Lithuania: A case report. *Veterinary Research Communications*, 49(3).

https://doi.org/10.1007/s11259-024-10571-1

21. Prakas, P., Stankevičiūtė, J., Švažas, S., Juozaitytė-Ngugu, E., Butkauskas, D., Vaitkevičiūtė-Balčė, R. 2023. *Sarcocystis* spp. Macrocysts Infection in Wildfowl Species in Eastern Baltic Region: Trends in Prevalence in 2011-2022. *Animals* (Basel). Sep 10;13(18):2875. doi: 10.3390/ani13182875. PMID: 37760275; PMCID: PMC10525337.

22. REDES Consultores. 2002. Estudio estratégico de viabilidad del segmento de turismo cinegético en México. Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR).
https://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/17118/mir/37853/anexo/1104961

23. Sambrook, J., Fritsch, E. F., y Maniatis, T. 1989. Molecular cloning: A laboratory manual (2nd ed.). *Cold Spring Harbor Laboratory Press*.

24. Tuggle, B.N., Sarcocystis. In: Friend, M., editor. Field Guide to Wildlife Diseases-General Field Procedures and Diseases of Migratory Birds. *United States Fish and Wildlife Service*; Washington, DC, USA: 1987. Resource Publication 167

25. Yang, Z.Q., Zuo, Y.X., Yao, Y.G., Chen, X.W., Yang, G.C., y Zhang, Y.P. 2001. Analysis of the 18S rRNA genes of Sarcocystis species suggests that the morphologically similar organisms from cattle and water buffalo should be considered the same species. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 115(2), 283–288.
https://doi.org/10.1016/S0166-6851(01)00283-3

NOTA BREVE

GENÓMICA INTEGRAL: DE LA CIENCIA BÁSICA A SU APLICACIÓN EN SECTORES ESTRATÉGICOS

INTEGRAL GENOMICS: FROM BASIC SCIENCE TO ITS APPLICATION IN STRATEGIC SECTORS

Andrea María Torres-Iribe* [1]
Orcid: 0009-0004-7416-4216
andreatorresiribe.fcqb@uas.edu.mx

Carlos Abraham Pérez-Herrera[1]
Orcid: 0009-0008-7922-1856
abraham.perez.fcqb@uas.edu.mx

[1]Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad Académica Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. C.P. 80013.

*Autor de correspondencia

Recibido: 25 de junio de 2024
Aceptado: 26 de junio de 2024

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

GENÓMICA INTEGRAL: DE LA CIENCIA BÁSICA A SU APLICACIÓN EN SECTORES ESTRATÉGICOS

INTEGRAL GENOMICS: FROM BASIC SCIENCE TO ITS APPLICATION IN STRATEGIC SECTORS

Andrea María Torres-Iribe y Carlos Abraham Pérez-Herrera

Resumen

La genómica es una disciplina integral que mediante el uso de nuevas tecnologías, permite abordar problemáticas ambientales, animales, agrícolas y humanas de importancia internacional.

Palabras clave: ambiente**,** genómica, producción, salud.

Abstract

Genomics is an integral discipline that, through the use of modern technologies, allows us to solve environmental, animal, agricultural and human concerns of global importance.

Keywords: environment, genomics, health, production.

En las últimas décadas, la genómica se ha consolidado como una disciplina esencial en las ciencias biológicas, transformando radicalmente la forma en que se estudian los organismos, la herencia y las enfermedades (Figura 1). A diferencia de la genética clásica, centrada en el análisis de genes individuales, la genómica aborda el estudio integral del genoma completo, permitiendo una comprensión sistémica de su estructura, función, evolución y regulación (Council, 2006; Weissenbach, 2016).

Genómica en salud ambiental

Es en ese contexto que la genómica ha abierto nuevas perspectivas para el diagnóstico, monitoreo y tratamiento de problemáticas ambientales (McDaniel et al., 2021). A través de enfoques como la metagenómica, donde es posible secuenciar directamente el material genético de comunidades microbianas presentes en entornos contaminados como aguas residuales, suelos o sedimentos sin necesidad de cultivo previo, lo que permite identificar tanto la diversidad microbiana como sus funciones ecológicas. Esta estrategia ha demostrado ser clave para detectar genes asociados a la biodegradación de compuestos tóxicos, así como para monitorear la presencia de microorganis-

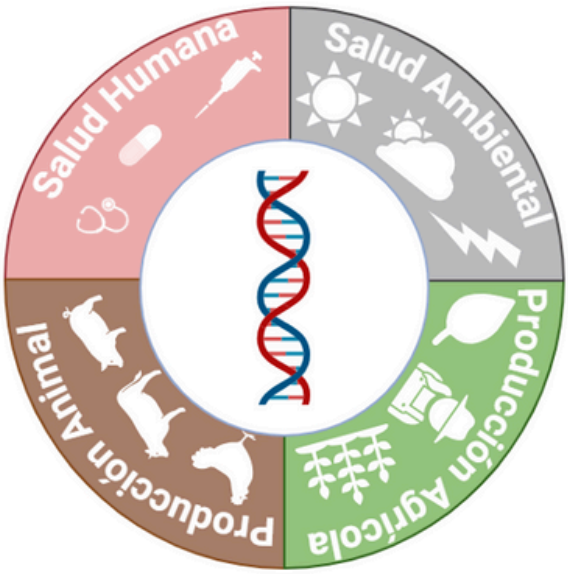


Figura 1. Enfoques integrales de la genómica. La genómica es una disciplina integral que abarca ámbitos ambientales, agrícolas, humanos y animales, resolviendo problemáticas en cada uno de estos sectores.

mos patógenos (Zhang et al., 2021).

Por otra parte, en el tratamiento de aguas residuales, se han implementado diversas estrategias basadas en tecnologías genómicas, como el uso de consorcios microbianos optimizados para la degradación de contaminantes específicos, la bioestimulación de microorganismos nativos, y la incorporación de herramientas de análisis multiómicos que permiten evaluar en tiempo real la eficiencia del proceso biológico; fortaleciendo así a los sistemas de vigilancia ambiental, permitiendo detectar alteraciones en la composición microbiana o la aparición de contaminantes emergentes, y contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible del recurso hídrico (Czech et al., 2022; Kalvapalle et al., 2024).

Genómica en la producción

Otras áreas de oportunidades son la producción animal y agrícola. Anteriormente, estas se enfocaban en la detección de variantes génicas y la selección de individuos con atributos más favorables. Sin embargo, el mejoramiento de la producción requiere de un mejor entendimiento del funcionamiento genómico y su interacción con elementos ambientales (Rexroad et al., 2019).

A través del análisis detallado del ADN de plantas y animales, es posible identificar con precisión los genes responsables de características clave como el rendimiento, la resistencia a enfermedades, la tolerancia al estrés abiótico o al estrés biótico, así como la calidad nutricional (Esposito et *al*., 2016).

Este conocimiento ha impulsado estrategias más eficientes para el mejoramiento genético, generando un impacto directo en la productividad y sostenibilidad del sector agroalimentario (Chachar et al., 2024).

Tecnologías como la secuenciación masiva (NGS), los estudios de asociación genómica (GWAS) y la selección genómica asistida han acelerado significativamente los programas de mejoramiento genético (Figura 2). Esto ha permitido acortar los ciclos de selección y aumentar la eficiencia en la obtención de variedades más adaptadas a los retos ambientales y las necesidades del mercado (Esposito et al., 2016).

Complementariamente, la genómica ha sido clave para el desarrollo de la agricultura de precisión al integrar datos genéticos con sensores, sistemas de geolocalización y análisis de big data. Esto ha permitido tomar decisiones informadas sobre el uso de fertilizantes, el riego y el control de plagas, así como optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental (Chao et al., 2023; Tyagi et al., 2024).

Genómica en la salud humana

Este enfoque integrativo ha llegado a trascender al ámbito de las enfermedades enfermedades zoonóticas. En ese contexto o, el manejo y la prevención re-

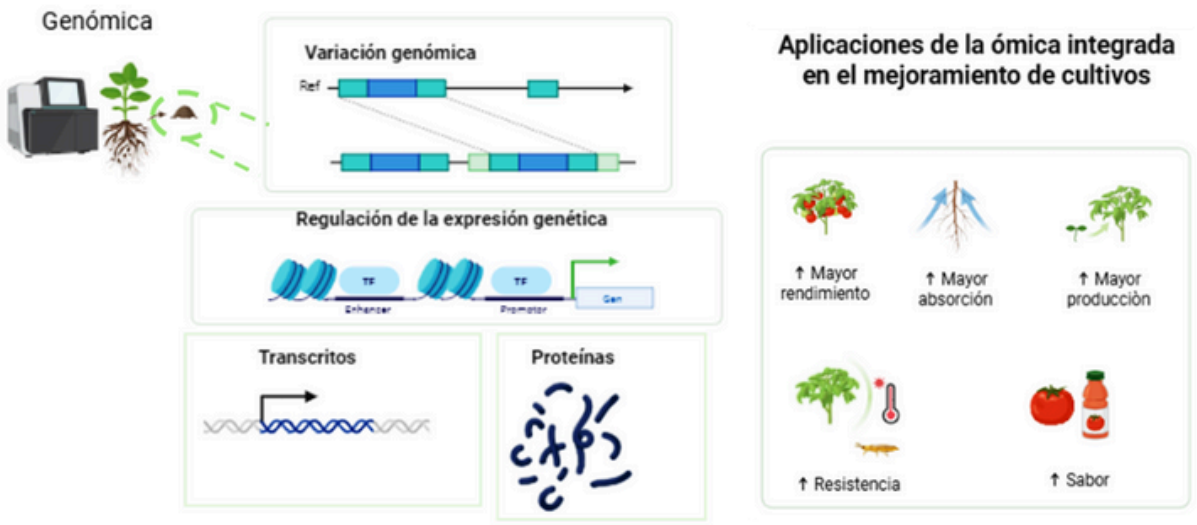


Figura 2. Aplicación de enfoques ómicos para el mejoramiento de cultivos. La genómica permite identificar variantes genéticas, patrones de regulación y moléculas como transcritos y proteínas para, a partir de ellos, mejorar el rendimiento, absorción, producción, resistencia y sabor de los cultivos.

quiere del desarrollo de enfoques multidisciplinarios como el de Una Sola Salud, el cual busca reconocer que la salud animal y la salud humana están interconectadas entre sí y con la salud ambiental (Catalano et al., 2024; Davis et al., 2017). Los patógenos zoonóticos resaltan la importancia de la integración de estos sectores (Catalano et al., 2024; OMS, 2019). Afortunadamente, las tecnologías de secuenciación se han vuelto más rápidas y accesibles, lo que permite estimar procesos epidemiológicos en un corto periodo de tiempo y detectar patógenos de manera más precisa (Catalano et al., 2024; Goodwin et al., 2016).

Estos avances tecnológicos también han impactado a la salud pública, donde el componente genético ha adquirido especial relevancia (Wilkinson et al., 2011). Los avances en genómica han permitido comprender con mayor profundidad cómo las interacciones entre genes humanos, así como su relación con el ambiente, afectan la salud de los individuos (Molster et al., 2018). Particularmente, hoy es posible elucidar la patogénesis de enfermedades mediante la identificación de genes involucrados, variantes génicas, patrones de expresión e interacciones ambientales (Burke et al., 2010; Knoppers et al., 2010); calcular el riesgo a desarrollar diferentes patologías mediante la identificación de variantes genéticas asociadas (Rogowski et al., 2009; Wilkinson et al., 2011); diagnosticar enfer-

medades mediante biomarcadores moleculares (He et al., 2020), y mejorar la prevención mediante una identificación de patógenos más rápida y precisa (Lecuit & Eloit, 2015).

Tendencias futuras y limitaciones en la investigación genómica

Los avances en genómica están redefiniendo áreas clave como la salud, la producción agroalimentaria y la gestión ambiental. En los próximos años, se prevé una mayor convergencia entre esta disciplina y herramientas como la inteligencia artificial, las tecnologías ómicas y el análisis masivo de datos.

Esta sinergia facilitará el procesamiento eficiente de información genética, por lo que se espera una transformación significativa en campos como la medicina personalizada, la agricultura de precisión y el monitoreo ambiental, impulsando decisiones más rápidas, informadas y adaptadas a necesidades específicas.

No obstante, estos avances también enfrentan diversas limitaciones que deben ser atendidas. Las existentes barreras éticas, legales y sociales, como la infraestructura tecnológica, la falta de personal especializado, la protección de la información genética, la equidad en el acceso a tecnologías avanzadas y el consentimiento sobre el uso de datos genómicos limita la implementación de soluciones genómicas.

Finalmente, la reproducibilidad entre estudios se puede ver comprometida por falta de estandarización metodológica y reportes de datos genómicos. Es por ello que es sumamente importante fomentar el desarrollo de nuevos marcos normativos, colaboraciones interdisciplinarias y políticas públicas que promuevan un desarrollo ético y sostenible de la investigación genómica en diferentes sectores estratégicos.

Referencias

1. Burke, W., Burton, H., Hall, A. E., Karmali, M., Khoury, M. J., Knoppers, B., Meslin, E. M., Stanley, F., Wright, C. F., y Zimmern, R. L. 2010. Extending the reach of public health genomics: what should be the agenda for public health in an era of genome-based and "personalized" medicine?. *Genet Med*, 12(12), 785-791. https://doi.org/10.1097/GIM.0b013e3182011222

2. Catalano, S., Battelli, F., Traore, Z. I., Raghwani, J., Faust, C. L., y Standley, C. J. 2024. Pathogen genomics and One Health: A scoping review of current practices in zoonotic disease research. *IJID One Health*, 4, 100031. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijidoh.2024.100031

3. Chachar, Z., Fan, L., Chachar, S., Ahmed, N., Narejo, M.-u.-N., Ahmed, N., Lai, R., y Qi, Y. 2024. Genetic and Genomic Pathways to Improved Wheat (Triticum aestivum L.) Yields: A Review. *Agronomy*, 14(6), 1201. https://www.mdpi.com/2073-4395/14/6/1201

4. Chao, H., Zhang, S., Hu, Y., Ni, Q., Xin, S., Zhao, L., Ivanisenko, V. A., Orlov, Y. L., y Chen, M. 2023. Integrating omics databases for enhanced crop breeding. Journal of Integrative Bioinformatics, 20(4). https://doi.org/doi:10.1515/jib-2023-0012

5. Council, N. R. 2006. Review of the Department of Energy's Genomics: GTL Program. *The National Academies Press*. https://doi.org/doi:10.17226/11581

6. Czech, L., Stamatakis, A., Dunthorn, M., y Barbera, P. 2022. Metagenomic Analysis Using Phylogenetic Placement—A Review of the First Decade [Review]. *Frontiers in Bioinformatics*, Volume 2 - 2022. https://doi.org/10.3389/fbinf.2022.871393

7. Davis, M. F., Rankin, S. C., Schurer, J. M., Cole, S., Conti, L., Rabinowitz, P., Gray, G., Kahn, L., Machalaba, C., Mazet, J., Pappaioanou, M., Sargeant, J., Thompson, A., Weese, S., y Zinnstag, J. 2017. Checklist for One Health Epidemiological Reporting of Evidence (COHERE) *One Health*, 4, 14-21. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2017.07.001

8. Esposito, A., Colantuono, C., Ruggieri, V., y Chiusano, M. L. 2016. Bioinformatics for agriculture in the Next-Generation sequencing era. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 3(1), 9. https://doi.org/10.1186/s40538-016-0054-8

9. Goodwin, S., McPherson, J. D., y McCombie, W. R. 2016. Coming of age: ten years of next-generation sequencing technologies. *Nature Reviews Genetics*, 17(6), 333-351. https://doi.org/10.1038/nrg.2016.49

10. He, B., Zhao, Z., Cai, Q., Zhang, Y., Zhang, P., Shi, S., Xie, H., Peng, X., Yin, W., Tao, Y., y Wang, X. 2020. miRNA-based biomarkers, therapies, and resistance in Cancer. *Int J Biol Sci*, 16(14), 2628-2647. https://doi.org/10.7150/ijbs.47203

11. Kalvapalle, P. B., Sridhar, S., Silberg, J. J., y Stadler, L. B. 2024. Long-duration environmental biosensing by recording analyte detection in DNA using recombinase memory. Applied and *Environmental Microbiology*, 90(4), e02363-02323. https://doi.org/doi:10.1128/aem.02363-23

12. Knoppers, B. M., Leroux, T., Doucet, H., Godard, B., Laberge, C., Stanton-Jean, M., Fortin, S., Cousineau, J., Monardes, C., Girard, N., Levesque, L., Durand, C., Farmer, Y., Dion-Labrie, M., Bouthillier, M. E., y Avard, D. 2010. Framing genomics, public health research and policy: points to consider. Public Health Genomics, 13(4), 224-234. https://doi.org/10.1159/000279624

13. Lecuit, M., y Eloit, M. 2015. The potential of whole genome NGS for infectious disease diagnosis. *Expert Rev Mol Diagn*, 15(12), 1517-1519. https://doi.org/10.1586/14737159.2015.1111140

14. McDaniel, E. A., Wahl, S. A., Ishii, S., Pinto, A., Ziels, R., Nielsen, P. H., McMahon, K. D., y Williams, R. B. H. 2021. Prospects for multi-omics in the microbial ecology of water engineering. *Water Res*, 205, 117608.
https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117608

15. Molster, C. M., Bowman, F. L., Bilkey, G. A., Cho, A. S., Burns, B. L., Nowak, K. J., y Dawkins, H. J. S. 2018. The Evolution of Public Health Genomics: Exploring Its Past, Present, and Future. *Front Public Health*, 6, 247.
https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00247

16. Organización Mundial de la Salud. 2019. Taking a multisectoral one health approach: a tripartite guide to addressing zoonotic diseases in countries. Food & Agriculture Org.

17. Rexroad, C., Vallet, J., Matukumalli, L. K., Reecy, J., Bickhart, D., Blackburn, H., Boggess, M., Cheng, H., Clutter, A., Cockett, N., Ernst, C., Fulton, J. E., Liu, J., Lunney, J., Neibergs, H., Purcell, C., Smith, T. P. L., Sonstegard, T., Taylor, J., Wells, K. 2019. Genome to Phenome: Improving Animal Health, Production, and Well-Being – A New USDA Blueprint for Animal Genome Research 2018–2027 [Policy and Practice Reviews]. *Frontiers in Genetics*, Volume 10 - 2019.
https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00327

18. Rogowski, W. H., Grosse, S. D., y Khoury, M. J. 2009. Challenges of translating genetic tests into clinical and public health practice. *Nat Rev Genet*, 10(7), 489-495. https://doi.org/10.1038/nrg2606

19. Tyagi, A., Mir, Z. A., Almalki, M. A., Deshmukh, R., y Ali, S. 2024. Genomics-Assisted Breeding: A Powerful Breeding Approach for Improving Plant Growth and Stress Resilience. *Agronomy*, 14(6), 1128. https://www.mdpi.com/2073-4395/14/6/1128

20. Weissenbach, J. 2016. The rise of genomics. Comptes Rendus. *Biologies*, 339(7-8), 231-239.
https://doi.org/10.1016/j.crvi.2016.05.002

21. Wilkinson, J. R., Ells, L. J., Pencheon, D., Flowers, J., y Burton, H. 2011. Public health genomics: the interface with public health intelligence and the role of public health observatories. *Public Health Genomics*, 14(1), 35-42. https://doi.org/10.1159/000294170

22. Zhang, L., Chen, F., Zeng, Z., Xu, M., Sun, F., Yang, L., Bi, X., Lin, Y., Gao, Y., Hao, H., Yi, W., Li, M., y Xie, Y. 2021. Advances in Metagenomics and Its Application in Environmental Microorganisms [Review]. *Frontiers in Microbiology*, Volume 12 - 2021.
https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.766364

Instrucciones para autores

Estimado usuario, a continuación compartimos el link del documento extenso con las instrucciones para autores, donde se describe los lineamientos que deben contar los trabajos, dependiendo el tipo de texto.

https://drive.google.com/file/d/1kSjMfVWYCatkDE3OADwZjmz0OqP9gYVn/view?usp=sharing

Recuerda que para cargar los archivos es necesario darte de alta como usuario en la plataforma de la revista:

https://revistas.uas.edu.mx/index.php/ACBIOMEX/login

acbiomex@uas.edu.mx
maquetacionacbiomex@uas.edu.mx

Acta Biológica Mexicana
revistas.uas.edu.mx