

**Micro minerales en hígado de
Ovis canadensis mexicana Merriam,
y *Odocoileus hemionus eremicus* Mearns
en Sonora, México**

pág. 59

Año 13 • Volumen 13 • Número 6 • junio, 2020

La avifauna de la región de las Altas Montañas de Veracruz, México 3

Diversidad de aves de un paisaje semiárido del Altiplano Mexicano 27

Metodologías para estimar calidad de hábitat de fauna silvestre: revisión y ejemplos 37

Avances científicos del búho manchado mexicano (*Strix occidentalis lucida* Nelson) 43

Composición de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Mearns) identificada en contenido ruminal en Coahuila, México 49

Impacto económico del turismo cinegético en unidades de manejo (UMA) en el Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México 55

y más artículos de interés...

3	Birds of "Altas Montañas" region of Veracruz, Mexico / La avifauna de la región de las Altas Montañas de Veracruz, México
27	Bird diversity in a semi-arid landscape of the Mexican Altiplano / Diversidad de aves de un paisaje semiárido del Altiplano Mexicano
37	Methodologies for estimating wildlife habitat quality: review and examples / Metodologías para estimar calidad de hábitat de fauna silvestre: revisión y ejemplos
43	Scientific advances of the Mexican spotted owl (<i>Strix occidentalis lucida</i> Nelson) / Avances científicos del búho manchado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i> Nelson)
49	Diet composition of white-tailed deer (<i>Odocoileus virginianus texanus</i> Mearns) identified in ruminal content in Coahuila, Mexico / Composición de la dieta del venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus texanus</i> Mearns) identificada en contenido ruminal en Coahuila, México
55	Economic impact of hunting tourism on management units (UMA) in the Natural Protected Area Sierra Fría, Aguascalientes, Mexico / Impacto económico del turismo cinegético en unidades de manejo (UMA) en el Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México
59	Micro minerals in the liver of <i>Ovis canadensis mexicana</i> Merriam and <i>Odocoileus hemionus eremicus</i> Mearns in Sonora, Mexico / Micro minerales en hígado de <i>Ovis canadensis mexicana</i> Merriam, y <i>Odocoileus hemionus eremicus</i> Mearns en Sonora, México
65	Importance of natural protected areas for the conservation of terrestrial mammals in southern sierra Madre Oriental, San Luis Potosí, Mexico / Importancia de las áreas naturales protegidas para la conservación de mamíferos terrestres en el sur de la sierra Madre Oriental, San Luis Potosí, México
71	Genetic variability of <i>Liometopum apiculatum</i> Mayr (Hymenoptera: Formicidae) as a conservation measure in Mexico / Variabilidad genética de <i>Liometopum apiculatum</i> Mayr (Hymenoptera: Formicidae) como una medida de conservación en México
77	Physicochemical and protein analysis of grasshopper paste (<i>Sphenarium purpurascens</i> Charpentier) / Análisis fisicoquímico y proteínico de la pasta de chapulín (<i>Sphenarium purpurascens</i> Charpentier)
85	Role of fecundity genes in ovulation rate and litter size in sheep / Función de genes de la fecundidad en tasa ovulatoria y tamaño de la camada en ovejas
93	Costs and competitiveness in swine training farms in two communities in Mexico / Costos y competitividad en granjas porcinas de traspatio en dos comunidades de México
99	Potential impacts of dry SO ₂ deposition on crop yields in Mexico; a national scale approach / Impactos potenciales de depósitos secos de SO ₂ en rendimientos de cultivos en México; una aproximación a escala nacional
107	Effect of transport on welfare indicators in beef cattle; an analysis / Efecto del transporte en los indicadores de bienestar en bovinos productores de carne; un análisis
113	Ximena, variety of poinsettia (<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch) to decorate indoor spaces / Ximena, variedad de nochebuena (<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch) para decorar espacios de interior

Comité Científico

Dr. Giuseppe Colla
University of Tuscia, Italia
ORCID: 0000-0002-3399-3622

Dra. Magaly Sánchez de Chial
Universidad de Panamá, Panamá
ORCID: 0000-0002-6393-9299

Dra. Maritza Escalona
Universidad de Ciego de Ávila, Cuba
ORCID: 0000-0002-8755-6356

Dr. Kazuo Watanabe
Universidad de Tsukuba, Japón
ORCID: 0000-0003-4350-0139

Dra. Ryoko Machida Hirano
Organización Nacional de Investigación en Agricultura y Alimentación (NARO-Japón)
ORCID: 0000-0002-7978-0235

Dr. Ignacio de los Ríos Carmenado
Universidad Politécnica de Madrid, España
ORCID: 0000-0003-2015-8983

Dra. María de Lourdes Arévalo Galarza
Colegio de Postgraduados, México
ORCID: 0000-0003-1474-2200

Dra. Libia Iris Trejo Téllez
Colegio de Postgraduados, México
ORCID: 0000-0001-8496-2095

Comité Editorial

Dr. Rafael Rodríguez Montessoro[†] — *Director Fundador*
Dr. Jorge Cadena Iñiguez — *Editor en Jefe*
Dr. Fernando Carlos Gómez Merino — *Editor de sección*
Dr. Ángel Bravo Vinaja — *Curador de metadatos*
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval — *Asistente*
M.C. María Isabel Iñiguez Luna — *Asistente*
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias — *Diagramador*
Lic. Hannah Infante Lagarda — *Filólogo*
Biól. Valeria J. Gama Ríos — *Traductor*
Téc. Mario Alejandro Rojas Sánchez — *Diseñador*

Directrices para Autores/as

Naturaleza de los trabajos: Las contribuciones que se reciban para su eventual publicación deben ser resultados originales derivados de un trabajo académico de alto nivel sobre los tópicos presentados en la sección de temática y alcance de la revista.

Extensión y formato: Los artículos deberán estar escritos en procesador de textos, con una extensión de 15 cuartillas, tamaño carta con márgenes de 2.5 centímetros, Arial de 12 puntos, interlineado doble, sin espacio entre párrafos. Las páginas deberán estar foliadas desde la primera hasta la última en el margen inferior derecho. La extensión total incluye abordaje textual, bibliografía, gráficas, figuras, imágenes y todo material adicional. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las secciones principales del artículo deberán escribirse en mayúsculas, negritas y alineadas a la izquierda. Los subtítulos de las secciones se escribirán con mayúsculas sólo la primera letra, negritas y alineadas a la izquierda.

Exclusividad: Los trabajos enviados a Agro Productividad deberán ser inéditos y sus autores se comprometen a no someterlos simultáneamente a la consideración de otras publicaciones; por lo que es necesario adjuntar este documento: Carta de originalidad.

Frecuencia de publicación: Cuando un autor ha publicado en la revista como autor principal o de correspondencia, deberá esperar tres números de ésta para publicar nuevamente como autor principal o de correspondencia.

Idiomas de publicación: Se recibirán textos en español con títulos, resúmenes y palabras clave en español e inglés.

ID Autores: El nombre de los autores se escribirán comenzando con el apellido o apellidos unidos por guion, sólo las iniciales del nombre, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Es indispensable que todos y cada uno de los autores proporcionen su número de identificador normalizado ORCID, para mayor información ingresar a (<https://orcid.org>).

Institución de adscripción: Es indispensable señalar la institución de adscripción y país de todos y cada uno de los autores, indicando exclusivamente la institución de primer nivel, sin recurrir al uso de siglas o acrónimos. Se sugiere recurrir al uso de la herramienta wayta (<http://wayta.scielo.org/>) de Scielo para evitar el uso incorrecto de nombres de instituciones.



Año 13, Volumen 13, Número 6, junio 2020, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 30 de junio de 2020.

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

Contacto principal

8 Jorge Cadena Iñiguez
📍 Guerrero 9, esquina avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.
✉ agroproductividadeditor@gmail.com

Contacto de soporte

8 Soporte
☎ 01(595) 928 4703
✉ agroproductividadesoporte@gmail.com

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Anonimato en la identidad de los autores: Los artículos no deberán incluir en ni en cuerpo del artículo, ni en las notas a pie de página ninguna información que revele su identidad, esto con el fin de asegurar una evaluación anónima por parte de los pares académicos que realizarán el dictamen. Si es preciso, dicha información podrá agregarse una vez que se acredite el proceso de revisión por pares.

Estructura de los artículos: Los artículos incluirán los siguientes elementos: Título, title, autores y adscripción, abstract, keywords, resumen, palabras clave, introducción, objetivos, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones y literatura citada en formato APA.

Título: Debe ser breve y reflejar claramente el contenido, deberá estar escrito en español e inglés. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en itálicas. No deberá contener abreviaturas ni exceder de 20 palabras, se usará solo letras mayúsculas, en negritas, centrado y no llevará punto final.

Resumen y Abstract: Deberá integrarse un resumen en inglés y español (siguiendo ese orden), de máximo 250 palabras, donde se destaque obligatoriamente y en este orden: a) objetivo; b) diseño / metodología / aproximación; c) resultados; d) limitaciones / implicaciones; e) hallazgos/ conclusiones. El resumen no deberá incluir citas, referencias bibliográficas, gráficas ni figuras.

Palabras clave y Keywords: Se deberá incluir una lista de 3 a 5 palabras clave en español e inglés que permitan identificar el ámbito temático que aborda el artículo.

Introducción: Se asentará con claridad el estado actual del conocimiento sobre el tema investigado, su justificación e importancia, así como los objetivos del trabajo. No deberá ser mayor a dos cuartillas.

Materiales y Métodos: Se especificará cómo se llevó a cabo la investigación, incluyendo el tipo de investigación, diseño experimental (cuando se traten de investigaciones experimentales), equipos, substancias y materiales empleados, métodos, técnicas, procedimientos, así como el análisis estadístico de los datos obtenidos.

Resultados y Discusión: Puede presentarse en una sola sección. En caso de presentarse de forma separada, la discusión debe enfocarse a comentar los resultados (sin repetirlos), en términos de sus características mismas, su congruencia con la hipótesis planteada y sus semejanzas o diferencias con resultados de investigaciones similares previamente realizadas.

Conclusiones: Son la generalización de los resultados obtenidos; deben ser puntuales, claras y concisas, y no deben llevar discusión, haciendo hincapié en los aspectos nuevos e importantes de los resultados obtenidos y que establezcan los parámetros finales de lo observado en el estudio.

Agradecimientos: Son opcionales y tendrán un máximo de tres renglones para expresar agradecimientos a personas e instituciones que hayan contribuido a la realización del trabajo.

Cuadros: Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro. Se recomienda que los cuadros y ecuaciones se preparen con el editor de tablas y ecuaciones del procesador de textos.

Uso de siglas y acrónimos: Para el uso de acrónimos y siglas en el texto, la primera vez que se mencionen, se recomienda escribir el nombre completo al que corresponde y enseguida colocar la sigla entre paréntesis. Ejemplo: Petróleos Mexicanos (Pemex), después sólo Pemex.

Elementos gráficos: Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Las figuras deben numerarse

progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Figura 1. Título), y se colocarán en la parte inferior. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF O RAW. El autor deberá enviar 2 fotografías adicionales para ilustrar la página inicial de su contribución. Las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS).

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Citas bibliográficas: deberán insertarse en el texto abriendo un paréntesis con el apellido del autor, el año de la publicación y la página, todo separado por comas. Ejemplo (Zheng *et al.*, 2017). El autor puede introducir dos distintos tipos de citas:

Citas directas de menos de 40 palabras: Cuando se transcriben textualmente menos de 40 palabras, la cita se coloca entre comillas y al final se añade entre paréntesis el autor, el año y la página. Ejemplo:

Alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, (DOF, 2013), el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018 establece "Construir un nuevo rostro del campo sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo que garantice la seguridad alimentaria del país" (DOF, 2013).

Citas indirectas o paráfrasis: Cuando se interpretan o se comentan ideas que son tomadas de otro texto, o bien cuando se expresa el mismo contenido pero con diferente estructura sintáctica. En este caso se debe indicar el apellido del autor y el año de la referencia de donde se toman las ideas. Ejemplo:

Los bajos rendimientos del cacao en México, de acuerdo con Avendaño *et al.* (2011) y Hernández-Gómez *et al.* (2015); se debe principalmente a la edad avanzada de las plantaciones.

Las referencias bibliográficas: al final del artículo deberán indicarse todas y cada una de las fuentes citadas en el cuerpo del texto (incluyendo notas, fuentes de los cuadros, gráficas, mapas, tablas, figuras etcétera). El autor(es) debe revisar cuidadosamente que no haya omisiones ni inconsistencias entre las obras citadas y la bibliografía. Se incluirá en la lista de referencias sólo las obras citadas en el cuerpo y notas del artículo. La bibliografía deberá presentarse estandarizada recurriendo a la norma APA, ordenarse alfabéticamente según los apellidos del autor.

De haber dos obras o más del mismo autor, éstas se listan de manera cronológica iniciando con la más antigua. Obras de un mismo autor y año de publicación se les agregará a, b, c... Por ejemplo:

Ogata N. (2003a).
Ogata N. (2003b).

Artículo de revista:

Wang, P., Zhang, Y., Zhao, L., Mo, B., & Luo, T. (2017). Effect of Gamma Rays on *Sophora davidii* and Detection of DNA Polymorphism through ISSR Marker [Research article]. <https://doi.org/10.1155/2017/8576404>

Libro:

Turner J. (1972). Freedom to build, dweller control of the housing process. New York: Macmillan.

Uso de gestores bibliográficos: Se dará prioridad a los artículos enviados con la bibliografía gestionada electrónicamente, y presentada con la norma APA. Los autores podrán recurrir al uso de cualquier gestor disponible en el mercado (Reference Manager, Crossref o Mendeley entre otros), o de código abierto tal como Refworks o Zotero.

Birds of "Altas Montañas" region of Veracruz, Mexico

La avifauna de la región de las Altas Montañas de Veracruz, México

Alcántara-Salinas, Graciela^{1,2}; Román-Hernández, David²; Rivera-Hernández, Jaime E.²; Balderas-San Miguel, Osvaldo²; Vargas-Rueda, Abel F.²; Neri-Fajardo, Mara H. G.²; Real-Luna, Natalia¹; Pérez-Sato, Juan A.^{1*}; Escalante-Pliego, Patricia³

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946. ²Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S. C. Córdoba, Veracruz, México. C.P. 94500. ³Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México. C. P. 04510.

*Autor para correspondencia: pantonio@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To announce the ornithological richness of the High Mountains Region of Veracruz, Mexico, an overview of its situation, the activities carried out to encourage its knowledge, conservation, and the troubles faced

Design/methodology/approach: A bibliographic review, observations, and auditive records of birds were conducted *In situ*, in the nine types of vegetation encompassed in the region, added with the revision of National Collection of Birds from UNAM and CONABIO databases.

Results: We report 515 bird species, 119 are under risk, 79% were *In situ* records, and 21% from additional sources. 50 species have some endemism status, 14 have shown expansion in their distribution, 65.2% are residents and 34.8% have some migrant status. Finally, eight different problems affecting birds are here reported.

Limitations on study/implications: There are no *In situ* records of birds in 12 municipalities of the region due to a scarce relationship with authorities and lack of budget.

Findings/conclusions: The ornithological richness encompassing here holds 71.6% of the state. It is necessary to expand the monitoring effort in 12 municipalities where there are no bird data records. The region is ideal for avitourism, especially as it has the widest altitude gradient, not only in Mexico but in North and Central America.

Keywords: Ornithology, centre of Veracruz, problems, endemism, protected birds.

RESUMEN

Objetivo: Dar a conocer la riqueza ornitológica de la región de las Altas Montañas de Veracruz, México, un panorama de su situación y su problemática, así como las actividades que se están realizando para impulsar su conocimiento y conservación.

Diseño/metodología/aproximación: Se llevó a cabo una revisión bibliográfica, observaciones y registros auditivos de aves *In situ* por búsqueda intensiva, en los nueve tipos de vegetación presentes en la región, así como también se revisó la base de datos de CONABIO-aVerAves y la Colección Nacional de Aves de la UNAM.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 3-26.

Recibido: diciembre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.



Resultados: Se obtuvo una riqueza de 515 especies, de las cuales, el 79% fueron especies registradas *In situ* y el 21% de otras fuentes; 50 especies presentan algún estatus de endemismo, 14 muestran ampliación en su distribución, así como también se reportan ocho diferentes problemáticas que afectan a las aves. El 65.2% de las especies registradas se consideran residentes y el 34.8% muestran algún estatus de migración. Del total de especies, 119 se encuentran en alguna lista de especies en riesgo.

Limitaciones del estudio/implicaciones: No se cuenta con registros *In situ* de 12 de los municipios debido a la poca relación con las autoridades y la falta de presupuesto.

Conclusiones: La riqueza ornitológica de la región de las Altas Montañas abarca el 71.6% de las especies registradas para el estado de Veracruz. Los resultados indican que se debe ampliar el esfuerzo de monitoreo en 12 de 57 municipios de la región, donde no se tienen registros de datos ornitológicos. Por otra parte, tomando en cuenta esta gran riqueza de aves, la región tiene un alto potencial para el aviturismo, dado el amplio gradiente altitudinal que presenta, uno de los más amplios, no solo de México, sino de Norte y Centroamérica.

Palabras clave: Ornitología, centro de Veracruz, problemática, endemismo, aves protegidas

Para la región de las Altas Montañas de Veracruz, existen aportaciones ornitológicas históricas importantes, como las de François Sumichrast y Brewer (1869), quienes publicaron: "The geographical distribution of the native birds of the department of Vera Cruz", realizando también colectas de aves que fueron enviadas a museos de Estados Unidos y Europa. Por su parte, Mateo Botteri (Sclater, 1857) y Cox (1895), realizaron colectas de aves de los alrededores de Orizaba; de igual forma Lowery y Dalquest (1951), reportan colectas en Potrero, Paraje Nuevo y Ojo de Agua en el municipio de Amatlán de los Reyes y Presidio en el municipio de Tezonapa. Adicionalmente, Martínez-Gómez (1996) reporta ejemplares en museos de Cotorra Serrana Occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) y también de Chara Enana (*Cyanolyca nana*), colectados en Orizaba y Córdoba. Schalldach (2003), Gallardo-del Ángel y Aguilar-Rodríguez (2011), también mencionan registros y colectas efectuadas en el siglo XIX y a principios del siglo XX en Orizaba y Córdoba que corresponden a especies que su distribución no se presenta en esta región, por lo que podría tratarse de registros accidentales, o bien, que su distribución si haya llegado a la región, pero que actualmente han desaparecido por las transformaciones que se han dado en los hábitats; ejemplos de estas especies son el Colorín Pecho Canela (*Passerina amoena*), el Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) y el Águila Arpia (*Harpia harpyja*), entre otras.

Previo al presente trabajo, no existía ningún documento que tratara de la riqueza de especies de la

INTRODUCCIÓN

En México se han registrado 1,119 especies de aves, de las cuales, 194 tienen algún grado de endemismo, 106 endémicas, 43 cuasiendémicas y 45 semiendémicas (CONABIO, 2020a), lo cual coloca a nuestro país en el décimo primer lugar a nivel mundial en cuanto a riqueza de especies; específicamente para el estado de Veracruz se han registrado 719 especies de aves (Navarro *et al.*, 2014).

El estado de Veracruz cuenta con estudios ornitológicos desde 1941, ya que Loetscher (1941), en su tesis doctoral, reunió datos de diferentes investigadores y sus propios datos de campo, enlistando un total de 586 especies, teniendo así, la segunda lista anotada de especies de un estado de la República Mexicana, después del publicado por Griscom (1934) en Guerrero. Aunque el trabajo de Loetscher no es muy valorado en la actualidad debido a que anteriormente no se consideraba importante anotar localidades precisas en los ejemplares, por lo que mucha de la información de distribución de las especies no es exacta. Algunos años después, Lowery y Dalquest (1951), actualizaron el listado de las aves del estado de Veracruz, pues como se demostró por los estudios de Brodkorb (1943, 1948), Davis (1945), Traylor (1949) y Wetmore (1943, 1944), el estado aún tenía mucho por explorarse desde el punto de vista ornitológico. De esta manera y, a partir de tres colecciones hechas en diferentes localidades de Veracruz, Lowery y Dalquest (1951) contribuyeron con nuevos datos distribucionales, obteniendo 18 nuevos registros de 297 especies analizadas.

región de las Altas Montañas de Veracruz (RAMV) en su conjunto, solo existen algunos estudios puntuales, tales como: González-García et al. (2012), quienes reportan 157 especies en una mina en proceso de rehabilitación en Ixtaczoquitlán, Veracruz. El Programa de Manejo del Parque Nacional Pico de Orizaba (CONANP, 2015), reporta 64 especies. Respecto a bases de datos en internet, en AvesMX (CONABIO, 2020a) se reportan 136 especies de aves para el Parque Nacional Pico de Orizaba y 217 especies para el Parque Nacional Cañón del Río Blanco (PNCRB). Por otra parte, en la región de estudio se encuentran tres AICAS (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves): Río Metlac, en donde se reportan 267 especies, Sierra de Zongolica, con 17 especies y Centro de Veracruz, la cual solo una parte está dentro de la RAMV, con 432 especies (Benítez et al., 1999; CONABIO, 2020a). Con todas estas referencias, en conjunto con una revisión de distribución de especies en Howell y Webb (1995), se obtuvo un listado potencial de 536 especies para la RAMV.

Por lo anterior, para verificar la existencia de ese número potencial de especies, además de identificar las problemáticas ambientales que hay en la región que afectan a las aves, se han realizado diversas actividades en torno al estudio y difusión del conocimiento de este grupo de vertebrados, por lo que este manuscrito ofrece una primera aproximación actualizada y más integral a la riqueza de aves de la región de las Altas Montañas de Veracruz, además de ofrecer información sobre la distribución y endemismo de estas especies, así como un panorama de la situación actual y las perspectivas futuras de su estudio y conservación. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer la riqueza ornitológica presente en la RAMV, para que sirva como información base para la toma de decisiones en materia de conservación de recursos naturales, además

de mostrar las diferentes problemáticas ambientales que las aves enfrentan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estado de Veracruz se divide políticamente en 10 regiones, una de ellas es la denominada región de las Altas Montañas (RAMV), la cual incluye 57 municipios (Inafed, 2010) y que corresponde al área de estudio de la presente investigación. Por su ubicación geográfica, esta región ha sido confundida en algunas ocasiones con la región Capital, sin embargo, la región de las Altas Montañas se ubica en el centro-sur del estado ($19^{\circ} 22' 41.29''$ N, $97^{\circ} 19' 59.42''$ W y $18^{\circ} 21' 53.57''$, $96^{\circ} 28' 47.10''$ W; 70-5560 msnm) y colinda al norte con la región Capital y con el estado de Puebla, al este con la región Sotavento, que corresponde a la planicie costera del Golfo, al sur con la región Papaloapan y con el estado de Oaxaca y al oeste con el estado de Puebla (Figura 1).

La región cubre una superficie de 6,053 km² e incluye dentro de su territorio una porción de la montaña más alta de México, el volcán Citlaltépetl, también conocido como Pico de Orizaba. Así mismo, resguarda Áreas Naturales Protegidas Federales: a) una parte del Parque Nacional Pico de Orizaba, b) el Parque Nacional Cañón

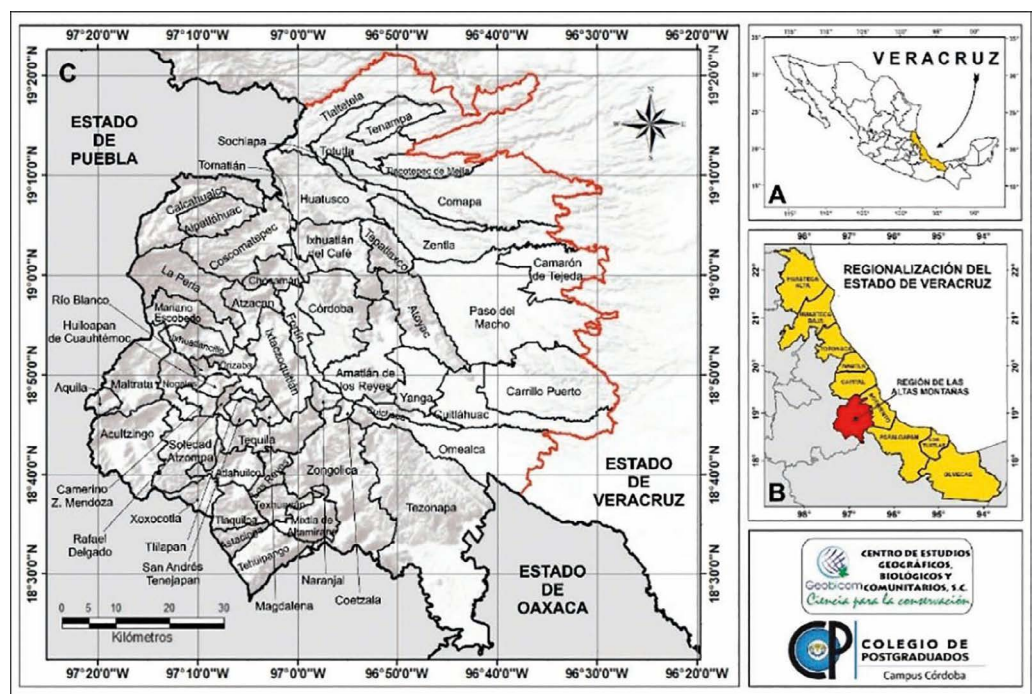


Figura 1. Ubicación de la región de las Altas Montañas de Veracruz. A. Estado de Veracruz como parte de la República Mexicana, B. Regiones del estado de Veracruz, destacando en rojo la Región de las Altas Montañas. C. Región de las Altas Montañas de Veracruz, con los municipios que le integran; la línea roja es la delimitación de la región de las Altas Montañas y las líneas negras son los límites municipales. Fuente: Inafed (2010).



del Río Blanco (PNCRB) y c) el Área Destinada Voluntariamente a la Conservación Reserva Ecológica Natural Cuenca Alta del Río Atoyac; también resguarda al Área Natural Protegida Estatal Metlac-Río Blanco. Así mismo, la región se encuentra en la intersección entre dos grandes regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, donde también convergen tres provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico (con dos subprovincias, lagos y Volcanes del Anáhuac y Chiconquiaco), la Sierra Madre del Sur (con la subprovincia Sierras Orientales) y la Llanura Costera del Golfo Sur (subprovincia Llanura Costera Veracruzana), por lo que en esta región confluyen especies propias tanto de altas montañas como especies tropicales de tierras bajas y especies tanto de bosques húmedos como de bosques secos (Rivera-Hernández, 2015). Por último, como ya se mencionó anteriormente, la región concentra tres Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) Río Metlac (categorías G-1 y G-2), Sierra de Zongolica (categoría MEX-1) y Centro de Veracruz (categoría G-1, G-2, G-3, G-4-D y NA-2) (Benítez *et al.*, 1999).

En esta región se encuentran presentes nueve diferentes tipos de vegetación, según la clasificación de Rzedowski (1978) (entre paréntesis se escribe la correspondencia según la nomenclatura de Miranda y Hernández X. (1963)): Pastizal alpino (páramo de altura), Bosque de *Abies* (bosque de abetos u oyamel), Bosque de *Pinus* (pinares), Bosque de *Quercus* (encinares), Matorral xerófilo (matorral), Bosque de galería (bosque de ahuehuetes), Bosque mesófilo de montaña (bosque caducifolio y/o selva mediana o baja perennifolia), Bosque tropical perennifolio (selva mediana subperennifolia) y Bosque tropical caducifolio (selva baja caducifolia) (Rivera-Hernández, 2015; Rivera-Hernández *et al.*, 2019).

Obtención de datos ornitológicos

Los registros de aves se obtuvieron de tres fuentes principales:

1) Revisión bibliográfica. Se realizó una revisión para la RAMV, tanto de estudios publicados, como tesis realizadas dentro de la región e incluso de trabajos no publicados formalmente. Se encontraron los siguientes trabajos: Cox (1895), Brodkorb (1943, 1948), Davis (1945), Taylor (1949), Loetscher (1941), Wetmore (1943, 1944), Lowery y Dalquest (1951), Howell y Webb (1995), Martínez-Gómez (1996), Benítez *et al.* (1999), Schaldach (2003), Gallardo y Aguilar (2011), González-García *et al.* (2012), CONANP (2015), Pérez-Sato *et al.* (2018a, 2018b),

Alcántara-Salinas *et al.* (2020), además de siete tesis de licenciatura: Canizalez-Quintero *et al.* (1993), Demeneghi-Reyes (2014), Fernández-Popo (2014), Cortés-de la Luz (2015), Balderas-San Miguel (2016), Román-Hernández (2016) y Rodríguez-Libreros (2016).

2) Observaciones *In situ* de aves. Se realizaron recorridos *In situ* en diferentes municipios de las Altas Montañas, en cuatro modalidades:

a) Conteos navideños y de primavera de aves, siguiendo la metodología de la Sociedad Audubon (National Audubon Society, 2014). Estas observaciones se realizaron en época de invierno durante los años 2005, 2007 y 2012. En cada caso, los conteos se organizaron con un promedio de cinco equipos de observación para recorrer distintas rutas de la región. Posteriormente, a partir de 2014, se han realizado consecutivamente dos conteos, uno en primavera y otro en invierno, hasta la primavera 2018. En total se acumularon 413 horas de observación.

b) Tres estudios ornitológicos que se realizaron en la zona en los años 2010, 2013 y 2015, los cuales se ejecutaron con el apoyo del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), donde se llevaron a cabo estudios de biodiversidad en las siguientes localidades: a) Zapoapan, municipio de Ixtaczoquitlán, estudiando el bosque tropical perennifolio, b) Tuxpanguillo, municipio de Ixtaczoquitlán, estudiando el bosque tropical perennifolio y el bosque mesófilo de montaña y c) Camerino Z. Mendoza, en el municipio del mismo nombre, estudiando el bosque de galería dominado por ahuehuetes (*Taxodium mucronatum* Ten.). Del mismo modo, se llevó a cabo un estudio sobre la avifauna del PNCRB entre 2012-2014, el cual abarcó los siguientes tipos de vegetación: matorral xerófilo, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical perennifolio, bosque de *Quercus* y bosque de galería, con un total de 1,512 horas de observación.

c) Actividades del Club de Observadores de Aves Córdoba-Orizaba (COACO), las cuales se llevaron a cabo en los municipios de Córdoba (bosque tropical perennifolio) y Orizaba (bosque mesófilo de montaña) principalmente, desde 2014 hasta 2017, acumulando 816 horas de observación.

d) Actividades de monitoreo comunitario en la red denominada "De las Altas Montañas al Mar", que inició

actividades en 2017 y las cuales se mantienen hasta la fecha con nueve comunidades involucradas de los municipios de Córdoba, Amatlán de los Reyes, Chocamán, Coetzala, Nogales y Naranjal, acumulando 215 horas de observación.

Para ejecutar las modalidades antes descritas se siguió la técnica de búsqueda intensiva de Ralph *et al.* (1996), en horarios de 6:30 a 11:30 horas y de 16:00 a 18:30 horas (o hasta las 20:00 horas en horario de verano).

3) Revisión de bases de datos ornitológicas, la de la Colección Nacional de Aves del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNAV-UNAM) y la plataforma aVerAves desarrollada por The Cornell Lab of Ornithology de la Universidad de Cornell y la National Audubon Society en colaboración con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (<https://ebird.org/averaves/home>); esta base de datos cuenta con una curación científica.

Respecto a la clasificación de aves se siguió la propuesta de la American Ornithologists' Union (AOU, 1998) y sus actualizaciones (AOS, 2019). Para los nombres comunes se utilizó el listado de especies de Berlanga *et al.* (2019).

Las categorías de riesgo que se consideraron fueron: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y su última actualización (SEMARNAT, 2010; 2019), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2020) y las categorías de Ortiz-Pulido (2018), tomando en cuenta las especies que presentaron más de 15 puntos en amenaza alta o severa para la conservación de las especies de México.

Para las categorías de endemismo utilizadas se siguió a Navarro *et al.* (2014), también se usó el criterio de Álvarez-Romero *et al.* (2008) para definir a las especies exóticas, mencionando que son especies introducidas de manera deliberada, accidental o bien dispersadas hacia México desde países vecinos donde a su vez fueron introducidas. Las categorías de estacionalidad utilizadas fueron las propuestas por Berlanga *et al.* (2015). Para el caso de las especies accidentales (Acc), los autores consideran a estas especies a aquellas que no tienen una distribución en la región, pero que encuentran condiciones de los hábitats que requieren y que han sido registradas en una o dos ocasiones, por lo que se desconoce su estatus de estacionalidad.

Es importante mencionar que para obtener la distribución de las especies se consideró como base la referencia de Howell y Webb (1995), la base de datos CONABIO (2018), los últimos registros de aVerAves (CONABIO, 2020a) y colectas científicas de la base de datos CNAV-UNAM; finalmente se consultaron también los mapas de registro de presencia y distribución de cada especie del Geoportal del Sistema Nacional sobre Biodiversidad (CONABIO, 2020b), solo para aquellas especies que fueron registradas en este estudio mediante trabajo en campo (registros tipo 1, descrito en la metodología), las cuales, posterior a la revisión de bases de datos, se pudo apreciar que su distribución inicial no llegaba a esta región, por lo cual fueron nombradas especies con ampliación en su distribución.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la RAMV se han registrado 515 especies de aves agrupadas en 75 familias y 23 órdenes, algunos ejemplos de ellas se ilustran en la Figura 2. De ellas, 405 se registraron *In situ*, acumulando 2,956 horas de observación hasta los monitoreos realizados en invierno 2019; el resto de las especies se obtuvieron a través de las revisiones bibliográfica y de bases de datos (Cuadro 1).

Los órdenes con mayor número de especies son: Passeriformes (304), Apodiformes (33) y Accipitriformes (22) (Anexo I y Cuadro 2).

En lo referente a su estacionalidad, el 65.2% se consideran como residentes, 21% son migratorios de invierno, 2.5% migratorios de verano, 4.5% transitorios, 1.4% accidentales y el resto (5.4%), está representado por aquellas especies que, dependiendo de su distribución en la región, pueden compartir la estacionalidad de residentes, migratorias o transitorias.

Del total de especies registradas, sobresale que el 23% se encuentra bajo alguna categoría de riesgo. Con respecto a las categorías oficiales como la NOM-059-SEMARNAT-2010, 100 especies están enlistadas, de las cuales, 14 se sitúan en la categoría En peligro de extinción, 57 están Sujetas a Protección Especial y 29 se encuentran Amenazadas. En lo que corresponde a la Lista Roja de la UICN, 17 especies están ubicadas en ella, 65% en la categoría Casi amenazada (NT), 23.3% son Vulnerables (VU) y 11.7% En Peligro (EN) (Anexo I). Por otra parte, considerando la lista de especies en riesgo de Ortiz-Pulido (2018), se tienen ubicadas 37 especies. Del grupo de las especies en riesgo, sobresalen las

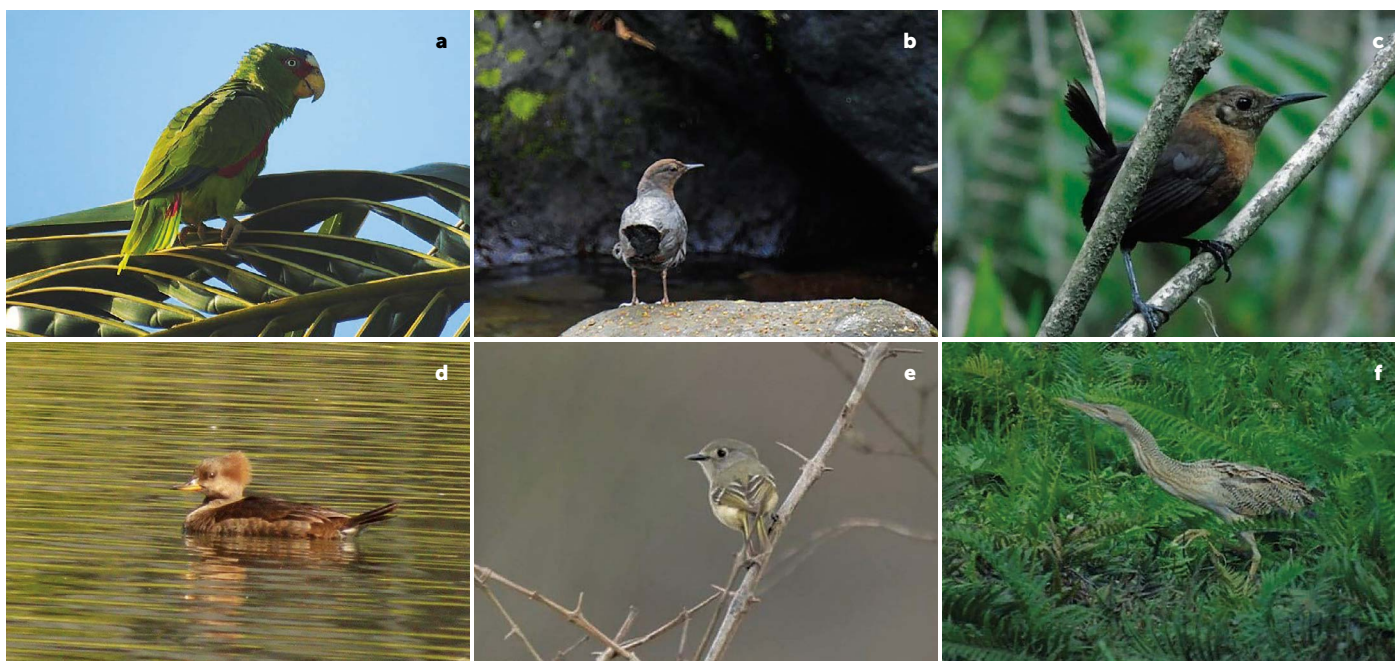


Figura 2. Avifauna de la RAMV. a) Loro Frente Blanca (*Amazona albifrons*), observado en Córdoba, b) Mirlo Acuático Norteamericano (*Cinclus mexicanus*), registrado en Chocamán, c) Cuevero de Sumichrast (*Hylorchilus sumichrasti*), observado en Córdoba, d) Mergo Cresta Blanca (*Lophodytes cucullatus*), observado en Orizaba, e) Vireo Enano (*Vireo nelsoni*), registrado en Acultzingo y f) Avetoro Neotropical (*Botaurus pinnatus*), observado en Córdoba. Fotos: a), c) y f) David Román Hernández, b) Mauricio Sánchez Eugenio, d) Osvaldo Balderas San Miguel y e) Miguel A. Aguilar Gómez.

Cuadro 1. Registros de especies *In situ* y en las fuentes consultadas.

Fuente	Total de especies obtenidas	Total de especies adicionales a las observadas <i>In situ</i>
Observaciones <i>In situ</i> de aves en diferentes municipios de las Altas Montañas, en las cuatro modalidades descritas en el método	406	--
Revisión de base de datos (CONABIO)	500	98
Revisión de base de datos (CNAV-UNAM)	72	6
Revisión bibliográfica	347	5
Total		515

Cuadro 2. Composición por número de especies y familias que integran cada orden de las aves registradas en la zona de estudio.

Órdenes	Familias	Especies	Órdenes	Familias	Especies
Tinamiformes	1	2	Suliformes	3	4
Anseriformes	1	17	Pelecaniformes	3	19
Galliformes	2	8	Cathartiformes	1	3
Podicipediformes	1	3	Accipitriformes	2	22
Columbiformes	1	15	Strigiformes	2	6
Cuculiformes	1	6	Trogoniformes	1	5
Caprimulgiformes	1	5	Coraciiformes	2	8
Nyctibiiformes	1	1	Piciformes	2	17
Apodiformes	2	33	Falconiformes	1	9
Gruiformes	3	10	Psittaciformes	1	9
Charadriiformes	5	8	Passeriformes	37	304
Ciconiiformes	1	1	Total	75	515

que se ubican en las tres fuentes antes mencionadas, que son: la Codorniz Coluda Veracruzana (*Dendrotyx barbatus*), la Guacamaya Verde (*Ara militaris*), el Loro Cabeza Amarilla (*Amazona oratrix*), el Cuevero de Sumichrast (*Hylorchilus sumichrasti*) y el Chipe Cachetes Amarillos (*Setophaga chrysoparia*) (Anexo I). Adicionalmente, 51 especies presentan endemismo de acuerdo con Navarro et al. (2014), de las cuales, 22 son endémicas, 12 cuasiendémicas y 17 semiendémicas.

De acuerdo con Howell y Webb (1995) y CONABIO (2018), 14 especies estaban indicadas con una distribución fuera de esta región, por lo que son consideradas como registros novedosos o con ampliación en su distribución (Anexo I).

Los registros de aves obtenidos en este estudio provienen de 45 municipios de los 57 que integran la región de las Altas Montañas, es decir, que existen 12 municipios que no han sido explorados en aspectos de ornitología, los cuales son: Astacinga, Camarón de Tejeda, Magdalena, Mixtla de Altamirano, Soledad Atzompa, Tehuipango, Texhuacán, Tlaquilpa, Tlaltetela, Tomatlán, Xoxocotla y Yanga. Estos municipios no han sido explorados por los autores porque no existen aún nexos con autoridades y gente de las localidades que les permita realizar labores de monitoreo, aunque resalta también la falta de registros en las bases de datos de aVerAves u otras fuentes.

Riqueza, distribución, endemismos y estacionalidad

Tomando en consideración las 515 especies registradas y comparándolas con las 536 potenciales obtenidas en la revisión bibliográfica, se puede decir que es muy probable que se tenga en la región el número potencial e incluso, de acuerdo a estimaciones, es posible que se pueda llegar a más de 600 especies en esta región. Es importante recalcar que los datos obtenidos en este artículo son una primera aproximación a la riqueza hasta ahora compilada, pues 12 municipios aún no han sido explorados y algunos municipios de gran extensión territorial que ya cuentan con registros de aves, tienen numerosas localidades que no han sido investigadas, como son los municipios de Tezonapa y varios más de la Sierra de Zongolica que mantienen bosques en aparente buen estado de conservación. La riqueza de especies para esta región hasta ahora obtenida representa el 71.5 % de las 719 especies reportadas para Veracruz por Navarro et al. (2014), es decir, casi tres cuartas partes de la avifauna del estado se encuentra en esta región. El número an-

terior supera la riqueza de especies de estados como Querétaro, Morelos, Nayarit, Zacatecas, Sinaloa, Nuevo León, entre otros.

Las especies se encuentran distribuidas en la región por: a) el extenso gradiente altitudinal existente, que va de los 70 hasta los 5,636 msnm en la cima del volcán Pico de Orizaba o Citlaltépetl; este gradiente es uno de los más extensos de Norte y Centroamérica; b) la gran diversidad de ecosistemas presentes, constituidos por componentes tanto de la Región Neártica como Neotropical, al situarse en un punto de contacto y transición entre estas dos grandes regiones biogeográficas; c) la confluencia de tres grandes provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico (con dos subprovincias, lagos y volcanes del Anáhuac y Chiconquiaco), la Sierra Madre del Sur (con la subprovincia Sierras Orientales) y la Llanura Costera del Golfo Sur (Subprovincia Llanura Costera Veracruzana) (Rivera-Hernández et al., 2019). Adicionalmente, desde el punto de vista biogeográfico, de acuerdo con Escalante et al. (1998), la RAMV se encuentra inmersa en la provincia biótica de la Costa Este Media, que a su vez está incluida en un grupo de provincias denominadas: "Tierras bajas tropicales del sureste", que está conformada por el Petén, la Sierra de los Tuxtlas y la Costa Media, donde cada una de estas áreas alberga más de 230 especies de aves residentes.

Conforme a los resultados de la presente investigación, se puede afirmar que esta región mantiene un número importante de especies de aves, que prosperan en una diversidad considerable de hábitats terrestres con posibilidad de una amplia colonización para las aves, quienes son favorecidas por áreas montañosas que propician hábitats de tierras altas como los bosques mesófilos, bosques de *Quercus* y bosques de *Pinus*, áreas semidesérticas como el matorral xerófilo, tierras bajas húmedas con remanentes de bosque tropical perennifolio, además de que las partes más bajas forman parte de la Planicie Costera del Golfo como en el municipio de Paso del Macho y Cuitláhuac, donde predomina el bosque tropical caducifolio (Rivera-Hernández, 2015; Rivera-Hernández et al., 2019). Sin embargo, se considera que, de los nueve tipos de vegetación descritos hasta ahora en la región, ninguno ha sido explorado en su totalidad, por lo que falta mayor esfuerzo de muestreo en todos ellos, especialmente los bosques mesófilos de montaña que están seriamente amenazados. A pesar de lo anterior, la riqueza de especies en la región es tal, que en un mismo día (durante los conteos de aves realizados), se han logrado



registrar 145 especies en la época invernal, mientras que en la época reproductiva se han registrado hasta 178 especies. También hay diversos lugares en la región donde en un mismo día es posible observar las tres especies de tucanes y de tres a cinco especies endémicas que hay en México (Cerro de Chichahuaxtla y varias localidades de los municipios de Córdoba y Coetzala).

Respecto a los endemismos para la RAMV se ubican 50 especies, es decir, el 47.16% de las especies endémicas del país; esto se puede explicar a razón de que esta área tiene influencia de las provincias bióticas de la Sierra Madre Oriental Sur y el nudo de Zempoaltépetl (Escalante *et al.*, 1998), que están consideradas como las provincias de mayor número de endemismos en el país. Entre las especies que se encuentran en la región con distribución restringida, se encuentran: Codorniz Coluda Veracruzana (*Dendrortyx barbatus*), Codorniz Coluda Transvolcánica (*Dendrortyx macroura*), Momoto Corona Azul (*Momotus coeruliceps*), Carpintero Transvolcánico (*Dryobates stricklandi*), Carpintero del Balsas (*Melanerpes hypopolius*), Trepatroncos Mexicano (*Lepidocolaptes leucogaster*), Cuevero de Sumichrast (*Hylorchilus sumichrasti*), Chara Enana (*Cyanolyca nana*), Cuicacoche Moteado (*Toxostoma ocellatum*), Chipe Rojo (*Cardellina rubra*) y Mascarita Matorralera (*Geothlypis nelsoni*).

Referente a la estacionalidad, es importante mencionar que, en el Anexo I, se anota la estacionalidad propuesta por los autores para cada especie, en algunos casos, una especie puede tener más de una categoría de estacionalidad y la primera que aparece en la tabla es la predominante, por ejemplo, en el caso de la Cigüeña Americana (*Mycteria americana*), aparece que tiene una estacionalidad (migratoria, residente), lo que significa que se considera que es una especie migratoria de invierno para la región, sin embargo, puede ser residente en algunas partes. En este sentido, es importante continuar con las labores de monitoreo para precisar la estacionalidad de las especies, además de tener mayor precisión en las migraciones altitudinales de las especies residentes.

Especies con ampliación en su distribución

Especies endémicas, semiendémicas o cuasiendémicas, en este grupo se encuentran las siguientes especies: Mirlo Dorso Canela (*Turdus rufopalliatu*s), Momoto Corona Azul (*Momotus coeruliceps*), Papamoscas Bajacollita (*Empidonax wrightii*), Tirano Pico Grueso (*Tyrannus*

crassirostris), Chipe Negrogris (*Setophaga nigrescens*) y Carpintero del Balsas (*Melanerpes hypopolius*); este grupo integra a aquellas especies de las cuales aún se están obteniendo datos para tener una idea más clara sobre su distribución, pero los endemismos de las mismas se amplían a esta región.

Especies importantes no endémicas, aquí se incluyen las especies que tienen influencia geográfica en diferentes zonas del país, por ejemplo, aquellas que vienen de las selvas húmedas sureñas de la vertiente del Golfo de México como: Avetoro Neotropical (*Botaurus pinnatus*), Mosquero Real (*Onychorhynchus coronatus*) y Loro Frente Blanca (*Amazona albifrons*); de la Costa Este del Norte y parte de la Sierra Madre Oriental se encuentra el Carbonero Cresta Negra (*Baeolophus atricristatus*); aves que migran por la ruta de la Sierra Madre Occidental como el Chipe Cejas Amarillas (*Setophaga graciae*); también, aquellas que se ubican en la costa y sus planicies como son: Cormorán Orejón (*Phalacrocorax auritus*) y Pelicano Café (*Pelecanus occidentalis*); también están las especies que tienen distribución en la vertiente del Pacífico como: Guacamaya Verde (*Ara militaris*); especies del interior del país con influencia de la Sierra Volcánica Transversal, Sierra Madre Oriental y Depresión del Balsas como: Carpintero Albinegro Mayor (*Dryobates villosus*); aves con influencia más norteña como el Pato Arcoíris (*Aix sponsa*), así como aves provenientes del nudo del Zempoaltépetl y Sierra Madre del Sur como el Semillero Variable (*Sporophila corvina*).

Las especies accidentales que se han registrado en la región son aves que provienen de las zonas costeras de Veracruz, como son: Fragata Tijereta (*Fregata magnificens*) y Gaviota Reidora (*Leucophaeus atricilla*), entre otras. Así mismo, se obtuvieron registros que son considerados como históricos, tales como: Chara Enana (*Cyanolyca nana*), Cotorra Serrana Occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) y Zopilote Rey (*Sarcoramphus papa*), este último registrado por un miembro de COACO en el basurero a cielo abierto de Córdoba (en la comunidad de 20 de noviembre) en el año de 1985 (Javier González Bautista com. pers.), finalmente otra especie accidental es el Chipe de Virginia (*Leiothlypis virginiae*) que incluso representa el primer registro para el estado.

Por último, las especies exóticas registradas en zonas urbanas y semiurbanas de diversos municipios son: Paloma de Collar Turca (*Streptopelia decaocto*), Paloma

Doméstica (*Columba livia*), Garza Ganadera (*Bubulcus ibis*), Estornino Pinto (*Sturnus vulgaris*), Gorrión Doméstico (*Passer domesticus*), Capuchino Tricolor (*Lonchura malacca*), todas ellas con poblaciones establecidas en la región. Es importante mencionar que también se registraron en la región individuos del Periquito de Namibia (*Agapornis roseicollis*) y el Perico Monje Argentino (*Myiopsitta monachus*), presumiblemente, se trata de individuos escapados.

Problemáticas que enfrentan las aves en la región

Existen ocho problemáticas principales que enfrenta la avifauna en la región de las Altas Montañas:

1) Disminución del hábitat, principalmente por la destrucción de los remanentes de bosques mesófilos de montaña y bosques de *Quercus*, ya sea por la extensión de campos de cultivo o por el uso de los árboles para diferentes propósitos, como son leña, carbón, madera, etc., así como por la extracción de materiales para la construcción, como grava y fabricación de cementos. Así mismo, el aumento en la extensión de áreas urbanas representa una disminución y deterioro importante en la calidad de los hábitats existentes, dejando a las aves con hábitats reducidos, lo que dificulta la obtención de alimento, espacio, zonas de anidación y refugio.

2) Proliferación de sembradíos de caña, los cuales existen en las partes bajas de la región, ya que este cultivo por un lado reduce drásticamente los hábitats de selvas húmedas y por otro, durante el período de zafra (noviembre a abril), los cañaverales o "cañales", como se conocen localmente, se queman para hacer más fácil la labor de corte de la caña, actividad que afecta a las aves y a otros vertebrados terrestres (Chaves-Solera y Bermúdez-Loría, 2006; Rodríguez-Herrero, 2014), ya sea porque a las aves que se encuentran dentro de los cañaverales se les complica huir del fuego o bien porque en el afán de alcanzar roedores, lagartijas y otros organismos que buscan huir del fuego, las aves rapaces sufren decesos al no poder escapar de las llamas. A pesar de que aparentemente no existen estudios que evalúen esta problemática en México, se han registrado a través de observaciones no sistemáticas, el deceso de diferentes especies de aves, entre las que resaltan las aves rapaces, principalmente el Aguililla Caminera (*Rupornis magnirostris*) y el Aguililla Gris (*Buteo plagiatus*), que son las rapaces más comunes observadas en los alrededores de los cañaverales.

3) Venta ilegal de aves, en la región hay diversos municipios donde existe esta actividad, contabilizando hasta el momento 55 especies de aves comercializadas, entre loros, primaveras, calandrias, palomas y tucanes, por citar algunos. Las aves son vendidas principalmente en los mercados de cada municipio, incluso de casa en casa, además de que en redes sociales (Facebook principalmente) se han registrado páginas en las cuales se ofertan aves silvestres, resaltan las aves rapaces.

4) Presencia de gatos domésticos (*Felis catus*), tanto en zonas urbanas y semiurbanas, como en áreas silvestres, los gatos representan una amenaza para aves que habitan los huertos familiares, jardines, parques y otras áreas en donde por las noches cazan polluelos y aves adultas que perchan o anidan, o bien, aves que durante el día se encuentran en cortejo o que merodean sus territorios. A pesar de que no existen estudios sobre esta problemática en la región, es bien sabido que los gatos son un problema en todo el mundo, por ejemplo, Loss et al. (2013), mencionan que los gatos domésticos en los Estados Unidos matan entre 1.3 y 4 billones de aves anualmente.

5) Presencia de especies invasoras/exóticas, como la Paloma de Collar Turca (*Streptopelia decaocto*), de la cual también se ha observado un aumento en sus poblaciones desde 2005 (donde se contaron tres individuos) al 2017 (contabilizando más de 60 individuos), en una ruta establecida de conteo entre Córdoba y Orizaba. Además, es posible que esta paloma compita con otras palomas nativas como la Paloma Morada (*Patagioenas flavirostris*), principalmente por lugares de percha y anidación, así como con la Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiatica*), Tortolita Cola Larga (*Columbina inca*) y Tortolita Canela (*Columbina talpacoti*), por lugares de forrajeo.

6) Los programas de poda que se efectúan en los parques de las principales ciudades de los municipios, ya que estos no están programados en el año de tal manera que no afecten la época de anidación de las aves, por lo que es frecuente que, con esta acción, al eliminar ramas y follaje de árboles, las aves pierdan sus territorios, zonas de anidación y, por ende, la oportunidad de reproducirse.

7) Cacería, principalmente hacia las aves rapaces, quienes son asesinadas o dañadas por merodear o alimentarse de pollos en los terrenos de personas que mantienen

la crianza tradicional de estas aves de corral; cada año, en la época migratoria de invierno se han registrado de uno a tres incidentes, entre decesos y aves heridas por esta causa. Así mismo, se considera en esta problemática a aquellas aves que chocan con las ventanas, lo cual es cada vez más común, sobre todo en parques u otras instalaciones que se encuentran muy próximas o en medio de áreas arboladas abiertas.

8) Contaminación de cuerpos de agua, este es un problema en prácticamente todos los ríos y lagunas de la región. En este rubro sobresale el río Blanco, que está considerado como uno de los más contaminados del país. Así, las aves acuáticas migratorias que arriban a la región en busca de sitios donde pasar el invierno o hacer una parada antes de seguir su camino, tienen que utilizar estas aguas muy contaminadas, tanto del río Blanco, como del resto de ríos, arroyos y lagunas presentes en la región.

Especies en riesgo

En lo que respecta a las categorías de riesgo, en total se tienen 119 especies en riesgo, tomando en cuenta las tres referencias consultadas (Norma 059-SEMARNAT-2010, Lista Roja de la UICN y lista de especies en riesgo de Ortiz-Pulido, 2018), de las cuales 100 están en la NOM-059, 17 en UICN y 37 en Ortiz-Pulido, algunas especies están incluidas en dos o hasta en las tres referencias mencionadas. Una reflexión posterior a esta revisión, es que es necesario crear políticas públicas que motiven a la creación de categorías oficiales de riesgo a nivel regional, en ese sentido esta investigación podría aportar datos encaminados a este aspecto, que merecen una publicación especial en este tema; por el momento consideramos muy importante atender a las especies que son mencionadas en Ortiz-Pulido (2018) y que no se repiten en ninguna de las otras dos fuentes consultadas, como son: el Musguero Trepador (*Anabacerthia variegaticiceps*), Saltarín Cabeza Roja (*Ceratopipra mentalis*), Pía Guardabosques (*Lipaugus unirufus*), Vireón Arlequin (*Vireolanius melitophrys*), Picogrueso Encapuchado (*Coccothraustes abellei*), Rascador Pico Naranja (*Arremon aurantirostris*), Mosquerito Rabadilla Amarilla (*Myiobius sulphureipygius*), Mosquero Canelo (*Rhytipterna holerythra*), Cuicacoche Moteado (*Toxostoma ocellatum*); estas son especies que no son comunes en la región y no se tienen datos suficientes para determinar sus abundancias, además de que algunas de ellas presentan algún estatus de endemismo.

Perspectivas futuras de estudio y conservación de aves en la región

Es importante mantener el trabajo de monitoreo de aves en la región y dirigirlo de forma prioritaria hacia estudios poblacionales de las especies que presentan algún estatus de endemismo o riesgo, así como también es importante considerar ampliar el monitoreo hacia los 12 municipios en los que no se cuenta con registros de aves en la región.

A pesar de los esfuerzos en materia de conservación y estudio sobre las aves que hasta la fecha se han realizado, se requieren más acciones en favor de las aves que permitan mantener la gran riqueza de especies que habitan esta región, así como también es muy importante integrar el conocimiento local, rural e indígena que prevalece en torno a las aves como parte de la conserva-

ción cultural, es decir, encaminarse hacia la conservación biocultural de la región.

Como parte de las acciones de conservación que se están llevando a cabo en la zona de estudio, en 2018 se realizó el Primer Festival de las Aves de las Altas Montañas, en colaboración con diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales; se prevé continuar realizando este festival, con el fin de tener mayor difusión de este grupo de vertebrados. Adicionalmente, se han llevado a cabo más acciones y realizado algunas publicaciones de divulgación, las cuales son descritas en Alcántara-Salinas *et al.* (2020) y Pérez-Sato *et al.* (2018a).

Finalmente, la información vertida en esta investigación puede servir para construir políticas públicas en donde se integren normas oficiales de conservación locales, regionales y estatales.

CONCLUSIONES

La Región de las Altas Montañas de Veracruz (RAMV) mantiene una alta riqueza de especies de aves, en un gradiente altitudinal que va de los 70 a los 5,636 msnm. Consideramos que la riqueza de 515 especies aquí reportada podría alcanzar las 600 especies en la medida en que se continúe con los monitoreos, incluyendo los municipios que se han mantenido inexplorados y aumentando el número de localidades en los municipios que ya se tienen datos ornitológicos. Hasta ahora, para las Altas Montañas se tiene representado el 71.5% de la avifauna del estado de Veracruz, 50 especies presentan algún estatus de endemismo, 335 especies son residentes, 179 con algún estatus migratorio, siete

son consideradas accidentales, 119 se ubican en algún criterio de riesgo. Se tienen 14 especies que muestran una ampliación de distribución y se propone que, estas especies en conjunto con las especies en riesgo aquí expuestas se consideren para formular categorías regionales para su protección, pues se trata de especies poco comunes y raras, que probablemente puedan tener poblaciones bajas.

Es urgente y muy necesaria la planeación y ejecución de un programa de educación ambiental permanente, que se lleve a cabo en colaboración con autoridades municipales de la región, con el fin de llevar mensajes de conservación de la biodiversidad, especialmente se considera urgente crear una conciencia para no fomentar la compra ilegal de aves, pues a pesar de que en 2018 se celebró el Primer Festival de las Aves de las Altas Montañas, se requieren más eventos en coordinación con los municipios para llevar más lejos el mensaje de conservación. Para 2020 se tenía programado realizar el Segundo Festival de las Altas Montañas, en el cual se estaban involucrando los ayuntamientos de Córdoba, Orizaba y Huiloapan de Cuauhtémoc, entre varios más; se espera trabajar con autoridades municipales y otras instancias gubernamentales y de la sociedad civil para establecer las bases de políticas públicas que funcionen a nivel municipal, para posteriormente hacer llegar estas propuestas a nivel estatal para la protección de estas especies, principalmente en temas de venta ilegal, cacería y colisiones de aves.

Así mismo, es importante analizar la posibilidad de colocar bebederos y alimentadores de aves en diversos lugares (urbanos, rurales, acahuales y vegetación natural), tanto en invierno cuando el alimento escasea, como en época de calor, cuando las aves buscan lugares donde refrescarse, pues como ya se mencionó antes, no existen muchos cauces de agua limpia.

Por otra parte, a través de estos años de trabajo con las aves en la región, se ha detectado la necesidad de crear un centro de rescate y rehabilitación para aves, que pueda atender a las aves rapaces que son atacadas por consumir aves de corral, además de ayudar a diversas especies silvestres como: el Tecolote Bajero (*Glaucidium brasilianum*) o la Garcita Verde (*Butorides virescens*), entre otras, que es común encontrar sus crías en áreas urbanas y semiurbanas, entre los meses de mayo y agosto, debido a que las lluvias o los vientos fuertes ocasionan que se caigan de los nidos y es usual que sean encontra-

das abandonadas o, en el peor de los casos, depredadas por gatos.

Adicionalmente, se está buscando establecer una red de turismo de las Altas Montañas, donde el aviturismo sea una opción que promueva el desarrollo económico sustentable para las localidades involucradas, para lo cual se está capacitando a los guías de monitoreo comunitario de aves, para que sean ellos quienes ofrezcan el servicio a turistas nacionales e internacionales, para mostrarles la gran diversidad de aves de la región, enfatizando las especies con algún estatus de endemismo, lo cual también promoverá el conocimiento de este grupo para su conservación.

Finalmente, el inventario de aves aquí presentado, en conjunto con ocho guías rápidas de identificación de aves de diferentes comunidades de la región, un libro sobre las aves de cinco municipios de la región y una guía ilustrada de las aves de toda la región que comprende 405 especies, significan una base muy importante para continuar con las labores de monitoreo y representan una herramienta invaluable para labores de educación ambiental y difusión del conocimiento de este grupo de vertebrados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que colaboraron con el Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S.C. (Geobicom) y el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba para la realización de los estudios avifaunísticos en la región, así como a los estudiantes de servicio social y tesis de licenciatura y maestría, que desarrollaron sus temas de investigación sobre las aves de la región. Agradecemos a las personas de las comunidades rurales e indígenas que colaboraron con nosotros para hacer posible el monitoreo comunitario de aves de la región. Un reconocimiento especial para Fernando González García y Rafael Calderón Parra por su estricta revisión y sus valiosos comentarios para mejorar el escrito final, así también la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), especialmente a Humberto Berlanga por las facilidades prestadas para las bases de datos de aVerAves, así como a Luciana Santos Martínez y Miguel Ángel Aguilar Gómez, quienes constantemente nos brindan apoyo para la red de monitoreo comunitario de las aves "De las Altas Montañas al Mar".

LITERATURA CITADA

Alcántara-Salinas, G., Balderas-San Miguel O., Román-Hernández, D., Rodríguez-Libreros, W.A., Pérez-Sato, J.A. y Salazar-Ortiz, J. (2020). Las Aves. pp. 67-80. En: Biodiversidad y Conservación del Bosque de Galería de Ciudad Mendoza, Veracruz, México,



- editado por Rivera-Hernández, J.E., Alcántara-Salinas, G., Pérez-Sato, J.A., Houbbron, E.P., Rustrian-Portilla, E. y García-Albarado, J.C. Córdoba: Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S.C. y Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.
- Álvarez-Romero, J.G., Medellín, R.A., Oliveras de Ita, A., Gómez de Silva, H. y Sánchez, O. (2008). Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D.F. 518 p.
- AOS (American Ornithological Society). (2019). Checklist of North and Middle American Birds. Consultado en línea el 9 de octubre de 2019. Disponible en: <http://checklist.aou.org/taxa.pdf>
- AOU (American Ornithologists' Union). (1998). Checklist of North American birds, 7a ed. American Ornithologists' Union. Washington, DC, USA.
- Balderas-San Miguel, O. (2016). Las aves del Bosque de Galería de Camerino Z. Mendoza, Veracruz. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Peñuela. Universidad Veracruzana. 93 p.
- Benítez, H., C. Arizmendi y L. Márquez. (1999). Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. Consultado 21 de septiembre de 2019. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx>.
- Berlanga-García, H., Gómez De Silva, H., Vargas-Canales, V.M., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González, L.A., Ortega-Álvarez, R. y Calderón-Parra, R. (2015). Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres. CONABIO. México. 117 p.
- Berlanga-García, H., Gómez De Silva, H., Vargas-Canales, V.M., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González, L.A., Ortega-Álvarez, R. y Calderón-Parra, R. (2019). Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F. Consultado 05 de enero 2020. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/Lista_actualizada_aos_2019.pdf.
- Brodkorb, P. (1943). Birds from the Gulf Lowlands of Southern Mexico, Miscellaneous Publications. Museum of Zoology, University of Michigan 55: 1-88.
- Brodkorb, P. (1948). Some Birds from the lowlands of central Veracruz, Mexico. Quarterly Journal of the Florida Academy of Sciences, 10: 31-38.
- Canizales-Quintero, S., García-Amador, G. y González-López, J. (1993). Catálogo preliminar de la ornitofauna en el Cerro del Borrego, municipio de Orizaba, Veracruz. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Peñuela, Universidad Veracruzana. México. 87 p.
- Chaves-Solera, M. y Bermúdez-Loría, A.Z. (2006). Motivos y razones para quemar las plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica. Memorias del XVI Congreso ATACA y XVI Congreso ATACORI. Heredia, Costa Rica, 1-4 de agosto. pp. 248-253.
- CONABIO. (2020a). AVESMX. Red de Conocimiento sobre las Aves de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Consultado el 4 de febrero de 2020. Disponible en: <http://avesmx.conabio.gob.mx>.
- CONABIO. (2020b). Portal de Geoinformación 2020. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad. Consultado en enero de 2020. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONABIO. (2018). aVerAves Base de datos SNIB-CONABIO México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad. Consultado los meses de agosto a diciembre 2019. Disponible en: <https://ebird.org/averaves/home>
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2015). Programa de Manejo Parque Nacional El Pico de Orizaba. CONANP-SEMARNAT. 187 pp.
- Cortés-de la Luz, C.Y. (2015). Estudio de la avifauna en el agroecosistema cafetalero de la localidad de Santa Elena, municipio de Córdoba, Veracruz. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Peñuela. Universidad Veracruzana. 93 p.
- Cox, U.O. (1895). A collection of birds from Mount Orizaba, Mexico. The Auk, 12(4): 356-359.
- Davis, W.B. (1945). Notes on Veracruz birds. The Auk, 62: 272-286.
- Demeneghi-Reyes, M.A. (2014). Listado ornitológico en la zona centro del municipio de Tequila, Veracruz, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Peñuela. Universidad Veracruzana. 50 p.
- Escalante, P., Navarro, A.G. y Peterson, A. T. (1998). Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. Pp. 279-304. En: Diversidad biológica de México, editado por Ramamorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Fernández-Popo, M. (2014). Diversidad y abundancia de la avifauna de San Rafael Piña, Zentla, Veracruz. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Peñuela. Universidad Veracruzana. 128 p.
- Gallardo del Ángel, J.C. y S.H. Aguilar-Rodríguez. (2011). Aves: diversidad, distribución y conservación. Pp. 559-577. En: La biodiversidad del Estado de Veracruz: Estudio de Estado. Volumen II, coordinado por Cruz-Angón, A. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana e Instituto de Ecología, A.C.
- González-García, F., Alducin-Chávez, G.D. y MacGregor-Fors, I. (2012). Las aves en una mina en proceso de rehabilitación. Pp. 219-245. En: Monitoreo ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz, editado por C. Frago y P. Rojas-Fernández. Xalapa: Instituto de Ecología, A.C. y Holcim Apasco.
- Griscorn, L. (1934). The ornithology of Guerrero, Mexico. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 75: 367-422.
- Howell, S.N.G. y Webb, S. (1995). A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford: Oxford University Press. 851 p.
- Inafed (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Regionalización del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Consultado el 22 de agosto de 2019. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/regionalizacion.html>. pdf.

- Loetscher, F.W. (1941). Ornithology of the Mexican state of Veracruz, with an annotated list of the birds. Tesis de doctorado, Universidad de Cornell. Ithaca, NY, USA.
- Loss, S.R., Will, T. y Marra, P.P. (2013). The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Natura Communications*, 4: 1-7.
- Lowery Jr., G.H. y Dalquest, W.W. (1951). Birds from the State of Veracruz, Mexico. University of Kansas. Museum of Natural History Miscellaneous Publications, 3: 531-649.
- Martínez-Gómez, J.E. (1996). La ornitofauna veracruzana: una revisión bibliográfica. *La Ciencia y el Hombre*, 22: 19-47.
- Miranda, F. y Hernández, E. X. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28: 29-179.
- National Audubon Society. (2014). Christmas Bird Count Compiler's Manual. Audubon Science-CBC. Consultado el 17 de septiembre de 2019. Disponible en: <http://www.audubon.org/christmas-bird-count-compiler-resources.pdf>
- Navarro-Sigüenza, A.G., Rebón-Gallardo, M.F., Gordillo-Martínez, A., Townsend Peterson, A., Berlanga-García, H. y Sánchez-González, L.A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad Supl.* 85: S476-S495.
- Ortiz-Pulido, R. (2018). ¿Qué especies de aves están en riesgo en México? *Huitzil*, 19(2): 237-272.
- Pérez-Sato, J.A., G. Alcántara-Salinas, C.G. García-García, J.E. Rivera-Hernández, J. Salazar-Ortiz, M. Campos-Cerón, D. Román-Hernández, O. Balderas-San Miguel y A. Fuentes-Moreno. (2018a). Aviturismo en la región de las Altas Montañas de Veracruz, México. *Agroproductividad*, 11(8): 101-108.
- Pérez-Sato, J.A., Campos-Cerón, M., Fuentes-Moreno, A., García-García, C.G., Olguín-Hernández, C.A., Salazar-Ortiz, J., Alcántara-Salinas, G., Román-Hernández, D. y Rivera-Hernández, J.E. (2018b). Las aves de Amatlán de los Reyes, Cuitláhuac, Chocamán, Alpatláhuac y Zentla, Veracruz. Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Córdoba, Veracruz, México. 336 p.
- Ralph, C.J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E., DeSante, D.F. y Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General technical report. Albany, CA: Pacific Southwest Station, Forest Service. 46 p.
- Rivera-Hernández, J.E. (2015). Flora, vegetación y priorización de áreas de conservación del Parque Nacional Cañón del Río Blanco, Veracruz, México. Tesis de doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Nacional y Universidad Estatal a Distancia. 254 p.
- Rivera-Hernández, J.E., Muñoz-Márquez-Trujillo, R.A., Vargas-Rueda, A.F., Alcántara-Salinas, G., Real-Luna, N. y Sánchez-Páez, R. (2019). Flora, vegetación y paisaje de la región de las Altas Montañas de Veracruz, elementos importantes para el turismo de naturaleza. *Agroproductividad*, 12(12): 19-29.
- Rodríguez-Herrero, H. (2014). El impacto socioambiental de la caña de azúcar y los biocombustibles. *Ulúa*, 23: 147-179.
- Rodríguez-Libreros, W.A. (2016). Aspectos reproductivos de la comunidad de aves en la UMA "Desarrollo Comunitario y Vida Silvestre", Tequecholapa, Naranjal, Veracruz. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Peñuela. Universidad Veracruzana. 67 p.
- Román-Hernández, D. (2016). Ornitofauna de la UMA "Desarrollo Comunitario y Vida Silvestre", Tequecholapa, Naranjal, Veracruz. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Peñuela. Universidad Veracruzana. 80 p.
- Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Editorial Limusa. México, Distrito Federal, México. 504 p.
- Schaldach, W.J., Jr. (2003). A Partially Annotated and Taxonomic Checklist of the Birds of the State of Veracruz, Mexico. Consultado el 21 de agosto de 2019. Disponible en <http://www.catemaco.info/docs/schaldach/annotated.html>
- Sclater, P.L. (1857). On a collection of birds made by Signor Matteo Botteri in the vicinity of Orizaba in Southern Mexico. *Proceedings of the Zoological Society of London*. London: Academic Press. pp. 210-215.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). 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. *Diario Oficial de la Federación*. Jueves 30 de diciembre de 2010. Segunda Sección. pp. 1-77.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (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. *Diario Oficial de la Federación*. 14 de noviembre de 2019. pp. 1-101.
- Sumichrast, F.E. y Brewer, T.M. (1869). The geographical distribution of the native birds of the Department of Vera Cruz, with a list of the migratory species. *Memoirs of the Boston Society of Natural History*, 1(16): 542-563.
- Traylor, M.A. (1949). Notes on some Veracruz Birds. *Fieldiana Zoology* 31(32): 269-275.
- IUCN. (2020). The IUCN Red List of Threatened Species, version, 2019.3. Consultado en enero de 2020. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/search>.
- Wetmore, A. (1943). The Birds of Southern Vera Cruz, Mexico. *Proceedings of the United States National Museum*, 93: 215-340.
- Wetmore, A. (1944). Observaciones sobre la Ornitología de la zona Sur de Veracruz, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 5: 263-271.



Anexo I. Lista de especies de aves de la región de las Altas Montañas de Veracruz. Símbolos y abreviaciones utilizadas: (*) Especies en riesgo según Ortiz-Pulido (2018). (+) Especies que muestran ampliación en su distribución hacia esta región. Est. = Estacionalidad: R = Residente: aquellas que viven todo el año en la misma región, MI = Migratoria de Invierno: especies que se reproducen al norte del continente y pasan el invierno en México y más al sur de septiembre a abril, T = Transitoria: especies que durante la migración van de paso por nuestro país para dirigirse a invernar al sur en otoño o hacia sus áreas de reproducción en el norte durante la primavera, MV = Migratoria de Verano: especies que están en México únicamente durante la temporada de reproducción en verano, entre marzo y septiembre, ACC = Accidental, Exo = Exóticas: especies introducidas de manera deliberada, accidental o bien dispersado hacia México desde países vecinos donde a su vez fueron introducidos. NOM = NOM-059-SEMARNAT-2010. P = En peligro de extinción, Pr = Sujeta a protección especial y A = Amenazada. IUCN: VU = Vulnerable, EN = En peligro y NT = Casi amenazada. End. = Endemismos: EN = Endémica: especies con distribución geográfica muy restringida a los límites políticos del territorio mexicano, SE = Semiendémica: son especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año y CE = Cuasiendémica: aquellas especies con área de distribución que se extiende fuera de México hacia algún país vecino.

Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
Tinamiformes					
Tinamidae					
<i>Crypturellus soui</i>	Tinamú Menor	A			R
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú Canelo	Pr			R
Anseriformes					
Anatidae					
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije Alas Blancas				R
<i>Dendrocygna bicolor</i>	Pijije Canelo				R
<i>Cairina moschata</i>	Pato Real	P			R
<i>Aix sponsa+</i>	Pato Arcoiris				MI
<i>Spatula discors</i>	Cerceta Alas Azules				MI
<i>Spatula cyanoptera</i>	Cerceta Canela				MI
<i>Spatula clypeata</i>	Pato Cucharón Norteño				MI
<i>Mareca strepera</i>	Pato Friso				MI
<i>Mareca americana</i>	Pato Chalcuán				MI
<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Pato de Collar				R
<i>Anas acuta</i>	Pato Golondrino				MI
<i>Anas crecca</i>	Cerceta Alas Verdes				MI
<i>Aythya americana</i>	Pato Cabeza Roja				MI
<i>Aythya collaris</i>	Pato Pico Anillado				MI
<i>Aythya affinis</i>	Pato Boludo Menor				MI
<i>Lophodytes cucullatus</i>	Mergo Cresta Blanca				MI
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Tepalcate				MI
Galliformes					
Cracidae					
<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca Oriental				R
<i>Penelope purpurascens*</i>	Pava Cojolita	A			R
Odontophoridae					
<i>Dendrortyx barbatus*</i>	Codorniz Coluda Veracruzana	P	VU	EN	R
<i>Dendrortyx macroura*</i>	Codorniz Coluda Transvolcánica	A		EN	R
<i>Colinus virginianus</i>	Codorniz Cotuí		NT		R
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz de Moctezuma	Pr			R
<i>Dactylortyx thoracicus</i>	Codorniz Silbadora	Pr			R
<i>Odontophorus guttatus*</i>	Codorniz Bolonchaco	Pr			R
Podicipediformes					
Podicipedidae					
<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor Menor	Pr			R
<i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor Pico Grueso				R, MI
<i>Podiceps nigricollis</i>	Zambullidor Orejón				MI
Columbiformes					
Columbidae					
<i>Columba livia</i>	Paloma Doméstica			Exo	R
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Morada				R
<i>Patagioenas fasciata</i>	Paloma Encinera				R
<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma de Collar Turca			Exo	R
<i>Columbina inca</i>	Tortolita Cola Larga				R

Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
<i>Columbina passerina</i>	Tortolita Pico Rojo				R
<i>Columbina minuta</i>	Tortolita Pecho Liso				R
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Canela				R
<i>Claravis pretiosa</i>	Tórtola Azul				R
<i>Geotrygon montana</i>	Paloma Canela				R
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma Arroyera				R
<i>Leptotila plumbeiceps</i>	Paloma Cabeza Gris				R
<i>Zentrygon albifacies</i>	Paloma Cara Blanca	A			R
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Alas Blancas				R, MI
<i>Zenaida macroura</i>	Huilota Común				R, MI
Cuculiformes					
Cuculidae					
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Pijuy				R
<i>Dromococcyx phasianellus</i>	Cuclillo Faisán				R
<i>Geococcyx velox</i>	Correcaminos Tropical				R
<i>Playa cayana</i>	Cuclillo Canelo				R
<i>Coccyzus americanus</i>	Cuclillo Pico Amarillo				T
<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	Cuclillo Pico Negro				T
Caprimulgiformes					
Caprimulgidae					
<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras Menor				MI
<i>Chordeiles minor</i>	Chotacabras Zumbón				MV
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotacabras Pauraque				R
<i>Antrastomus vociferus</i>	Tapacaminos Cuerporruín Norteño				MI
<i>Antrastomus arizonae</i>	Tapacaminos Cuerporruín Mexicano				R
Nyctibiiformes					
Nyctibiidae					
<i>Nyctibius jamaicensis</i>	Pájaro Estaca Norteño				R
Apodiformes					
Apodidae					
<i>Cypseloides niger</i>	Vencejo Negro				MV
<i>Streptoprocne rutula</i>	Vencejo Cuello Castaño				R
<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Collar Blanco				R
<i>Chaetura pelagica</i>	Vencejo de Chimenea		NT		T
<i>Chaetura vauxi</i>	Vencejo de Vaux				R
<i>Aeronautes saxatalis</i>	Vencejo Pecho Blanco				R
<i>Panyptila cayennensis</i>	Vencejo Tijereta Menor	Pr			R
Trochilidae					
<i>Phaethornis longirostris</i>	Colibrí Ermitaño Mesoamericano				R
<i>Phaethornis striigularis</i>	Colibrí Ermitaño Enano	Pr			R
<i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí Orejas Violetas				R
<i>Anthracothorax prevostii</i>	Colibrí Garganta Negra				MV
<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí Magnífico				R
<i>Heliomaster longirostris</i>	Colibrí Picudo Coroniazul	Pr			R
<i>Lampornis amethystinus*</i>	Colibrí Garganta Amatista				R
<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí Garganta Azul			SE	R
<i>Lamprolaima rhami*</i>	Colibrí Multicolor	P			R
<i>Tilmatura dupontii*</i>	Colibrí Cola Pinta	A			R
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí Garganta Rubí				T
<i>Archilochus alexandri</i>	Colibrí Barba Negra			SE	T
<i>Atthis heloisa</i>	Zumbador Mexicano			EN	R
<i>Selasphorus platycercus</i>	Zumbador Cola Ancha			SE	MV
<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador Canelo				MI
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda Oriental				R
<i>Abeillia abeillei*</i>	Colibrí Pico Corto	Pr			R
<i>Campylopterus curvipennis</i>	Fandanguero Mexicano				R
<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Fandanguero Morado				R
<i>Eupherusa eximia</i>	Colibrí Cola Rayada				R



Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
<i>Amazilia candida</i>	Colibrí Cándido				R, MI
<i>Amazilia cyanocephala</i>	Colibrí Corona Azul				R
<i>Amazilia beryllina</i>	Colibrí Berilo				R
<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí Cola Canela				R
<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí Vientre Canelo			CE	R
<i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro Orejas Blancas				R
Gruiformes					
Rallidae					
<i>Laterallus ruber</i>	Polluela Canela				R
<i>Aramides albiventris</i>	Rascón Nuca Canela				R
<i>Amaurolimnas concolor*</i>	Rascón Canelo	A			R
<i>Porzana carolina</i>	Polluela Sora				MI, R
<i>Pardirallus maculatus</i>	Rascón Pinto				R
<i>Porphyrio martinicus</i>	Gallineta Morada				R, MI
<i>Gallinula galeata</i>	Gallineta Frente Roja				R, MI
<i>Fulica americana</i>	Gallareta Americana				R, MI
Heliornithidae					
<i>Heliornis fulica</i>	Pájaro Cantil	Pr			R
Aramidae					
<i>Aramus guarauna</i>	Carrao	A			R
Charadriiformes					
Recurvirostridae					
<i>Himantopus mexicanus</i>	Monjita Americana				R, MI
Charadriidae					
<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo Tildío				R, MI
Jacanidae					
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana Norteña				R
Scolopacidae					
<i>Gallinago delicata</i>	Agachona Norteamericana				MI
<i>Actitis macularius</i>	Playero Alzacolita				MI
<i>Tringa solitaria</i>	Playero Solitario				MI
Laridae					
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota Reidora				ACC
<i>Chlidonias niger</i>	Charrán Negro				T, MI
Ciconiiformes					
Ciconiidae					
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña Americana	Pr			MI, R
Suliformes					
Fregatidae					
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata Tijereta				ACC
Phalacrocoracidae					
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán Neotropical				R
<i>Phalacrocorax auritus+</i>	Cormorán Orejón				MI
Anhingidae					
<i>Anhinga anhinga</i>	Anhinga Americana				R
Pelecaniformes					
Pelecanidae					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelicano Blanco Americano				MI
<i>Pelecanus occidentalis+</i>	Pelicano Café				MI
Ardeidae					
<i>Botaurus pinnatus+</i>	Avetoro Neotropical	A			MI
<i>Botaurus lentiginosus</i>	Avetoro Norteño	A			MI
<i>Ixobrychus exilis</i>	Avetoro Menor	Pr			MI, R
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza Tigre Mexicana	Pr			R
<i>Ardea herodias</i>	Garza Morena				MI
<i>Ardea alba</i>	Garza Blanca				MI
<i>Egretta thula</i>	Garza Dedos Dorados				MI
<i>Egretta caerulea</i>	Garza Azul				MI

Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
<i>Egretta tricolor</i>	Garza Tricolor				MI
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza Ganadera			Exo	R
<i>Butorides virescens</i>	Garcita Verde				R
<i>Agamia agami</i>	Garza Agami	Pr	VU		R
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Garza Nocturna Corona Negra				R
<i>Nyctanassa violacea</i>	Garza Nocturna Corona Clara				R
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Garza Cucharón				R
Threskiornithidae					
<i>Eudocimus albus</i>	Ibis Blanco				ACC
<i>Plegadis chihi</i>	Ibis Ojos Rojos				MI, R
Cathartiformes					
Cathartidae					
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Común				R
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Aura				R
<i>Sarcoramphus papa*</i>	Zopilote Rey	P			R
Accipitriformes					
Pandionidae					
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora				MI
Accipitridae					
<i>Elanus leucurus</i>	Milano Cola Blanca				R
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Gavilán Pico de Gancho	Pr			MI
<i>Elanoides forficatus</i>	Milano Tijereta	Pr			T
<i>Spizaetus tyrannus</i>	Águila Tirana	P			R
<i>Circus hudsonius</i>	Gavilán Rastrero				MI
<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán Pecho Canela	Pr			R
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Pr			MI
<i>Accipiter bicolor</i>	Gavilán Bicolor	A			R
<i>Ictinia mississippiensis</i>	Milano de Mississippi	Pr			T
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Gavilán Caracolero	Pr			R
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla Negra Menor	Pr			R
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Aguililla Negra Mayor	Pr			R
<i>Rupornis magnirostris</i>	Aguililla Caminera				R
<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Aguililla Cola Blanca	Pr			R
<i>Pseudastur albicollis</i>	Aguililla Blanca	Pr			R
<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla Gris				R
<i>Buteo platypterus</i>	Aguililla Alas Anchas	Pr			T
<i>Buteo brachyurus</i>	Aguililla Cola Corta				R
<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de Swainson	Pr			T
<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla Aura	Pr			MI
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla Cola Roja				MI
Strigiformes					
Tytonidae					
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de Campanario				R
Strigidae					
<i>Megascops guatemalae</i>	Tecolote Sapo				R
<i>Glaucidium gnoma</i>	Tecolote Serrano				R
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote Bajeño				R
<i>Ciccaba virgata</i>	Búho Café				R
<i>Strix varia</i>	Búho Barrado	Pr			R
Trogoniformes					
Trogonidae					
<i>Trogon melanocephalus</i>	Coa Cabeza Negra				R
<i>Trogon caligatus</i>	Coa Violácea Norteña				R
<i>Trogon elegans</i>	Coa Elegante				R
<i>Trogon mexicanus</i>	Coa Mexicana				R
<i>Trogon collaris</i>	Coa de Collar	Pr			R

Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
Coraciiformes					
Momotidae					
<i>Hylomanes momotula*</i>	Momoto Enano	A			R
<i>Momotus coeruliceps+</i>	Momoto Corona Azul			EN	R
<i>Momotus lessonii</i>	Momoto Corona Negra				R
Alcedinidae					
<i>Megaceryle torquata</i>	Martín Pescador de Collar				R
<i>Megaceryle alcyon</i>	Martín Pescador Norteño				MI
<i>Chloroceryle amazona</i>	Martín Pescador Amazónico				R
<i>Chloroceryle americana</i>	Martín Pescador Verde				R
<i>Chloroceryle aenea</i>	Martín Pescador Enano				R
Piciformes					
Ramphastidae					
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Tucancillo Verde	Pr			R
<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucancillo Collarejo	Pr			R
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán Pico Canoa	A			R
Picidae					
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero Bellotero				R
<i>Melanerpes pucherani</i>	Carpintero Cara Negra				R
<i>Melanerpes hypopolius*+</i>	Carpintero del Balsas			EN	R
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero Cheje				R
<i>Sphyrapicus varius</i>	Carpintero Moteado				MI
<i>Dryobates scalaris</i>	Carpintero Mexicano				R
<i>Dryobates villosus+</i>	Carpintero Albinegro Mayor				R
<i>Dryobates fumigatus</i>	Carpintero Café				R
<i>Dryobates stricklandi*</i>	Carpintero Transvolcánico	A		EN	R
<i>Colaptes rubiginosus</i>	Carpintero Olivo				R
<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero de Pechera Común				R
<i>Celeus castaneus*</i>	Carpintero Castaño	Pr			R
<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero Lineado				R
<i>Campephilus guatemalensis</i>	Carpintero Pico Plateado	Pr			R
Falconiformes					
Falconidae					
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón Guaco				R
<i>Micrastur ruficollis</i>	Halcón Selvático Barrado	Pr			R
<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón Selvático de Collar	Pr			R
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Quebrantahuesos				R
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano				MI
<i>Falco columbarius</i>	Halcón Esmerejón				MI
<i>Falco femoralis</i>	Halcón Fajado	A			R
<i>Falco rufigularis</i>	Halcón Murcielaguero				R
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	Pr			R
Psittaciformes					
Psittacidae					
<i>Myiopsitta monachus</i>	Perico Monje Argentino			Exo	R
<i>Eupsittula nana</i>	Perico Pecho Sucio	Pr	NT		R
<i>Ara militaris*+</i>	Guacamaya Verde	P	VU		MI
<i>Pyrrhula haematotis</i>	Loro Cabeza Oscura	P			R
<i>Pionus senilis</i>	Loro Corona Blanca	A			R
<i>Amazona albifrons+</i>	Loro Frente Blanca	Pr			R
<i>Amazona autumnalis</i>	Loro Cachetes Amarillos	A			R
<i>Amazona farinosa</i>	Loro Corona Azul	P	NT		R
<i>Amazona oratrix*</i>	Loro Cabeza Amarilla	P	EN	CE	R
Passeriformes					
Thamnophilidae					
<i>Taraba major</i>	Batará Mayor	Pr			R
<i>Thamnophilus doliatus</i>	Batará Barrado				R
<i>Cercomacroides tyrannina</i>	Hormiguero Cantor				R

Espece	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
Grallariidae					
<i>Grallaria guatimalensis</i>	Hormiguero Cholino Escamoso	P			R
Formicariidae					
<i>Formicarius analis</i>	Hormiguero Cholino Cara Negra				R
Furnariidae					
<i>Sclerurus mexicanus</i>	Hojarasquero Pecho Canela	A			R
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Trepatroncos Cabeza Gris				R
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	Trepatroncos Pico Cuña	A			R
<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	Trepatroncos Barrado	Pr			R
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Trepatroncos Bigotudo				R
<i>Xiphorhynchus erythropygius</i>	Trepatroncos Moteado	A			R
<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	Trepatroncos Mexicano			EN	R
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	Trepatroncos Corona Rayada				R
<i>Lepidocolaptes affinis</i>	Trepatroncos Corona Punteada				R
<i>Xenops minutus</i>	Picolezna Común	Pr			R
<i>Anabacerthia variegaticeps*</i>	Musguero Trepador				R
<i>Clibanornis rubiginosus</i>	Musguero Castaño	A			R
<i>Automolus ochrolaemus</i>	Musguero Garganta Pálida	Pr			R
<i>Synallaxis erythrothorax</i>	Hormiguero Pepito				R
Pipridae					
<i>Manacus candei</i>	Saltarín Cuello Blanco	Pr			R
<i>Ceratopipra mentalis*</i>	Saltarín Cabeza Roja				R
Cotingidae					
<i>Lipaugus unirufus*</i>	Pía Guardabosques				R
Tityridae					
<i>Tityra semifasciata</i>	Titira Puerquito				R
<i>Tityra inquisitor</i>	Titira Pico Negro				R
<i>Pachyramphus major</i>	Cabezón Mexicano				R
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Cabezón Degollado				R
Onychorhynchidae					
<i>Onychorhynchus coronatus+</i>	Mosquero Real	P			R
<i>Myiobius sulphureipygius*</i>	Mosquerito Rabadilla Amarilla				R
Tyrannidae					
<i>Platyrinchus cancrinus</i>	Mosquerito Pico Chato	Pr			R
<i>Mionectes oleagineus</i>	Mosquerito Ocre				R
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	Mosquerito Gorra Café				R
<i>Oncostoma cinereigulare</i>	Mosquerito Pico Curvo				R
<i>Todirostrum cinereum</i>	Mosquerito Espatulilla Común				R
<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>	Mosquerito Pico Plano				R
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Mosquerito Ojos Blancos				R
<i>Ornithion semiflavum</i>	Mosquerito Enano	Pr			R
<i>Campostoma imberbe</i>	Mosquerito Chillón				R
<i>Myiopagis viridicata</i>	Mosquerito Verdoso				R
<i>Elaenia flavogaster</i>	Mosquero Elenia Copetón				R
<i>Attila spadiceus</i>	Mosquero Atila				R
<i>Rhytipterna holerythra*</i>	Mosquero Canelo				R
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas Triste				R
<i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas Cenizo				MV
<i>Myiarchus crinitus</i>	Papamoscas Viajero				MI
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas Gritón				R
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis Bienteveo				R
<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis Pico Grueso				R
<i>Myiozetetes similis</i>	Luisito Común				R
<i>Myiodynastes maculatus</i>	Papamoscas Rayado Cheje				MV
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas Rayado Común				MV
<i>Legatus leucophaeus</i>	Papamoscas Rayado Chico				MV
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Pirirí				R
<i>Tyrannus couchii</i>	Tirano Cuir				R



Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano Chibiú			SE	MI, MV
<i>Tyrannus crassirostris+</i>	Tirano Pico Grueso			SE	ACC
<i>Tyrannus verticalis</i>	Tirano Pálido				MI, T
<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tirano Dorso Negro				T
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tirano Tijereta Rosado				T
<i>Tyrannus savana</i>	Tirano Tijereta Gris				R
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	Papamoscas Copetón				R
<i>Contopus cooperi</i>	Papamoscas Boreal		NT		T, MI
<i>Contopus pertinax</i>	Papamoscas José María				R
<i>Contopus sordidulus</i>	Papamoscas del Oeste				MV
<i>Contopus virens</i>	Papamoscas del Este				T
<i>Contopus cinereus</i>	Papamoscas Tropical				R
<i>Empidonax flaviventris</i>	Papamoscas Viente Amarillo				MI
<i>Empidonax virescens</i>	Papamoscas Verdoso				T
<i>Empidonax alnorum</i>	Papamoscas Ailero				T
<i>Empidonax traillii</i>	Papamoscas Saucero				MI
<i>Empidonax albigularis</i>	Papamoscas Garganta Blanca				MV
<i>Empidonax minimus</i>	Papamoscas Chico				MI
<i>Empidonax hammondii</i>	Papamoscas de Hammond				MI
<i>Empidonax wrightii+</i>	Papamoscas Bajacolina			SE	MI
<i>Empidonax oberholseri</i>	Papamoscas Matorralero			SE	MI
<i>Empidonax occidentalis</i>	Papamoscas Amarillo Barranqueño			SE	R
<i>Empidonax fulvifrons</i>	Papamoscas Pecho Canela				R
<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas Negro				R
<i>Sayornis phoebe</i>	Papamoscas Fíbí				MI
<i>Sayornis saya</i>	Papamoscas Llanero				MI
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas Cardenalito				R
Laniidae					
<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo Americano		NT		R
Vireonidae					
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón Cejas Canela				R
<i>Vireolanius melitophrys*</i>	Vireón Arlequín			CE	R
<i>Vireolanius pulchellus</i>	Vireón Esmeralda	A			R
<i>Tunchionis ochraceiceps</i>	Vireocillo Corona Canela	Pr			R
<i>Pachysylvia decurtata</i>	Vireocillo Cabeza Gris	Pr			R
<i>Vireo brevipennis*</i>	Vireo Pizarra	A		EN	R
<i>Vireo nelsoni*</i>	Vireo Enano	Pr		EN	R
<i>Vireo griseus</i>	Vireo Ojos Blancos				MI
<i>Vireo bellii</i>	Vireo de Bell		NT		T
<i>Vireo huttoni</i>	Vireo Reyezuelo				R
<i>Vireo flavifrons</i>	Vireo Garganta Amarilla				MI
<i>Vireo cassinii</i>	Vireo de Cassin			SE	MI
<i>Vireo solitarius</i>	Vireo Anteojillo				MI
<i>Vireo plumbeus</i>	Vireo Plomizo				R
<i>Vireo philadelphicus</i>	Vireo de Filadelfia				MI
<i>Vireo gilvus</i>	Vireo Gorjeador				MI
<i>Vireo leucophrys</i>	Vireo Gorra Café				R
<i>Vireo olivaceus</i>	Vireo Ojos Rojos				T
<i>Vireo flavoviridis</i>	Vireo Verdeamarillo				MV
Corvidae					
<i>Cyanolyca nana</i>	Chara Enana	P	VU	EN	R
<i>Cyanolyca cucullata*</i>	Chara Gorro Azul	A			R
<i>Psilorhinus morio</i>	Chara Pea				R
<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara Verde				R
<i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara Copetona				R
<i>Aphelocoma woodhouseii</i>	Chara de Collar				R
<i>Aphelocoma unicolor*</i>	Chara Unicolor	A			R
<i>Corvus corax</i>	Cuervo Común				R

Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
Hirundinidae					
<i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina Bicolor				MI
<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina Verdemar				R, MI
<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina Manglera				R
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina Alas Aserradas				R
<i>Progne chalybea</i>	Golondrina Pecho Gris				MV
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Tijereta				MI, R
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina Risquera				MV, T
Paridae					
<i>Poecile sclateri</i>	Carbonero Mexicano			CE	R
<i>Baeolophus wollweberi</i>	Carbonero Embridado				R
<i>Baeolophus atricristatus+</i>	Carbonero Cresta Negra				R
Aegithalidae					
<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo				R
Sittidae					
<i>Sitta carolinensis</i>	Bajapalos Pecho Blanco				R
<i>Sitta pygmaea</i>	Bajapalos Enano				R
Certhiidae					
<i>Certhia americana</i>	Trepadorcito Americano				R
Troglodytidae					
<i>Salpinctes obsoletus</i>	Saltapared de Rocas				R
<i>Catherpes mexicanus</i>	Saltapared Barranqueño				R
<i>Hylorchilus sumichrasti*</i>	Cuevero de Sumichrast	A	NT	EN	R
<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared Común				R
<i>Cistothorus platensis</i>	Saltapared Sabanero				R
<i>Cistothorus palustris</i>	Saltapared Pantanero				MI
<i>Thryomanes bewickii</i>	Saltapared Cola Larga				R
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Matraca Tropical				R
<i>Campylorhynchus megalopterus*</i>	Matraca Barrada			EN	R
<i>Campylorhynchus rufinucha rufinucha</i>	Matraca Nuca Canela	A			R
<i>Pheugopedius maculipectus</i>	Saltapared Moteado				R
<i>Uropsila leucogastra</i>	Saltapared Vientre Blanco			CE	R
<i>Henicorhina leucosticta</i>	Saltapared Pecho Blanco				R
<i>Henicorhina leucophrys</i>	Saltapared Pecho Gris				R
Poliopitidae					
<i>Ramphocaenus melanurus</i>	Saltón Picudo				R
<i>Poliopitila caerulea</i>	Perlita Azulgris				MI
Cinclidae					
<i>Cinclus mexicanus</i>	Mirlo Acuático Norteamericano	Pr			R
Regulidae					
<i>Regulus satrapa</i>	Reyezuelo Corona Amarilla				R
<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo Matraquita				MI
Turdidae					
<i>Sialia sialis</i>	Azulejo Garganta Canela				R
<i>Sialia mexicana</i>	Azulejo Garganta Azul				R
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín Jilguero	Pr			R
<i>Myadestes unicolor*</i>	Clarín Unicolor	A			R
<i>Catharus aurantiirostris</i>	Zorzal Pico Naranja				R
<i>Catharus occidentalis</i>	Zorzal Mexicano			EN	R
<i>Catharus frantzii*</i>	Zorzal de Frantzius	A			R
<i>Catharus mexicanus*</i>	Zorzal Corona Negra	Pr			R
<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Anteojos				MI
<i>Catharus guttatus</i>	Zorzal Cola Canela				MI
<i>Hylocichla mustelina</i>	Zorzal Moteado		NT		MI
<i>Turdus infuscatus*</i>	Mirlo Negro	P			R
<i>Turdus grayi</i>	Mirlo Café				R
<i>Turdus assimilis</i>	Mirlo Garganta Blanca				R
<i>Turdus rufopalliatu+</i>	Mirlo Dorso Canela			EN	ACC

Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
<i>Turdus migratorius</i>	Mirlo Primavera				R
<i>Ridgwayia pinicola</i>	Mirlo Azteca	Pr		EN	R
Mimidae					
<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato Azul			EN	R
<i>Dumetella carolinensis</i>	Maulador Gris				MI
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuicacoche Pico Curvo				R
<i>Toxostoma ocellatum*</i>	Cuicacoche Moteado			EN	R
<i>Toxostoma longirostre</i>	Cuicacoche Pico Largo			CE	R
<i>Mimus polyglottos</i>	Centzontle Norteño				R, MI
Sturnidae					
<i>Sturnus vulgaris</i>	Estornino Pinto			Exo	R
Bombycillidae					
<i>Bombycilla cedrorum</i>	Chinito				MI
Ptiliognatidae					
<i>Ptiliognys cinereus</i>	Capulnero Gris			CE	R
<i>Phainopepla nitens</i>	Capulnero Negro				MI
Peucedramidae					
<i>Peucedramus taeniatus</i>	Ocotero Enmascarado				R
Estrildidae					
<i>Lonchura malacca</i>	Capuchino Tricolor			Exo	R
Passeridae					
<i>Passer domesticus</i>	Gorrion Doméstico			Exo	R
Motacillidae					
<i>Anthus rubescens</i>	Bisbita Norteamericana				MI
Fringillidae					
<i>Chlorophonia occipitalis</i>	Clorofonia Corona Azul				R
<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia Garganta Negra				R
<i>Euphonia hirundinacea</i>	Eufonia Garganta Amarilla				R
<i>Euphonia elegantissima</i>	Eufonia Gorra Azul				R
<i>Coccothraustes abeillei*</i>	Picogrueso Encapuchado			CE	R
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón Mexicano				R
<i>Loxia curvirostra</i>	Picotuerto Rojo				R
<i>Spinus pinus</i>	Jilguerito Pinero				R
<i>Spinus notatus</i>	Jilguerito Encapuchado				R
<i>Spinus psaltria</i>	Jilguerito Dominicó				R
Passerellidae					
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	Chinchinero Común				R
<i>Peucaea botterii</i>	Zacatonero de Botteri				R
<i>Ammodramus savannarum</i>	Gorrion Chapulín				MI
<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Rascador Oliváceo			CE	R
<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrion Arlequin				MI
<i>Spizella passerina</i>	Gorrion Cejas Blancas				MV
<i>Spizella pallida</i>	Gorrion Pálido			SE	MI
<i>Spizella atrogularis</i>	Gorrion Barba Negra				R
<i>Arremon aurantiostris*</i>	Rascador Pico Naranja				R
<i>Arremon brunneinucha</i>	Rascador Gorra Castaña				R
<i>Junco phaeonotus</i>	Junco Ojos de Lumbre			CE	R
<i>Oriturus superciliosus</i>	Zacatonero Serrano			EN	R
<i>Poocetes gramineus</i>	Gorrion Cola Blanca				MI
<i>Passerculus sandwichensis</i>	Gorrion Sabanero				MI, R
<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrion de Lincoln				MI
<i>Melozona fusca</i>	Rascador Viejita				R
<i>Aimophila rufescens</i>	Zacatonero Canelo				R
<i>Aimophila ruficeps</i>	Zacatonero Corona Canela				R
<i>Pipilo maculatus</i>	Rascador Moteado				R
<i>Pipilo ocai</i>	Rascador de Collar			EN	R
<i>Atlapetes pileatus</i>	Rascador Gorra Canela			EN	R
<i>Atlapetes albinucha</i>	Rascador Nuca Blanca				R

Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
Icteriidae					
<i>Icteria virens</i>	Chipe Grande				MI
Icteridae					
<i>Amblycercus holosericeus</i>	Cacique Pico Claro				R
<i>Psarocolius wagleri</i>	Oropéndola Cabeza Castaña	Pr			R
<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola de Moctezuma	Pr			R
<i>Icterus prothemelas</i>	Calandria Caperuza Negra				R
<i>Icterus spurius</i>	Calandria Castaña				MI, T
<i>Icterus cucullatus</i>	Calandria Dorso Negro Menor			SE	T
<i>Icterus mesomelas</i>	Calandria Cola Amarilla				R
<i>Icterus pustulatus</i>	Calandria Dorso Rayado				R
<i>Icterus bullockii</i>	Calandria Cejas Naranjas			SE	MI
<i>Icterus gularis</i>	Calandria Dorso Negro Mayor				R
<i>Icterus graduacauda</i>	Calandria Capucha Negra			CE	R
<i>Icterus galbula</i>	Calandria de Baltimore				MI
<i>Icterus parisorum</i>	Calandria Tunera			SE	R
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento				R
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo Ojos Rojos				R
<i>Molothrus ater</i>	Tordo Cabeza Café				R, MI
<i>Molothrus oryzivorus</i>	Tordo Gigante				R
<i>Dives dives</i>	Tordo Cantor				R
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Mayor				R
Parulidae					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	Chipe Suelero				MI
<i>Helmitheros vermivorum</i>	Chipe Gusanero				MI
<i>Parkesia motacilla</i>	Chipe Arroyero				MI
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Chipe Charquero				MI
<i>Vermivora chrysoptera</i>	Chipe Alas Amarillas		NT		MI
<i>Vermivora cyanoptera</i>	Chipe Alas Azules				MI
<i>Mniotilta varia</i>	Chipe Trepador				MI
<i>Protonotaria citrea</i>	Chipe Dorado				MI
<i>Limnothlypis swainsonii</i>	Chipe Corona Café	Pr			MI
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	Chipe Cejas Blancas				R
<i>Leiostyris peregrius</i>	Chipe Peregrino				MI
<i>Leiostyris celata</i>	Chipe Oliváceo				MI
<i>Leiostyris ruficapilla</i>	Chipe Cabeza Gris				MI
<i>Leiostyris virginiae</i>	Chipe de Virginia			SE	ACC
<i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita Pico Grueso				R
<i>Geothlypis tolmiei</i>	Chipe Lores Negros	A			MI
<i>Geothlypis philadelphia</i>	Chipe de Pechera				T
<i>Geothlypis formosa</i>	Chipe Patilludo				MI
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita Común				MI, R
<i>Geothlypis nelsoni</i>	Mascarita Matorralera			EN	R
<i>Setophaga citrina</i>	Chipe Encapuchado				MI
<i>Setophaga ruticilla</i>	Pavito Migratorio				MI
<i>Setophaga americana</i>	Chipe Pecho Manchado				MI
<i>Setophaga pitiayumi</i>	Chipe Tropical				R
<i>Setophaga magnolia</i>	Chipe de Magnolias				MI
<i>Setophaga castanea</i>	Chipe Castaño				T
<i>Setophaga fusca</i>	Chipe Garganta Naranja				T
<i>Setophaga petechia</i>	Chipe Amarillo				MI, T
<i>Setophaga pensylvanica</i>	Chipe Flancos Castaños				T, MI
<i>Setophaga coronata</i>	Chipe Rabadilla Amarilla				MI
<i>Setophaga dominica</i>	Chipe Garganta Amarilla				MI
<i>Setophaga graciae+</i>	Chipe Cejas Amarillas				ACC
<i>Setophaga nigrescens+</i>	Chipe Negrogris			SE	MI
<i>Setophaga townsendi</i>	Chipe de Townsend				MI
<i>Setophaga occidentalis</i>	Chipe Cabeza Amarilla				MI

Especie	Nombre Común	NOM	UICN	End.	Est.
<i>Setophaga chrysoparia*</i>	Chipe Cachetes Amarillos	P	EN		T
<i>Setophaga virens</i>	Chipe Dorso Verde				MI
<i>Basileuterus lachrymosus</i>	Pavito de Rocas				R
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe Gorra Canela			CE	R
<i>Basileuterus belli</i>	Chipe Cejas Doradas				R
<i>Basileuterus culicivorus</i>	Chipe Cejas Negras				R
<i>Cardellina canadensis</i>	Chipe de Collar				T
<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe Corona Negra				MI
<i>Cardellina rubrifrons</i>	Chipe Cara Roja			SE	MI
<i>Cardellina rubra</i>	Chipe Rojo			EN	R
<i>Myioborus pictus</i>	Pavito Alas Blancas				R
<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito Alas Negras				R
Cardinalidae					
<i>Piranga flava</i>	Piranga Encinera				R
<i>Piranga rubra</i>	Piranga Roja				MI
<i>Piranga ludoviciana</i>	Piranga Capucha Roja				MI
<i>Piranga bidentata</i>	Piranga Dorso Rayado				R
<i>Piranga leucoptera</i>	Piranga Alas Blancas				R
<i>Habia rubica</i>	Piranga Hormiguera Corona Roja				R
<i>Habia fuscicauda</i>	Piranga Hormiguera Garganta Roja				R
<i>Caryothraustes poliogaster</i>	Picogordo Cara Negra				R
<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal Rojo				R
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Picogordo Degollado				MI
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo Tigrillo			SE	R, MI
<i>Cyanoloxia cyanoides</i>	Picogordo Azulnegro				R
<i>Cyanocopsa parellina</i>	Colorín Azulnegro				R
<i>Passerina caerulea</i>	Picogordo Azul				MI
<i>Passerina cyanea</i>	Colorín Azul				MI
<i>Passerina versicolor</i>	Colorín Morado				MI
<i>Passerina ciris</i>	Colorín Sietecolores	Pr	NT		MI
<i>Spiza americana</i>	Arrocero Americano				T
Thraupidae					
<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara Azulgris				R
<i>Thraupis abbas</i>	Tangara Alas Amarillas				R
<i>Diglossa baritula</i>	Picochueco Vientre Canela				R
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero Brincador				R
<i>Lanio aurantius*</i>	Tangara Capucha Negra	Pr			R
<i>Ramphocelus sanguinolentus</i>	Tangara Rojinegra				R
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Mielero Patas Rojas				R
<i>Coereba flaveola</i>	Reinita Mielera				R
<i>Tiaris olivacea</i>	Semillero Oliváceo				R
<i>Sporophila funerea</i>	Semillero Pico Grueso				R
<i>Sporophila corvina+</i>	Semillero Variable				ACC
<i>Sporophila moreletii</i>	Semillero de Collar				R
<i>Saltator atriceps</i>	Saltador Cabeza Negra				R
<i>Saltator maximus</i>	Saltador Garganta Ocre				R
<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador Gris				R



Bird diversity in a semi-arid landscape of the Mexican Altiplano

Diversidad de aves de un paisaje semiárido del Altiplano Mexicano

Ramírez-Albores, Jorge E.^{1*}

¹Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. El Cerrillo-Piedras Blancas, Toluca de Lerdo, Estado de México, C.P. 50200.

*Autor para correspondencia: jorgeramirez22@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: to evaluate the bird diversity in the El Llano region in Aguascalientes, central part of the Mexican Altiplano, a region that has been transformed into grasslands and agricultural areas.

Design/methodology/approach: from January 2010 to March 2012, a bird fauna inventory was carried out through transects with counting points within different areas with different vegetation and land use in the region.

Results: a total of 166 bird species were recorded, the greatest species richness was terrestrial (136), and the rest were of aquatic and subaquatic habits (30). Of the total species, seven are listed under some risk status and two are endemic to Mexico.

Limitations on study/implications: there are other habitats around this region that can also serve as areas of movement and shelter for birds and have not yet been studied.

Findings/conclusions: the greatest diversity was observed in thickets, nopal orchards and yuccas patches, and oak forest. Bird diversity recorded in this region suggests that this area represents an important source of food resources, nesting area by resident species, as well as a transit site for migratory species.

Keywords: Aguascalientes, birds, El Llano, fragmentation, disturbed ecosystem.

RESUMEN

Objetivo: evaluar la diversidad de aves en la región de El Llano en Aguascalientes, parte central del Altiplano Mexicano, una región que ha sido transformada en pastizales y zonas agrícolas.

Diseño/metodología/aproximación: de enero de 2010 a marzo de 2012 se realizó un inventario avifaunístico a través de recorridos con puntos de conteo dentro de diferentes áreas con distinta vegetación y de uso de suelo en de la región.

Resultados: se registraron 166 especies de aves, la mayor riqueza de especies fue terrestre (136), y el resto fueron de hábitos acuáticos y subacuáticos (30). Del total de especies, siete están enlistadas bajo algún estatus de riesgo y dos son endémicas de México. La mayor diversidad se observó en los matorrales, nopaleras e izotales, y encinares.

Limitaciones del estudio/implicaciones: existen otros hábitats a los alrededores de esta región que pueden servir también como zonas de desplazamiento y refugio para las aves y que aún no han sido estudiados.

Hallazgos/conclusiones: la diversidad de aves registrada en esta región sugiere que esta área representa una fuente importante de recursos alimenticios, espacio de anidación para especies residentes, así como sitio de paso para especies migratorias.

Palabras clave: Aguascalientes, avifauna, El Llano, fragmentación, ecosistemas perturbados.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 27-35.

Recibido: diciembre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

INTRODUCCIÓN

Las aves son uno de los grupos más afectados por la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales, con una marcada sensibilidad a los cambios ambientales (Morrison, 1986). Diversos estudios han demostrado que la transformación del hábitat natural hacia asentamientos humanos, pastizales o zonas agrícolas afecta negativamente a la comunidad de aves, modificando su diversidad, composición y reduciendo el tamaño poblacional de algunas especies (Renjifo, 1999; Fahrig, 2003 Laurance y Bierregaard, 1997; Daily *et al.*, 2001). Ante esta situación, ¿cómo responderán las aves, si es un grupo muy sensible a los cambios en las características del hábitat?, especialmente a los relacionados con la estructura de la vegetación (Arizmendi, 2001; Serkocioğlu *et al.*, 2004). Los procesos antes mencionados no solo reducen los hábitats naturales con condiciones adecuadas para ser utilizados por las aves, sino que también limitan la conectividad entre los remanentes de vegetación natural, que quedan aislados y rodeados de una matriz poco favorable e impermeable para muchas especies de aves (Crooks *et al.*, 2011). Por tanto, ante la constante y progresiva transformación de los hábitats naturales, los remanentes de vegetación natural e inclusive la introducida, tales como plantaciones de uso forestal o barreras rompe vientos inmersos en una matriz con diferentes usos de suelo están destinadas a convertirse en refugios y hábitat alternativos para la avifauna.

La avifauna en Aguascalientes, México, es heterogénea debido a que está influenciada por la vegetación, clima y topografía (De la Riva y Franco, 2008). Esto sugiere que es una entidad en la que existe gran diversidad de aves residentes, y se incrementa por ser una ruta de migración de otras especies (Hutto, 1995). A pesar de que las zonas áridas y semiáridas del Altiplano Mexicano son de gran importancia respecto a la diversidad de aves, existen regiones con pocos reportes sobre el conocimiento avifaunístico. Aunado a lo anterior, el alto nivel de antropización del paisaje pone potencialmente en riesgo a las especies que han logrado persistir bajo la presión impuesta a la modificación de sus hábitats originales. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad de aves en diferentes hábitats para una mejor representatividad del paisaje de la región de El Llano en el estado de Aguascalientes, México, con el fin de contribuir al conocimiento, conservación y promoción de estudios al respecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en El Llano, un municipio ubicado en la parte sureste de Aguascalientes (22° 04' y 21° 47' N, 101° 50' y 102° 11' O), en la provincia fisiográfica conocida como Altiplano Mexicano y en la subprovincia fisiográfica Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes (INEGI, 2001). Este municipio se encuentra a una altitud de 2,020 m, y una superficie de 511 km² (INEGI, 2001). El clima es semiárido, con una temperatura media anual es de 12 a 18 °C y una precipitación media anual de 526 mm durante el verano, aunque durante el invierno la precipitación es de baja intensidad. La máxima incidencia de lluvia se presenta en el mes de julio con un rango entre los 100 y 120 mm.

El municipio se ubica en una región semiárida fuertemente antropizada en la cual se encuentran diferentes hábitats que se intercalan como zonas de pastoreo y parcelas de agricultura de temporal con huertas de nopal tunero, pastizales sobre pastoreados y manchones de matorral xerófito, principalmente secundario (CONABIO, 2008). La vegetación característica de la región se encuentra en un mosaico de pastizales naturales e inducidos (*Bouteloua* sp., *Muhlenbergia* sp., *Aristida* sp., *Eragrostis* sp. entre otras especies), matorrales xerofitos dominados por huizaches (*Acacia* sp.), mezquites (*Prosopis* sp.), nopales (*Opuntia robusta*, *O. streptocantha*, *O. hyptiacantha*, *O. joconostle*, *O. leucotricha*) y Fabáceas perennes (*Vachellia* sp., *Mimosa* sp.; Rzedowski, 2006) asociados con encinares (*Quercus* sp.). En las cañadas y arroyos se presenta vegetación riparia y estratos arbustivos de mezquital (*Prosopis laevigata*) y huizaches (*Acacia farnesiana*). Las mesetas están cubiertas por pastizales, izotales (*Yucca filifera*) y encinos (*Quercus* sp.).

Métodos de observación

El estudio se realizó durante dos años con cinco días de muestreo por sitio al mes en los horarios matutino de 6:00 am - 11:00 am, y vespertino de 15:00 a 19:00 h. Se realizaron transectos en combinación con puntos de conteo, donde se registraron las especies observadas. Los transectos tuvieron una longitud de 2 a 4 km dependiendo de las condiciones del terreno, teniendo dos transectos por cada sitio de muestreo y por cada transecto se establecieron 15 puntos de conteo. Se ubicaron puntos de conteo de 25 m de radio en cada punto y se identificaron las aves observadas por diez minutos (Ralph *et al.*, 1996); la distancia entre cada punto de conteo fue de 200 m. Se utilizaron binoculares Vortex® 7×32

y guías de campo especializadas para la identificación de las aves en campo. Las categorías estacionales corresponden a las sugeridas por Howell y Webb (1995), el grado de vulnerabilidad de cada especie se clasificó con base en la NOM-059-Semarnat-2010 (Semarnat, 2010) y a la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2019), así como el endemismo (González-García y Gómez de Silva, 2003).

Para evaluar el esfuerzo de muestreo y la representatividad del inventario, se elaboraron curvas de acumulación de especies basada en estimadores no paramétricos Chao₂ y Jackknife de primer orden, los cuales están basados en datos de presencia-ausencia (Hortal *et al.*, 2006). Para determinar diferencias en la riqueza de especies entre los sitios, se realizó una curva de acumulación de especies, considerando como sitios diferentes, aquellos en los cuales no se traslapan sus intervalos de confianza al 95%. Tanto los estimadores de riqueza como la curva de acumulación se calculó con el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013), aleatorizando 1,000 veces las muestras para evitar un efecto en el orden de éstas. Se comparó la abundancia y riqueza entre tipos de vegetación y de uso de suelo por medio de una prueba de χ^2 . La diversidad alfa fue cuantificada con el índice de diversidad de Shannon, y posteriormente se comparó por medio de la prueba *t* de Hutcheson. La similitud entre tipos de vegetación y de uso de suelo fue a través del índice de Bray-Curtis (Moreno, 2001). Los análisis se realizaron con Biodiversity Pro 2.0 (McAleece *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron un total de 166 especies de aves, perte-

necientes a 47 familias y 17 órdenes (Cuadro 1). A pesar, que en la región del Llano se ha modificado más del 90% de su superficie por uso agrícola, ganadero, urbano y extracción de recursos forestales (IMAE, 2009), los registros representan el 68.3% de la avifauna reportada para Aguascalientes y 14.4% de la avifauna nacional (De la Riva y Franco, 2008; Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014). Adicionalmente, la riqueza de especies reportada en este estudio aumenta en 7.4% a la previamente registrada por De la Riva y Franco (2008) para la entidad (Cuadro 1). Las familias con mayor número de especies fueron Passerellidae, Tyrannidae, Anatidae y Accipitridae, que en conjunto sumaron el 32.5% del total de especies registradas. Ochenta y cuatro especies se consideran residentes (50.6%), 76 migratorias (45.8%) y seis introducidas (3.6%; Cuadro 1).

La mayor riqueza de especies fueron aves terrestres (136 especies), y el resto fueron especies con hábitos acuáticos y subacuáticos (30 especies). Siete de éstas, se enlistan en la NOM-059, dos en la IUCN y dos son endémicas. La riqueza observada concuerda con los estimadores no paramétricos (Chao₂=166, Jackknife₁=167; Figura 1). La abundancia y riqueza de las especies fueron significativamente diferentes entre los tipos de vegetación y de uso de suelo ($\chi^2=300.8$, *gl*=240, *p*<0.0001). La riqueza y diversidad alfa fueron más altas en los matorrales (*S*=93, *H'*=2.99), nopaleras e izotalas (*S*=78, *H'*=2.95) y encinares (*S*=65, *H'*=2.91) principalmente los que se encontraban cercanos a cuerpos de agua (Figura 2). Considerando sus requerimientos de hábitat se observaron diferencias significativas en abundancia y riqueza de especies entre tipos de vegetación y de uso de suelo tanto para especies de hábitos generalistas ($\chi^2=154.2$, *gl*=75, *p*<0.0001) como especialistas ($\chi^2=39.4$, *gl*=44,

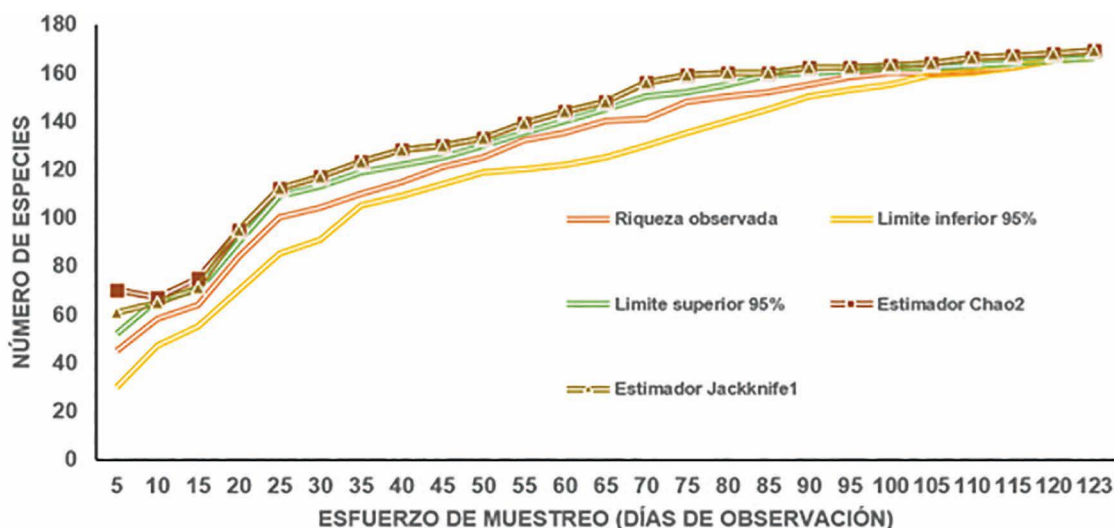


Figura 1. Curva de acumulación de especies de aves en la región de El Llano, en función de los días de observación. Se muestran los intervalos de confianza al 95% y los estimadores no paramétricos Chao₂ y Jackknife₁.

Cuadro 1. Listado de aves registradas en la región de El Llano, Aguascalientes, México. Tipos de vegetación y de uso de suelo: matorral (Mat), bosque de encino (Enc), nopaleras e izotalas (Nop), pastizal (Pas), zona urbana-rural (Urb), cultivos (Cul) y cuerpos de agua (Cag). *Nuevos reportes de presencia para especies de aves, las cuales no son reportadas por De la Riva y Franco (2008).

Especie	Estacionalidad	Estatus de vulnerabilidad	Tipo de vegetación y de uso de suelo
<i>Spatula discors</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Spatula cyanoptera</i>	Residente		Cag
<i>Spatula clypeata</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Mareca strepera</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Mareca americana</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Anas diazi</i>	Residente		Cag
<i>Anas acuta</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Anas crecca</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Aythya affinis</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Bucephala albeola</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Colinus virginianus</i>	Residente		Mat-Pas-Nop
<i>Callipepla squamata</i>	Residente		Mat-Nop
<i>Podiceps nigricollis</i>	Visitante de verano		Cag
<i>Columba livia</i>	Introducida		Urb-Cul
<i>Columbina inca</i>	Residente		Urb-Cul-Mat
<i>Zenaida asiatica</i>	Residente		Urb-Nop-Mat-Pas
<i>Zenaida macroura</i>	Residente		Enc-Urb-Nop-Mat-Pas
<i>Geococcyx californianus</i>	Residente		Mat-Nop
<i>Chordeiles acutipennis*</i>	Residente		Enc-Nop-Mat
<i>Chordeiles minor</i>	Transitoria		Enc-Nop-Mat
<i>Phalaenoptilus nuttallii*</i>	Residente		Enc-Nop-Mat
<i>Chaetura vauxi*</i>	Transitorio		Enc-Cul-Nop-Pas-Urb
<i>Aeronatus saxatalis</i>	Residente		Enc
<i>Archilochus alexandri</i>	Transitorio		Enc-Nop
<i>Archilochus colubris</i>	Transitorio		Enc-Nop-Urb
<i>Selasphorus platycercus</i>	Residente de verano		Enc-Nop
<i>Selasphorus rufus</i>	Transitorio		Enc-Nop
<i>Cyananthus latirostris</i>	Residente		Enc-Nop-Mat-Urb
<i>Amazilia beryllina*</i>	Residente		Enc-Nop-Mat-Urb
<i>Fulica americana</i>	Residente		Cag
<i>Himantopus mexicanus</i>	Residente		Cag
<i>Recurvirostra americana</i>	Residente		Cag
<i>Charadrius vociferus</i>	Residente		Cag-Cul-Pas
<i>Bartramia longicauda</i>	Transitoria		Cag
<i>Numenius americanus</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Calidris minutilla</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Gallinago delicata</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Actitis macularius</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Tringa melanoleuca</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Larus delawarensis</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Residente		Cag
<i>Ardea herodias</i>	Visitante de invierno		Cag
<i>Ardea alba</i>	Visitante de invierno		Cag-Pas-Cul
<i>Egretta thula</i>	Visitante de invierno		Cag-Cul
<i>Bubulcus ibis</i>	Introducida		Cul
<i>Butorides virescens</i>	Residente		Cag
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Residente		Cag
<i>Plegadis chihi</i>	Residente		Cag
<i>Coragyps atratus</i>	Residente		Enc-Mat-Cul-Nop-Pas-Urb

Especie	Estacionalidad	Estatus de vulnerabilidad	Tipo de vegetación y de uso de suelo
<i>Cathartes aura</i>	Residente		Enc-Mat-Cul-Nop-Pas-Urb
<i>Elanus leucurus</i>	Visitante de invierno		Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Circus hudsonius</i>	Visitante de invierno		Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Accipiter striatus</i>	Residente		Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Accipiter cooperi*</i>	Visitante de invierno	Protección especial	Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Transitorio	Protección especial	Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Buteo lineatus</i>	Visitante de invierno		Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Buteo swainsoni</i>	Transitorio	Protección especial	Enc-Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Buteo albonotatus</i>	Transitorio		Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Buteo jamaicensis</i>	Residente		Enc-Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Aquila chrysaetos</i>	Residente	Amenazada	Enc-Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Tyto alba</i>	Residente		Urb-Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Bubo virginianus</i>	Residente		Enc-Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Athene cunicularia</i>	Residente		Cul-Pas-Nop
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Residente		Enc
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Residente		Mat-Nop
<i>Sphyrapicus varius</i>	Visitante de invierno		Enc
<i>Dryobates scalaris</i>	Residente		Enc-Mat-Nop-Urb
<i>Colaptes auratus</i>	Residente		Enc-Mat-Nop
<i>Caracara cheriway</i>	Residente		Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Falco sparverius</i>	Visitante de invierno		Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Falco peregrinus</i>	Residente	Protección especial	Enc-Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Falco mexicanus</i>	Visitante de invierno	Amenazada	Enc-Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Camptostoma imberbe</i>	Residente		Enc-Mat-Nop-Urb
<i>Contopus cooperi</i>	Transitorio		Enc-Mat-Nop
<i>Contopus pertinax</i>	Residente		Enc-Mat-Nop
<i>Contopus sordidulus</i>	Residente de verano		Enc-Nop
<i>Empidonax minimus</i>	Transitorio		Mat-Nop
<i>Empidonax hammondi*</i>	Visitante de invierno		Enc-Mat-Nop
<i>Empidonax wrightii*</i>	Visitante de invierno		Enc-Mat-Nop-Urb
<i>Empidonax occidentalis*</i>	Residente		Enc-Mat-Nop
<i>Sayornis nigricans</i>	Residente		Mat-Urb
<i>Sayornis saya</i>	Visitante de invierno		Mat-Nop-Pas
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Residente		Mat-Nop-Urb
<i>Myiarchus cinerascens</i>	Residente de verano		Mat-Nop-Urb
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Residente		Mat
<i>Tyrannus vociferus</i>	Residente		Enc-Mat-Nop-Urb
<i>Lanius ludovicianus</i>	Residente		Mat-Nop-Cul
<i>Vireo belli</i>	Transitorio		Enc
<i>Vireo huttoni</i>	Residente		Enc-Mat-Nop
<i>Vireo gilvus*</i>	Transitorio		Enc-Mat-Nop
<i>Aphelocoma californica</i>	Residente		Enc
<i>Corvus cryptoleucus</i>	Visitante de invierno		Enc-Mat-Nop-Cul-Pas-Urb
<i>Corvus corax</i>	Residente		Enc-Mat-Nop-Cul-Pas-Urb
<i>Eremophila alpestris</i>	Residente		Cul-Pas
<i>Tachycineta bicolor*</i>	Visitante de invierno		Enc-Mat-Nop
<i>Tachycineta thalassina</i>	Visitante de invierno		Enc-Mat-Nop
<i>Stelgidopteryx serripennis*</i>	Transitorio		Mat-Nop-Cul-Pas
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Residente de verano		Enc-Mat-Nop
<i>Hirundo rustica</i>	Residente		Cul-Pas-Urb
<i>Poecile sclateri</i>	Residente		Enc
<i>Auriparus flavipes</i>	Residente		Enc-Mat
<i>Psaltriparus minimus</i>	Residente		Mat-Nop

Especie	Estacionalidad	Estatus de vulnerabilidad	Tipo de vegetación y de uso de suelo
<i>Sitta carolinensis</i>	Residente		Enc
<i>Salpinctes obsoletus</i>	Residente		Enc-Nop
<i>Catherpes mexicanus</i>	Residente		Mat-Nop
<i>Thryomanes bewickii</i>	Residente		Mat-Nop-Urb
<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Residente		Nop
<i>Polioptila caerulea</i>	Residente		Enc-Mat-Nop-Urb
<i>Regulus calendula</i>	Visitante de invierno		Enc-Urb
<i>Sialia mexicana</i>	Residente		Mat-Pas
<i>Catharus guttatus</i>	Visitante de invierno		Enc-Mat
<i>Turdus rufopalliatu</i> s	Introducida		Enc-Mat-Nop-Urb
<i>Turdus migratorius</i>	Residente		Enc-Mat-Nop-Urb
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Residente		Mat-Nop-Urb
<i>Oreoscoptes montanus*</i>	Visitante de invierno		Mat-Nop
<i>Mimus polyglottos</i>	Residente		Mat-Nop-Urb
<i>Sturnus vulgaris</i>	Introducida		Urb-Cul
<i>Bombycilla cedrorum</i>	Visitante de invierno		Enc
<i>Ptiliogonys cinereum</i>	Residente		Enc
<i>Phainopepla nitens</i>	Residente		Mat-Nop
<i>Passer domesticus</i>	Introducida		Urb
<i>Anthus rubescens</i>	Visitante de invierno		Pas-Cul
<i>Anthus spragueii</i>	Visitante de invierno		Pas-Cul
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Residente		Mat-Urb-Cul-Nop
<i>Spinus psaltria</i>	Residente		Mat-Urb-Nop
<i>Atlapetes pileatus*</i>	Residente		Enc-Nop
<i>Pipilo chlorurus</i>	Visitante de invierno		Enc
<i>Pipilo maculatus*</i>	Residente		Enc
<i>Aimophila ruficeps</i>	Residente		Mat
<i>Melospiza fusca</i>	Residente		Mat-Nop-Urb
<i>Peucaea botterii</i>	Residente		Mat-Pas-Cul
<i>Peucaea cassinii</i>	Visitante de invierno		Mat-Pas-Cul
<i>Spizella passerina</i>	Residente		Mat-Pas-Cul
<i>Spizella pallida</i>	Visitante de invierno		Mat-Pas-Cul
<i>Spizella breweri</i>	Visitante de invierno		Mat-Pas-Enc
<i>Spizella wortheni*</i>	Residente	Peligro de extinción	Mat
<i>Spizella atrogularis</i>	Residente		Mat-Pas-Cul
<i>Poocetes gramineus</i>	Visitante de invierno		Mat-Pas-Cul
<i>Chondestes grammacus</i>	Visitante de invierno		Mat-Pas-Cul
<i>Amphispiza bilineata</i>	Residente		Mat-Pas-Cul
<i>Calamospiza melanocorys</i>	Visitante de invierno		Mat
<i>Passerculus sandwichensis</i>	Visitante de invierno		Mat-Pas-Cul
<i>Ammodramus savannarum</i>	Visitante de invierno		Mat-Pas-Cul
<i>Melospiza lincolni</i>	Visitante de invierno		Mat-Pas-Cul
<i>Junco phaeonotus</i>	Residente		Mat-Pas-Cul
<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	Visitante de invierno		Mat-Cul
<i>Sturnella neglecta</i>	Residente		Mat-Nop-Pas
<i>Icterus parisorum</i>	Residente		Nop
<i>Molothrus aeneus</i>	Residente		Pas-Cul-Urb
<i>Molothrus ater</i>	Residente		Pas-Cul-Urb
<i>Euphagus cyanocephalus</i>	Visitante de invierno		Pas-Cul
<i>Quiscalus mexicanus*</i>	Introducida		Cul-Urb
<i>Oreothlypis celata</i>	Visitante de invierno		Enc
<i>Oreothlypis ruficapilla</i>	Visitante de invierno		Enc-Urb
<i>Geothlypis tolmiei*</i>	Visitante de invierno		Mat

Especie	Estacionalidad	Estatus de vulnerabilidad	Tipo de vegetación y de uso de suelo
<i>Setophaga coronata</i>	Visitante de invierno		Enc
<i>Setophaga townsendi</i>	Visitante de invierno		Enc
<i>Setophaga occidentalis</i>	Visitante de invierno		Enc
<i>Cardellina pusilla</i>	Visitante de invierno		Enc-Mat-Urb
<i>Piranga flava</i>	Residente		Enc
<i>Piranga rubra</i>	Visitante de invierno		Enc
<i>Cardinalis sinuatus</i>	Residente		Mat
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Residente		Enc-Urb
<i>Passerina caerulea</i>	Residente		Mat-Nop-Urb
<i>Passerina versicolor*</i>	Residente		Mat-Nop

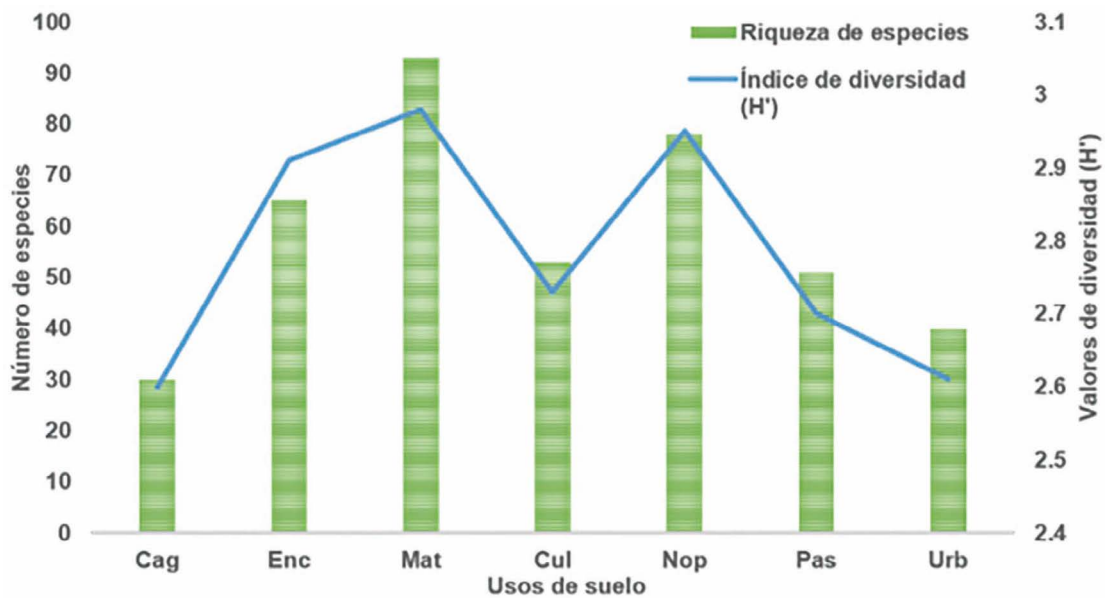


Figura 2. Riqueza de especies (S) e índice de diversidad de Shannon (H') por tipo de vegetación y de uso de suelo.

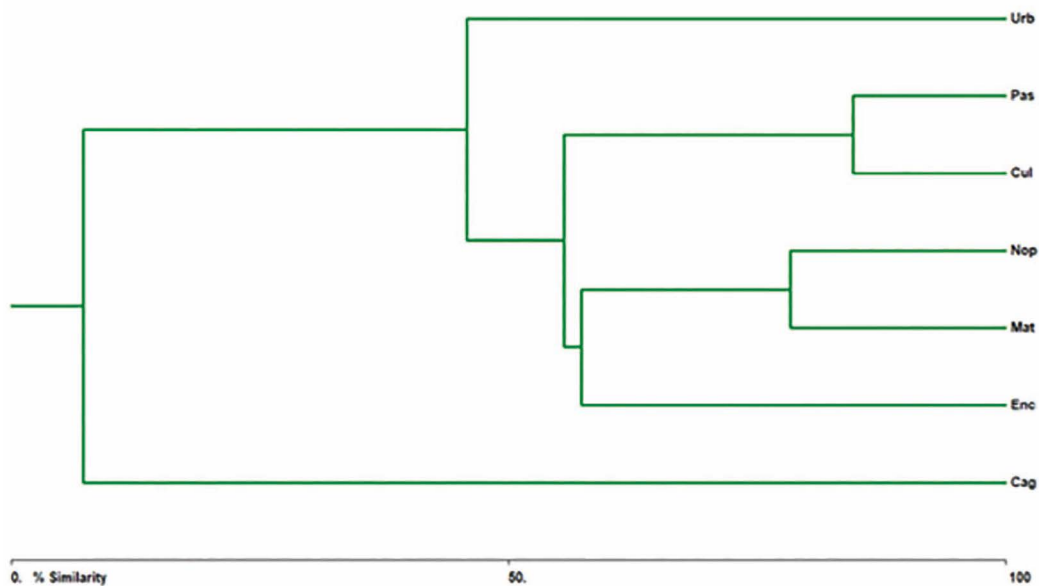


Figura 3. Dendrograma de similitud basado en la riqueza de especies de acuerdo con los diferentes tipos de vegetación y de uso de suelo en la región del Llano, Aguascalientes, México.

$p=0.005$). La mayor riqueza de especies generalistas se observó en la zona de cultivos y zona urbanarural. Para especies especialistas la mayor riqueza fue observada en el bosque de encino, y la menor en los matorrales (Cuadro 2). Los tipos de vegetación y de uso de suelo con mayor similitud respecto a la composición de la avifauna fueron los cultivos-pastizales (84.6%), seguido de matorrales-nopaleras e izotales (78.3%) y matorrales-pastizales (55.5%; Figura 3).

Se pueden observar diversas especies acuáticas y subacuáticas como *Mareca americana*, *Anas crecca*, *Ana diazi*, *Ardea alba*, *Egretta thula*, *Bubulcus ibis*, *Plegadis chihi* y *Charadrius vociferus*, las cuales están en constante desplazamiento entre los cuerpos de agua dentro y a los alrededores de la región, tales como Las Adjuntas, Bajío del Salitre, Los Campos entre otros. Asimismo, suelen desplazarse a otros cuerpos de agua hacia el noreste, sureste o sur de la entidad. Las especies de hábitos terrestres que más se movilizan son *Spizella passerina*, *Eremophila alpestris*, *Haemorhous mexicanus*, *Zenaida asiatica*, *Corvus corax* entre otras. Además, se registraron especies como *Colaptes auratus*, *Aphelocoma californica*, *Melanerpes formicivorus* y *Sitta carolinensis*, asociadas a áreas boscosas consideradas indicadores de la calidad del hábitat y que suelen utilizar los encinares o el arbolado disperso como sitios de refugio o movimiento (Temple y Wiens, 1989; Canterbury et al., 2000). También se pueden observar especies migratorias de invierno, como *Mareca americana*, *Spatula cyanoptera*, *S. clypeata*, *Anas diazi*, *A. acuta*, *A. crecca*, *A. discors*, *Aythya affinis*, *Bucephala*

albeola y *Oxyura jamaicensis*, así como otras residentes y migratorias que solo pueden ser observadas en los encinares como *Piranga flava*, *P. rubra*, *Aphelocoma californica*, *Setophaga coronata* y *S. occidentalis*. De acuerdo con estudios realizados en zonas adyacentes (Riojas-López y Mellink, 2005; Mellink et al., 2016, 2017; Riojas-López et al., 2019), esta región representa un sitio de anidación para diversas especies como *Mimus polyglottos*, *Zenaida asiatica*, *Sturnella neglecta*, *Dryobates scalaris*, *Falco sparverius*, *Toxostoma curvirostre*, *Melospiza fusca*, *Campylorhynchus brunneicapillus*. Además, esta región contiene un sitio importante como refugio, sitio de anidación y de conservación para *Aquila chrysaetos* en la serranía de Juan Grande, donde se han observado indicios de anidación desde 1999 (IMAE, 2009).

CONCLUSIONES

Las áreas utilizadas como sitios de refugio para muchas especies de aves son el Matorral de la Luz, Serranía de Juan Grande, Meseta de Palo Alto, Presa La Colorada y las cañadas con encinares de la meseta de Palo Alto. Sin embargo, esta región ha sido deficientemente estudiada en todos los grupos biológicos y existen vacíos importantes de información. La contribución al conocimiento fundamental para la toma de decisiones en gestión ambiental y de conservación de la biodiversidad de aves.

LITERATURA CITADA

- Arizmendi, M.C. (2001). Multiple ecological interactions: nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 79:997-1006. doi: 10.1139/z01-066
- Canterbury, G.E., Martin, T.E., Petit, D.R., Petit, L.J., & Bradford, D.F. (2000). Bird community and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conservation Biology* 14: 544-558. doi: 10.1046/j.1523-1739.2000.98235.x
- Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2008) La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. Aguascalientes, México: CONABIO-Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Colwell, R.K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. Disponible en: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Crooks, K.R., Burdett, C.L., Theobald, D.M., Rondinini, C., & Boitani, L. (2011). Global patterns of fragmentation and connectivity of mammalian carnivore habitat. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 366: 2642-2651. doi: 10.1098/rstb.2011.0120.
- Daily, G.C., Ehrlich, P.R., & Sánchez-Azofeifa, G.A. (2001). Countryside biogeography: use of human-dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications* 11:1-13. doi:10.1890/1051-0761(2001)011[0001:CBUOHD]2.0.CO;2
- De la Riva, G., & Franco, V. (2008). Aves. En CONABIO, La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado (pp. 148-161). Aguascalientes, México: CONABIO-Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes-Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:487-515. doi:10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419
- González-García, F., & Gómez de Silva, H. (2003). Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En H. Gómez de Silva, y A. Oliveras de Ita (eds.). *Conservación de aves. Experiencias en México* (pp. 150-194). México, D.F.: CIPAMEX-CONABIO-National Fish and Wildlife Foundation.
- Hortal, J., Borges, P.A.V. & Gaspar, C., 2006. Evaluating the performance of species richness estimators: sensitivity to sample grain size. *Journal of Animal Ecology* 75: 274-287. doi: 10.1111/j.1365-2656.2006.01048.x
- Howell, S.N., & Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford: Oxford University Press.

- Hutto, R.L. (1995). Can patterns of vegetation change in western Mexico explain population trends in western Neotropical migrants? En M. Wilson and S. Sader (Eds.), *Conservation of neotropical migratory birds in Mexico* (pp.48–58). Orono, Maine: Maine Agricultural and Forest Experiment Station, Miscellaneous Publication, 727.
- Instituto del Medio Ambiente (IMAE) (2009). *Áreas Prioritarias para la Conservación*. Aguascalientes, México: Instituto del Medio Ambiente-Gobierno del Estado de Aguascalientes.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2001). *Cuaderno Estadístico Municipal El Llano-Aguascalientes*. Aguascalientes, México: INEGI.
- IUCN (2019). *The IUCN Red-List of Threatened Species*. Version 2019-1. Disponible en <https://www.iucnredlist.org>
- Laurance, W.F., & Bierregaard, R.O. (1997). *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. Chicago: University of Chicago Press.
- McAleece, N., Gage, J.D.G., Lamshead, P.J.D., & Paterson, G.L.J. (1997) *BioDiversity Professional statistics analysis software*. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- Mellink, E., Riojas-López, M.E., & Giraudoux, P. (2016). A neglected opportunity for bird conservation: The value of a perennial, semiarid agroecosystem in the Llanos de Ojuelos, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 124:1-9. doi: 10.1016/j.jaridenv.2015.07.005
- Mellink, E., Riojas-López, M.E., & Cardenas-García, M. (2017). Biodiversity conservation in an anthropized landscape: Trees, not patch size drive, bird community composition in a low-input agroecosystem. *PLoS ONE* 12:e0179438. doi:10.1371/journal.pone.0179438
- Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y El Caribe, Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Morrison, M.L. (1986). Bird populations as indicators of environmental changes. En R.F. Johnston (ed.). *Current Ornithology* (pp. 429-451). New York: Plenum Press.
- Navarro-Sigüenza, A.G., Rebón-Gallardo, Ma.F., Gordillo- Martínez, A., Peterson, A.T., Berlanga, H., & Sánchez-González, L.A. (2014). Biodiversidad de aves de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: s476-s495. doi:10.7550/rmb.41882.
- Ralph, C.J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E., DeSante, D.F., & Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. pswgtr-159. Albany, CA.: Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Renjifo, L.M. (1999). Composition change in subandean avifauna after long-term forest fragmentation. *Conservation Biology* 13:1124-1139. doi:10.1046/j.1523-1739.1999.98311.x
- Riojas-López, M., & Mellink, E. (2005). Potential for biological conservation on man-modified semiarid habitats in northeastern Jalisco, México. *Biodiversity and Conservation* 14: 2251–2263. doi:10.1007/s10531-004-5289-1
- Riojas-López, M., & Mellink, E. (2019). Registros relevantes de aves en el sur del Altiplano Mexicano. *Huitzil* 20: e-513. doi:10.28947/hrmo.2019.20.2.457
- Riojas-López, M., Mellink, E., & Muñoz-Padilla, N.A. (2019). Secondary shrubby communities provide nesting habitat for birds in a semiarid agricultural landscape. *Ardea* 107:19-32. doi:10.5253/arde.v107i1.a11
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. Edición digital. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/7369.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2010). *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*. México, D.F.
- Şekercioğlu, C. H., Daily, G.C., & Ehrlich, P.R. (2004). Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:18042-18047. doi:10.1073/pnas.0408049101
- Temple, S.A., & Wiens, J.A. (1989). Bird populations and environmental changes: Can birds be bio-indicators? *American Birds* 43: 260-270.



Methodologies for estimating wildlife habitat quality: review and examples

Metodologías para estimar calidad de hábitat de fauna silvestre: revisión y ejemplos

Gastelum-Mendoza, Fernando I.¹; Estrada-Castillón, Eduardo A.¹; Cantú-Ayala, César M.¹;
González-Saldivar, Fernando N.¹; Serna-Lagunes, Ricardo² y Salazar-Ortiz, Juan^{3*}

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado Postal 41, 67700. Linares, N.L., México. ²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana. Josefa Ortiz de Domínguez S/n, Col. Centro, Peñuela, Amatlán de los Reyes Veracruz, 94945. México. ³Maestría en Paisaje y Turismo Rural, Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Congregación Manuel León, Amatlán de Los Reyes, Veracruz, 94946. México.

*Autor de correspondencia: salazar@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: describe the methods of habitat quality assessment in three methodological elements: population dynamics, the presence of key species and traditional methods of habitat suitability assessment (HSI).

Methodology: a bibliometric analysis was performed to systematize and describe the advantages and disadvantages of the methodologies for the evaluation of wildlife habitat.

Results: the phototramp is a technique widely used to estimate population parameters (abundance and density) that, in parallel, denote the presence of larger carnivores, some of them considered species indicative of a conserved habitat were analyzed. For their part, traditional methods based on transects and quadrants have the advantage of being standardized techniques that can be implemented at virtually any type of vegetation cover, are easily replicable and inexpensive. HSI models are the least biased to characterize the habitat based on quality parameters, but intermediate-advanced knowledge in the use of GIS is required to predict, with a certain degree of reliability, the potential habitat with suitable characteristics for a given species.

Implications: the assessment of habitat quality is necessary to make decisions on population management and habitat conservation, and the success of a population's survival depends, to some extent, on a habitat that meets the niche requirements for A population to develop.

Conclusions: this review allowed the analysis of traditional and emerging techniques such as HSI models implemented in GIS to assess habitat quality would be more efficient as they complement the photo-trapping methods and the traditional ones.

Keywords: Population dynamics; Phototramp; MaxEnt; Model; S.I.G.

RESUMEN

Objetivo: describir los métodos de evaluación de calidad de hábitat en tres elementos metodológicos: la dinámica poblacional, la presencia de especies clave y los métodos tradicionales de evaluación de idoneidad del hábitat (HSI).

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 37-42.

Recibido: enero, 2020. **Aceptado:** mayo, 2020.

Metodología: se realizó un análisis bibliométrico para sistematizar y describir las ventajas y desventajas de las metodologías para la evaluación del hábitat de fauna silvestre.

Resultados: el fototrampeo es una técnica ampliamente usada para estimar parámetros poblacionales (abundancia y densidad) que, en paralelo, denotan la presencia de carnívoros mayores, algunos de ellos consideradas especies indicadoras de un hábitat conservado. Los métodos tradicionales basados en transectos y cuadrantes tienen la ventaja de ser técnicas estandarizadas que pueden implementarse prácticamente a cualquier tipo de cobertura vegetal, son fácilmente replicables y de bajo costo. Los modelos de HSI son los menos sesgados para caracterizar el hábitat con base en parámetros de calidad, pero se requieren conocimientos intermedio-avanzados en el uso de SIG para predecir, con confiabilidad, el hábitat potencial con características idóneas para determinada especie.

Implicaciones: la evaluación de la calidad del hábitat es necesaria para tomar decisiones en el manejo de la población y la conservación del hábitat. El éxito de supervivencia de una población depende, en cierta medida, de un hábitat que satisfaga los requerimientos de nicho para que una población se desarrolle.

Conclusiones: este análisis permitió revisar las técnicas tradicionales y emergentes como los modelos HSI implementados en SIG para evaluar la calidad del hábitat que serían más eficientes, en la medida que estos se complementen, con los métodos de fototrampeo y los tradicionales.

Palabras clave: dinámica poblacional; fototrampeo; MaxEnt; Modelo; SIG.

Bajo este panorama y aunado a la creciente demanda de la población humana por el uso irracional de los recursos naturales, es indispensable estudiar los elementos fundamentales del hábitat que permiten el desarrollo óptimo de las poblaciones, con el fin de tomar decisiones de manejo pertinentes ante los retos ecológicos del antropoceno (Naranjo, 2019). Debido a la necesidad de conservar poblaciones y hábitat y con base en las experiencias en campo que fueron documentadas por los autores de esta revisión, se planteó el desarrollo de un análisis sintético que integre el binomio fauna silvestre-manejo de hábitat. También se reflexionan las ventajas y desventajas de cada una de las técnicas para evaluar la calidad del hábitat, con el propósito de que los manejadores de fauna silvestre puedan elegir la técnica más adecuada al manejo de la población y su hábitat.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta revisión se aplicó un meta análisis bibliométrico (Albuquerque y Medeiros, 2012), para recabar información sobre las principales metodologías publicadas para la evaluación del hábitat de fauna silvestre. De la literatura evaluada, se hace una descripción de la técnica, sus implicaciones, ventajas, desventajas, y se destacan los ejemplos aplicados a especies clave para la conservación de fauna silvestre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica poblacional y especies clave como indicadores de calidad de hábitat

Una población es un mosaico de varias generaciones simultáneas de individuos que se reproducen reiteradamente (Odum, 1969). La dinámica poblacional evalúa los

INTRODUCCIÓN

A nivel global, un sin número de extinciones masivas de especies se han registrado a lo largo de la historia evolutiva de la biodiversidad. Particularmente en mamíferos, las extinciones se han originado debido a cambios climáticos como la glaciación o eventos geológicos como erupciones volcánicas (Lea *et al.*, 2018). Estos cambios traen como consecuencia modificaciones en la estructura y composición del hábitat, lo cual altera la idoneidad del hábitat para que una población se desarrolle adecuadamente y sea viable a lo largo del tiempo (Storch, 2002; Laurance, 2019). Por lo tanto, evaluar los requerimientos de hábitat que una población necesita para su desarrollo biológico, es un aspecto importante que debe abordarse desde la biología para la conservación (Lamb *et al.*, 2018).

Algunos ejemplos de especies que se encuentran en riesgo de extinción ponen de manifiesto la importancia de estudiar las condiciones de hábitat de una especie para lograr su conservación. El bisonte (*Bison bison*), grandes depredadores como el jaguar (*Panthera onca*) en Centroamérica y Sudamérica y el dingo (*Canis lupus dingo*) en Australia, son ejemplos claros de especies en peligro de extinción que, debido a la baja capacidad y calidad de su hábitat, no es suficiente para mantener una población suficientemente grande para que biológicamente sea viable en el espacio y tiempo (Lea *et al.*, 2018).

cambios en el tamaño de la población de forma espacial y temporal; los cambios están influenciados por el número de individuos, la estructura poblacional, la disposición de los individuos en el espacio y las tasas de natalidad, mortalidad y sobrevivencia. En suma, la dinámica poblacional está condicionada por las variantes de los elementos del hábitat (Ojasti, 1991). La dinámica poblacional de una especie, puede evaluarse de acuerdo a los siguientes métodos:

Técnica de transectos de franja. El método más sencillo para conocer la dinámica poblacional de una especie es mediante el monitoreo temporal de los cambios en la densidad poblacional. La técnica de transectos de franja en una unidad de muestreo delimitada (*i.e.* transecto de 50 m de longitud por 2 m de ancho), donde se contabilizan a los individuos (de manera directa o indirecta). El largo y ancho del transecto debe establecerse previamente al monitoreo formal y debe considerar la cobertura vegetal y la visibilidad (Gibbs, 2000). Algunos supuestos de este método son: 1) contar los individuos dentro del transecto y 2) la certeza de contar el 100% de los animales dentro de la franja. La ventaja de este método es ser de bajo costo y aplicable a varios taxones biológicos como densidad de aves (Gates et al., 1968) y primates (Burgoa y Pacheco, 2009), pero en ungulados de ambientes desérticos (Seddon et al., 2003) y tropicales (Hill et al., 1997; Wegge y Storaas, 2009), el método ha resultado ser más efectivo en ecosistemas con matorrales y pastizales y para aves, herbívoros y pequeños mamíferos, ya que mamíferos depredadores presentan hábitos elusivos y con un ámbito hogareño grande que resulta impráctico aplicar esta metodología. Se recomienda realizar un muestreo previo del 10% del área de estudio, calcular las especies potenciales con índices de diversidad como el de Chao y Jackknife, y con ello, calcular el número mínimo de transectos para mejorar la confiabilidad y representatividad del muestreo.

Marca-recaptura. Este método es útil para estimar el tamaño de la población, las tasas de migración (inmigraciones y emigraciones) y se fundamenta en la probabilidad de que un individuo marcado previamente se reincorpore a su población de origen. Para ello, se realizan capturas de individuos sistemáticas, en donde se contabilizan el número de individuos recapturados ya marcados y aquellos sin marcar. La probabilidad de recapturar un individuo previamente marcado es inversa al tamaño de la población (White, 2008). Este método ha sido más utilizado para aves, reptiles y pequeños mamíferos, ya

que resulta complicada la captura, contención y marcaje de grandes mamíferos.

Radiotelemetría (radio-telemetry, radio tagging, radio-tracking o tagging). Este método analiza la dispersión de los individuos de la población como un aspecto conocido como selección del hábitat y consiste en la transmisión a distancia de información por medio de ondas electromagnéticas de un equipo emisor hacia un equipo receptor, previamente colocado en el animal (Kenward, 2001). Es ampliamente usado en especies elusivas (Garton et al., 2001). Por ejemplo, durante los años 1986-1994 y 2008-2013 se capturaron y colocaron collares radiotransmisores a 19 osos polares (*Ursus maritimus*) en el mar de Chukotka, en el Océano Glacial Ártico, y como resultado se identificó que esta especie ha reducido el uso del espacio en su hábitat en 75%, debido a la pérdida de la calidad de su hábitat por el calentamiento global (Wilson et al., 2016). Tiene la principal ventaja de obtener información sobre áreas de actividad, uso de hábitat, frecuencia de interacciones con otros individuos, frecuencia de depredación, comportamientos, etc. La desventaja del método es el procesamiento de los datos obtenidos; sin embargo, software como Locate III y LOAS minimizan esta desventaja (Kenward, 2001).

Es un método invasivo, lo cual representa una desventaja porque requiere de la manipulación directa de los animales, para ello se requieren conocimientos básicos sobre contención química de la especie y tratamientos éticos del animal pre y post captura del ejemplar al que se le intervendrá con el collar. En México, es necesario un permiso especial de colecta con fines científicos para realizar un estudio de esta índole. Este método es útil para estudiar cómo una población hace uso del espacio (Garton et al., 2001).

La presencia/abundancia de grupos funcionales (gremios tróficos) se conceptualiza de manera indirecta como un indicador de la calidad del hábitat, debido al efecto denominado cascada trófica. Esto se evidenció cuando en 1995 el Servicio Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos de América, reintrodujo a 12 lobos, después de haber estado ausentes casi 70 años, en el Parque Nacional de Yellowstone. Los resultados inmediatos fueron la reducción del sobrepastoreo por los grandes herbívoros, esto aumentó la cobertura vegetal, la presencia de herbívoros pequeños y aves que habían migrado a otra región y, los ríos volvieron a su cauce natural debido a los cambios en las rutas migratorias de los herbívoros superiores.

Los casos de éxito del manejo de fauna silvestre se han podido documentar mediante la técnica del fototrampeo al evidenciar foto-capturas con especies representativas de distintos grupos funcionales (Wilson *et al.*, 1996; Karanth *et al.*, 2004). Este método permite estimar la abundancia de carnívoros (y otros gremios) en Áreas Naturales Protegidas en países como la India (Karanth y Nichols, 2002; Karanth *et al.*, 2004), Nepal e Indonesia (Wegge *et al.*, 2004), pues la presencia de depredadores tope se correlaciona como indicador indirecto de un hábitat estable y de calidad (Woodroffe, 2011).

Este método ha sido de mucha ayuda en la toma de decisiones de conservación a gran escala. Por ejemplo, para estimar la población del leopardo de las nieves (*Panthera uncia*) en las regiones de Tianshan y Qilianshan se usaron fototruampas con las que se logró identificar a una hembra con dos cachorros. En México, se ha usado para estudiar la población del jaguar y se estimó que existen aproximadamente 4,000 ejemplares (Ceballos *et al.*, 2012); además se ha utilizado para especies en riesgo como pecaríes de labios blancos (*Tayassu pecari*), donde se ha registrado su presencia en al menos seis regiones del país (Rabinowitz y Nottingham, 1986). En Lakipia, Kenia, se determinó que, al reintroducir leones a su hábitat natural, los antílopes cambiaron sus hábitos forrajeros y evitaron pastizales abiertos, donde las leonas las usaron como sitios de caza (Ng'weno *et al.*, 2017).

Una desventaja de este método es que el tamaño de la población se estima bajo el supuesto de poblaciones cerradas (White *et al.*, 1982), pero en la realidad biológica, pueden existir individuos que no son residentes y que solo utilizan el hábitat como corredor natural, lo cual implica una población abierta (Rexstad y Burnham, 1991; Efford, 2011). El fototrampeo representa ventajas, tales como la identificación taxonómica de las especies, el estudio de la dinámica poblacional de especies consideradas raras (con baja abundancia o poco frecuente), reduce el esfuerzo humano, la tecnología es fácil de usar, permite realizar estudios a escala espacial, temporal, y registra la información abiótica durante el monitoreo

(temperatura, fase lunar, captura de videos, etc.) (Kelly *et al.*, 2008).

Métodos tradicionales para caracterizar el hábitat

Los métodos tradicionales están enfocados a caracterizar los cuatro elementos del hábitat, el primero es la descripción del hábitat mediante la estructura de la cobertura vegetal, debido a que tiene una influencia directa sobre la dinámica de la población (Huggett, 1998), la cual debe incluir la composición florística del hábitat, su fisionomía o estructura de la vegetación y la variación de la diversidad vertical. Estas mediciones se desarrollan mediante técnicas como el establecimiento de cuadrantes en puntos, áreas de muestreo circulares y anidadas, cuadrados, además de línea de intercepción entre las principales (Morrison *et al.*, 1992). Otra técnica es la de Líneas de Intersección (Canfield, 1941) y consiste

en colocar una cinta métrica y registrar donde intercepta cada planta, puede ser proyección de la copa de un árbol, de un arbusto, o lo que ocupa un macollo de pastos y permite estimar índices de riqueza, dominancia y diversidad (Mueller y Ellenberg, 1974; Brower *et al.*, 1995).

La principal desventaja de estos métodos es que no está estandarizada la longitud idónea del cuadrante,

de las áreas circulares de muestreo o de la línea de intersección y tampoco se cuenta con un procedimiento que permita calcular el número mínimo de líneas a establecerse en un hábitat. Pero de manera general, la recomendación es trazar áreas circulares de un metro de diámetro para especies de porte herbáceo, 5 m de diámetro para especies de porte arbustivo y 15 m de diámetro para especies de porte arbóreo; los cuadrantes se recomiendan a 1 m², 5 m² y 15 m² para el estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo respectivamente. Las líneas de intersección se recomiendan a 25 m y 50 m de longitud x 2 m de ancho para ambientes templados-tropicales y ambientes desérticos respectivamente.

La cobertura vegetal es un elemento importante del hábitat debido a su aporte en la producción de biomasa, indispensable para inferir la capacidad de carga (K), definida como el número de individuos que un hábitat



puede mantener espacial y temporalmente. Pechanec y Pickford (1937), indican que para estimar K se requiere estimar la biomasa de una muestra representativa de cada especie vegetal, particularmente de aquellas que se reconozcan como parte de la dieta del herbívoro. En este sentido, Holecheck et al. (1995), propusieron una ecuación para determinar la K de herbívoros:

$$K = \frac{(D)(0.35)(A)}{(PV)(CMS)(CP)}$$

donde: K =capacidad de carga; D =disponibilidad de materia seca (MS) total o por estrato vegetal (kg/ha), 0.35 el porcentaje de uso del forraje, A es el área de estudio, PV el peso vivo del animal, CMS es el consumo de MS (% de PV), y CP el ciclo de pastoreo (365 días).

Aunque este método ha sido más utilizado para estimar K de especies herbívoras, es complicada para estimar K de carnívoros, por la complejidad de su papel en la cadena trófica (Bennett et al., 1940; Crider et al., 2015). Recientemente los modelos para estimar la calidad del hábitat se encuentran en constante evolución debido al avance de las tecnologías de la información. Los Índices de Idoneidad o de Hábitat Adecuado (HSI, por las siglas en inglés de Habitat Suitability Index), desarrollados por el U.S. Fish and Wildlife Service (1991), se han venido estandarizando con el tiempo, y existen más de 180 HSI para vertebrados como venados, ardillas, codornices, guajolotes, oso negro, peces, algunos reptiles y se encuentran de manera gratuita en: <http://www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/hsi/hsiindex.htm>.

La ventaja de los HSI es que toma en cuenta aspectos como calidad y disponibilidad de alimento, espacio, cobertura vegetal y fuentes de agua y facilita la toma de decisiones de manejo de fauna silvestre. Los resultados obtenidos de una evaluación HSI son fácilmente entendibles, ya que sus valores van de 0 a 1, donde 1 es representativo de un hábitat idóneo y refleja el potencial de un hábitat que determina la presencia de la especie. La desventaja (temporal) de los HSI es que se requiere conocimiento previo sobre la biología, el objetivo de manejo de la población y la capacidad técnica del evaluador.

CONCLUSIONES

La evaluación de la calidad del hábitat de una población es crucial para determinar el número de animales que puede soportar un área. Los métodos tradicionales para

conocer los atributos del hábitat se vienen utilizando desde hace más de 60 años. Cada método tiene ventajas y desventajas, pero los supuestos de cada uno son importantes de considerar ya que son inherentes al manejo de la fauna silvestre y serán eficientes en la medida del planteamiento de los objetivos del manejo de la o las especies, la capacidad y conocimiento del personal técnico y de las herramientas de análisis disponibles.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para desarrollar estudios de posgrado. Al Laboratorio de Bioinformática y Bioestadística de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, por el apoyo técnico recibido.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, U. P. & Medeiros, P. M. (2012) Systematic reviews and meta-analysis applied to ethnobiological research. *Ethnobiology and Conservation* 1: 1–8.
- Bennett, L., English, P. & McCain, R. (1940). A study of deer populations by use of pallet group counts. *The Journal of Wildlife Management* 4(4): 398-403.
- Brower, J., Zar, J. & Von Ende, C. (1995). *Field and laboratory methods for general ecology* (3a. ed.). Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa.
- Burgoa, N. & Pacheco, L. (2009). Densidad y uso de hábitat de *Cebus apella* en un bosque yungueño de Bolivia. *Mastozoología Neotropical* 15: 273-283.
- Canfield H. R. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry* 39: 388-394.
- Ceballos, G., Chávez, C. & Zarza H. (2012). Censo Nacional del Jaguar y sus Presas (1ª Etapa). CONANP, IE-UNAM, ALIANZA WWF-TELCEL, TELMEX y CONABIO. Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto HE011. México, D.F.
- Crider, B., Fulbright, T., Hewitt, D., Deyoung, C., Priesmeyer, W., Echols, K. & Draeger, D., (2015). Influence of white-tailed deer population density on vegetation standing crop in a semiarid environment. *The Journal of Wildlife Management* 79(3): 413-424.
- Efford, M. (2011). Estimation of population density by spatially explicit capture and recapture analysis of data from area searches. *Ecology* 92: 2202-2207.
- Garton, E., Wisdom, M., Leban, F. & Johnson, B. (2001). Experimental design for radiotelemetry studies. Pp: 15-42. En: Millspaugh, J. J. & J. M. Marzluffe (Eds.). *Radio tracking and animal populations*. Academic Press, San Diego, California.
- Gates, C., Marshall, W. & Olson, D. (1968). Line transect method of estimating grouse population densities. *Biometrics* 24: 135-145.
- Gibbs, J. (2000). Monitoring populations. Pp: 213-252. En: Boitani, L. & T. K. Fuller (Eds.) *Research Techniques in Animal Ecology. Controversies and Consequences*. Columbia University Press, Nueva York.
- Hill, D., Hockin, D., Price, D., Tucker, P., Morris, R. & Treweek, J. (1997). Bird disturbance: improving the quality and utility of disturbance research. *Journal of Applied Ecology* 34: 275-288.

- Huggett, R. (1998). *Fundamentals of biogeography*. Routledge, London.
- Karanth, K. & Nichols, J. (2002). *Monitoring tigers and their prey: a manual for researchers, managers, and conservationists in Tropical Asia*. Center for Wildlife Studies, Bangalore, India.
- Karanth, K., Nichols, J., Kumar, N., Link, W. & Hines, J. (2004). Tiger and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences* 101: 4854-4858.
- Kelly, M., Noss, A., Di Bitetti, M., Maffei, L., Arispe, R., Paviolo, A., De Angelo, C. & Di Blanco, E. (2008). Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina and Belize. *Journal of Mammalogy* 89: 408-418.
- Kenward, R. (2001). *A manual for wildlife radio tagging*. Academic Press, San Diego, California.
- Lamb, C. T., Mowat, G., Reid, A., Smit, L., Proctor, M., McLellan, B. N. & Boutin, S. (2018). Effects of habitat quality and access management on the density of a recovering grizzly bear population. *Journal of Applied Ecology* 55(3): 1406-1417.
- Laurance, W. F. (2019). The Anthropocene. *Current Biology* 29(19): 953-954.
- Lea, J. M., Walker, S. L., Kerley, G. I., Jackson, J., Matevich, S. C. & Shultz, S. (2018). Non-invasive physiological markers demonstrate link between habitat quality, adult sex ratio and poor population growth rate in a vulnerable species, the Cape mountain zebra. *Functional Ecology* 32(2): 300-312.
- Morrison, M., Marcot, B. & Mannan, R. (1992). *Wildlife habitat relationships*. The University of Wisconsin Press.
- Mueller, D. & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Naranjo, L. G. (2019). Nature imaginaries and the future of biodiversity. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 43(168): 480-488.
- Ng'weno, C., Maiyo, N., Abdullahi, H., Kibungei, K. & Goheen, J. (2017). Lions influence the decline and habitat shift of hartebeest in a semiarid savanna. *Journal of Mammalogy* 98(4): 1078-1087.
- Odum, E. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Ojasti, J. (1991). Human exploitation of capybara. Pp: 236-252. En: Robinson J.G. & K.H. Redford (Eds). *Neotropical wildlife use and conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Pechanec, J. & Pickford, G. (1937). A weight estimate methods for determination of range of pasture production. *Journal of American Society of Agronomy* 29: 894-904.
- Rabinowitz, A. & Nottingham, J. (1986). Ecology and behavior of the jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology* 210: 149-159.
- Rexstad, E. & Burnham, K. (1991). *User's guide for interactive program CAPTURE*. Fort Collins: Colorado State University, USA.
- Seddon, P., Ismail, K., Shobrak, M., Ostrowski, S. & Magin, C. (2003). A comparison of derived population estimate, markresighting and distance sampling methods to determine the population size of a desert ungulate, the Arabian oryx. *Oryx* 37: 286- 294.
- Storch I. (2002). Linking a multi-scale habitat concept to species conservation. Pp. 303-320. En: J. Bissonette & I. Storch (Eds). *Landscape Ecology and Resource Management: Linking Theory with Practice*. Island Press, Washington, EEUU.
- U.S. Fish and Wildlife Service., 1991. *Habitat Evaluation Procedure (HEP)*. Division of Ecological Services, Department of the Interior, Washington, D.C.
- Wegge, P., Pokheral, C. & Jnawali, S. (2004). Effects of trapping effort and trap syness on estimates of tiger abundance from camera trap studies. *Animal Conservation* 7: 251-256.
- Wegge, P. & Storaas, T. (2009). Sampling tiger ungulate prey by the distance method: lessons learned in Bardia National Park, Nepal. *Animal Conservation* 12: 78-84.
- White, G. (2008). Closed population estimation models and their extensions in program MARK. *Environmental and Ecological Statistics* 15: 89-99.
- White, G., Anderson, D., Burnham, K. & Otis, D. (1982). *Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations*. LA-8787-NERP, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos.
- Wilson, D., Cole, R., Nichols, J., Rudran, R. & Foster, M. (1996). *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press. Washington y Londres.
- Wilson, R., Regehr, E., Rode, K. & St Martin, M. (2016). Invariant polar bear habitat selection during a period of sea ice loss. *Proceedings of the Royal Society of London*, B 283: 380-388.
- Woodroffe, R. (2011). Demography of a recovering African wild dog (*Lycaon pictus*) population. *Journal of Mammalogy* 92: 305-315.
- Zhu, D., Ciais, P., Chang, J., Krinner, G., Peng, S., Viovy, N. & Zimov, S. (2018). The large mean body size of mammalian herbivores explains the productivity paradox during the Last Glacial Maximum. *Nature Ecology & Evolution* 2(4): 640.

Scientific advances of the Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida* Nelson)

Avances científicos del búho manchado mexicano (*Strix occidentalis lucida* Nelson)

Salazar-Borunda, Manuel Armando¹, Martínez-Guerrero, José Hugo¹, Tarango-Arámula, L. A.^{2*},
Pereda-Solís, M.E.¹, López-Serrano, P.M.¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo., México, C.P. 34000. ²Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 78620.

*Autor para correspondencia: ltarango@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: evaluate quantitatively the research trends of the Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida* Nelson).

Design/methodology/approach: scientific articles published between 2012 and February 2020 for the Mexican spotted owl were analyzed. The content of each article was classified into nine categorical variables: biological description, habitat, distribution and abundance, dispersion and movement, diet and prey, genetics and reproduction, threats, predictive models and others. The published information was classified into similar groups by means of a hierarchical cluster analysis. Subsequently, were calculated and graphed the frequency and proportional representation of each attribute generated by country.

Results: of the scientific articles analyzed, the most studied attribute was habitat. The hierarchical cluster analysis grouped all the published information into five representative topics: a) habitat relationships, b) threats, c) distribution, d) bibliographic review and e) population relationship. The United States was the country with the highest scientific contribution. However, in the last three years of the period studied, publications in Mexico increased.

Limitations on study/implications: this study analyses the research trends of the Mexican spotted owl and provides an overview for future research.

Findings/conclusions: there is little published information for this spotted owl subspecies. Although the characteristics of the habitat are widely described; it is necessary to venture into more complex ecological phenomena.

Key words: Spotted owl, conservation, threatened species.

RESUMEN

Objetivo: evaluar cuantitativamente las tendencias de la investigación del Búho Manchado Mexicano (*Strix occidentalis lucida* Nelson).

Diseño/metodología/aproximación: se analizaron artículos científicos publicados entre 2012 y febrero de 2020 para el búho manchado mexicano. El contenido de cada artículo se clasificó en nueve variables categóricas: descripción biológica, hábitat, distribución y abundancia, dispersión y movimiento, dieta y presas, genética y reproducción, amenazas, modelos predictivos y otros. La información publicada, se clasificó en grupos similares mediante un análisis de conglomerado jerárquico. Posteriormente, se calcularon y graficaron la frecuencia y representación proporcional de cada atributo generado por país.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 43-48.

Recibido: marzo, 2020. **Aceptado:** mayo, 2020.



Resultados: de los artículos científicos analizados, el atributo más estudiado fue el hábitat. El análisis de conglomerados jerárquicos agrupó toda la información publicada en cinco temas representativos: a) relaciones del hábitat, b) amenazas, c) distribución, d) revisión bibliográfica y e) relación de las poblaciones. Estados Unidos fue el país con mayor contribución científica. Sin embargo, en los últimos tres años del periodo estudiado, las publicaciones en México incrementaron.

Limitaciones del estudio/implicaciones: este estudio analiza las tendencias de investigación del búho manchado mexicano y permite establecer un panorama para investigaciones futuras.

Hallazgos/conclusiones: existe poca información publicada para esa subespecie de búho manchado. Aunque las características del hábitat son ampliamente descritas, es necesario incursionar en fenómenos ecológicos más complejos.

Palabras clave: Búho, conservación, especies amenazadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La búsqueda de la información se realizó en las bases de datos Scopus, Web of Science y Google Académico, utilizando como criterios de información: encabezados= "Mexican spotted owl"; "Strix occidentalis lucida", tiempo= ">2012" y tipo de documento= "All". Una vez analizados los resúmenes, se eliminaron los resultados duplicados y los artículos que no pertenecían a la subespecie mexicana. Si el artículo no contenía resumen o bien, si el resumen no daba suficiente información; se revisó el texto completo.

Análisis estadístico

Con la finalidad de describir la información de cada artículo, se establecieron nueve variables categóricas: descripción biológica, hábitat, distribución y abundancia, dispersión y movimiento, dieta y presas, genética y reproducción, amenazas, modelos predictivos y otras.

Para su análisis estadístico, la información de cada artículo se caracterizó dentro de una base de datos binaria (si=1, no=0). Considerando que algunas investigaciones enriquecían el conocimiento del búho manchado mexicano en más de un aspecto; se realizó un análisis de conglomerado jerárquico utilizando las nueve variables antes descritas. Para ello, se utilizó la librería hclust y dendextend del software estadístico R (R Core Team, 2019). Este tipo de análisis se ha utilizado en otras revisiones de literatura para clasificar la información descrita en los documentos en grupos similares (Wan *et al.*, 2018b). Para observar el avance y tendencias del conocimiento generado por país (Estados Unidos y México), la frecuencia y la representación proporcional de cada atributo

INTRODUCCIÓN

El búho manchado (*Strix occidentalis*) es una de las especies icónicas en la conservación de los bosques de Norteamérica (Wan *et al.*, 2018b). Las tres subespecies reconocidas: californiana (*S. o. occidentalis*), norteaña (*S. o. caurina*) y mexicana (*S. o. lucida*) (AOU, 1983); son consideradas biomonitoras de la salud e integridad del ecosistema forestal.

Las agencias federales de Estados Unidos de América, han impulsado la protección e investigación de estas aves (USDI, 1993; USFWS, 2012) ya que normalmente se distribuyen en bosques de alto valor económico (Noon y Franklin, 2002).

El Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (SPVSEU) incluyó a la subespecie mexicana dentro del Acta de Especies Amenazadas desde 1993 (USDI, 1993). Posteriormente, el SPVSEU generó el Plan de Recuperación del Búho Manchado Mexicano (USDI, 1993; USFWS, 2012) estableciendo las metas, estrategias y acciones necesarias para la conservación de esta subespecie en Estados Unidos y México. Aunque las propuestas para Estados Unidos si se llevaron a cabo, en México éstas se vieron limitadas por el cambio de uso de suelo, la tenencia de la tierra y falta de información (USFWS, 2012); sin embargo, durante los últimos años se generaron esfuerzos binacionales que enriquecieron la información de esta ave en diferentes aspectos.

Lo anterior marca la pauta para analizar el conocimiento generado a partir del último Plan de Recuperación del Búho Manchado Mexicano y resaltar las necesidades actuales de investigación. Al respecto, se han elaborado planes de manejo (USDI, 1993; USFWS, 2012) y revisiones que describen algunos temas de la ecología del búho moteado mexicano (Ganey *et al.*, 2011; Wan *et al.*, 2018b) por lo que, en este análisis, solo se amplía la cobertura temporal a la información publicada entre 2012 y 2020. Por ello, el objetivo fue evaluar cuantitativamente las tendencias de la investigación del búho manchado mexicano y discutir el estado actual del conocimiento de esta subespecie en México.

encontrado en las publicaciones analizadas se calcularon y graficaron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Áreas del conocimiento

Desde la publicación e implementación del Plan de Manejo del Búho Manchado Mexicano (USFWS, 2012) se han generado 23 artículos científicos. Las áreas generales más estudiadas fueron el hábitat (25.93%, $n=14$), la distribución y abundancia (14.8%, $n=8$), dispersión y movimiento (12.96%, $n=7$), modelos predictivos (11.11%, $n=6$), amenazas (9.26%, $n=5$), dieta y vocalizaciones (7.41%, $n=4$), otros (7.41%, $n=4$) y, genética y reproducción (5.56%, $n=3$) (Figura 1).

El análisis de conglomerados jerárquicos agrupó a los artículos científicos en cinco grupos. Los temas representativos para cada grupo fueron: A) relaciones del hábitat, B) amenazas, C) distribución, D) revisión bibliográfica y E) relación de las poblaciones.

El grupo dominante (A) se constituye de artículos que caracterizan el hábitat del búho manchado mexicano en Estados Unidos y México. Los documentos que pertenecen al grupo B describen la dispersión y amenazas (incendios forestales, cambio climático, falta de información) de las poblaciones de esta subespecie. El grupo C concentra las investigaciones de la distribución (modelos de distribución y avistamientos en áreas urbanas), el

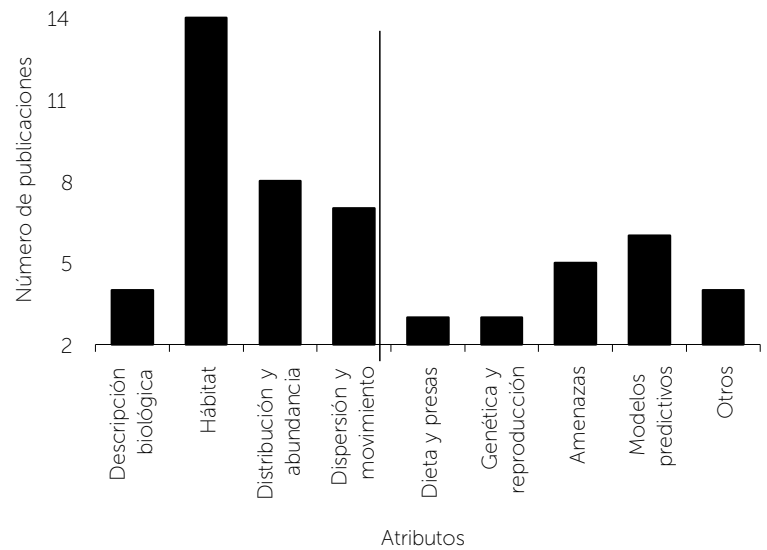


Figura 1. Número de publicaciones de búho manchado mexicano de 2012 a 2020 agrupadas por atributo.

grupo D lo constituye una revisión bibliográfica de los principales aspectos biológicos de esta subespecie y el grupo E, las relaciones del búho con el hábitat (diversidad genética y fragmentación, demografía) (Figura 2).

Contribución del conocimiento

Las publicaciones generadas después de la implementación del Plan de Recuperación del Búho Manchado Mexicano se han distribuido de manera desbalanceada en Estados Unidos y México.

En Estados Unidos, el total de publicaciones anuales de búho manchado se distribuyen de manera relativamente uniforme. Sin embargo, para el año 2019 los aportes disminuyeron 25% con respecto al total publicado durante el año 2014. El primer aporte para México durante el periodo estudiado fue hasta el año 2014, y durante los tres años siguientes no se produjo ninguna publicación. Sin embargo, en los últimos tres años del periodo estudiado, las publicaciones de búho manchado mexicano fueron constantes (Figura 3).

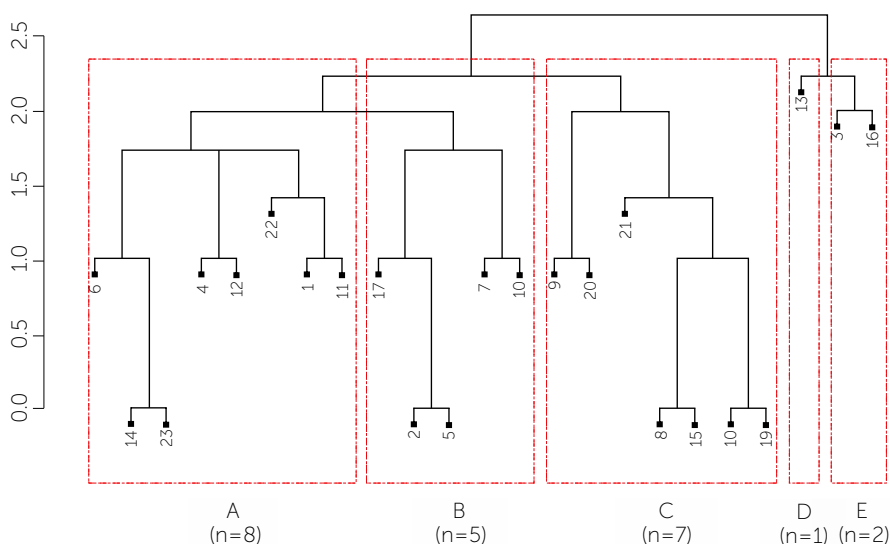


Figura 2. Análisis de conglomerado jerárquico de $n=23$ artículos científicos de búho manchado mexicano publicados de 2012 a 2020. Los rectángulos rojos indican cinco grupos (A=relaciones del hábitat, B=amenazas, C=distribución, D=revisión bibliográfica, E=dinámica poblacional) la altura del árbol (eje de las Y) indica la distancia entre grupos y el eje de las X, los artículos científicos analizados.

Hábitat y distribución

La pérdida y fragmentación del hábitat han sido las principales amenazas para las poblaciones de búho manchado mexicano (USDI, 1993; USFWS, 2012). Por ello, es comprensible que

el hábitat sea el atributo más estudiado. Esta subespecie se distribuye en bosques mixtos de estructura compleja (Ganey *et al.*, 1999; USFWS, 2012; Silva-Piña *et al.*, 2018) desde el suroeste de Estados Unidos hasta el centro de México (USFWS, 2012).

En Estados Unidos, en su distribución más al norte, habita bosques con dominancia de picea de Engelmann (*Picea engelmannii*) (Willey y Van Riper, 2007); abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) y el abeto blanco (*Abies concolor*) en Nuevo México, arces (*Arces grandidentatum*, *A. negundo*) en Utah (Willey y Van Riper, 2015) y pino dulce (*Pinus edulis*) y cedros (*Juniperus monosperma*) en Arizona (Bowden *et al.*, 2015).

Los sitios de descanso descritos en México para esta subespecie presentan características similares. En Chihuahua, esta subespecie se asocia a bosques mixtos con dominancia de encinos (*Quercus* spp.), pinos de Arizona (*Pinus arizonica*), ayacahuites (*Pinus ayacahuite*) y abetos de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) (Tarango, 1994); encinos (*Quercus* spp.) y *Alnus* (*Alnus* spp.) en Zacatecas (Palma-Cancino *et al.*, 2014) y diferentes especies de pinos (*Pinus chihuahuana* Engelmann, *Pinus cembroides* Zucc) y encinos (*Quercus rugosa* Née, *Quercus obtusata* Bonpl., *Quercus sideroxylla* Bonpl. *Quercus potosina* Trel.) en la Sierra Madre Occidental (Silva-Piña *et al.*, 2018). No obstante, la probabilidad relativa de ocurrencia en un espacio determinado está influenciada por otros factores además del hábitat (Wan *et al.*, 2017). En este sentido, se reconoce la preferencia del búho manchado mexicano hacia algunos componentes estructurales del hábitat como: suelos arcillosos (Bowden *et al.*, 2015), cobertura vegetal de hojarasca (Palma-Cancino *et al.*, 2014), cavidades de árboles con muérdago (*Arceuthobium* spp.) (Ganey *et al.*, 2013), cuevas (Rafael-Valdez *et al.*, 2019), y cobertura de árboles con alturas y diámetros superiores a 8.5 y 25.4 m, respectivamente (Palma-Cancino *et al.*, 2014; Willey y Van Riper, 2015; Silva-Piña *et al.*, 2018).

Amenazas

Las poblaciones de búhos moteados han disminuido durante años (en respuesta a la pérdida y fragmentación de su hábitat (USDI, 1990, 1993; Verner *et al.*, 1992), al cambio climático (Peery *et al.*, 2012) y a los incendios forestales de alta severidad (Ganey *et al.*, 2017).

La respuesta y vulnerabilidad a estas amenazas varían entre subespecies en función de sus características ecoló-

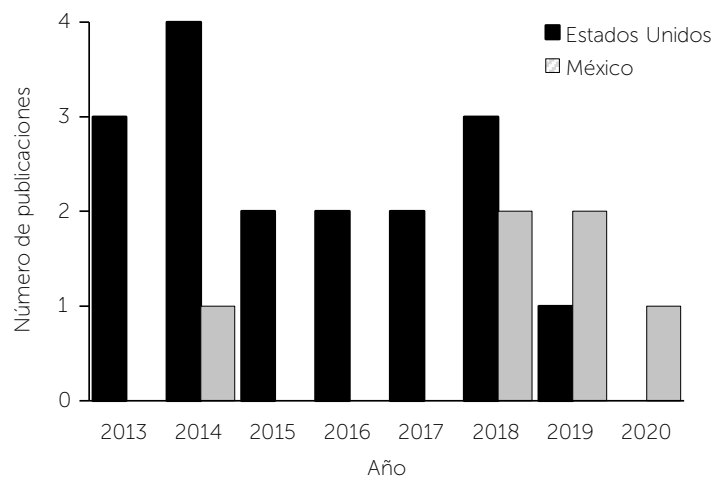


Figura 3. Número de publicaciones de búho manchado mexicano realizadas en Estados Unidos y México de 2012 a 2020.

gicas, la región en la que habitan y las políticas de gestión (Wan *et al.*, 2018b). Por ejemplo, en comparación con las otras subespecies; la mexicana parece no ser afectada por la invasión del búho barrado (*Strix varia*) (Peterson y Robins, 2003), pero sí en gran medida por el cambio climático (Peery *et al.*, 2012). No obstante, los documentos que analizan las amenazas de las poblaciones de búho manchado mexicano son relativamente pocos y se limitan al análisis de incendios forestales a corto plazo (Ganey *et al.*, 2017) o a inferir los efectos negativos de la fragmentación del hábitat sobre la diversidad genética (Wan *et al.*, 2018a).

Dispersión

La dispersión es otro fenómeno estudiado por algunos documentos. El Plan de Manejo del búho manchado mexicano (USFWS, 2012) establecía una dispersión corta en septiembre y octubre. No obstante, se han reportado dispersiones más amplias (Bowden *et al.*, 2015), principalmente en hembras (Ganey *et al.*, 2014b). Así mismo, se han reportado dispersiones atípicas en áreas urbanas (Martínez-Guerrero *et al.*, 2019) y hacia áreas recién incendiadas (Ganey *et al.*, 2014a).

Descripción biológica

La dieta del búho manchado mexicano se constituye de una gran variedad de presas. Los estudios que analizan este atributo; basan su descripción en el análisis de las egagrópilas. Los componentes principales de su dieta son roedores, lagomorfos, murciélagos, aves, reptiles e insectos (USFWS, 2012). Asimismo, la composición de la dieta se ha caracterizado a lo largo de su rango de distribución y se ha observado una preferencia por el consumo de vertebrados (Willey, 2013).

Extrapolando información entre subespecies

Las tres subespecies de búhos, habitan bosques con características similares (Palma-Cancino et al., 2014; North et al., 2017). La destrucción del hábitat ha representado la amenaza histórica para las poblaciones de búho manchado (USDI, 1990, 1993; Verner et al., 1992).

Para los búhos moteados del norte y de California, los estudios indican una respuesta negativa hacia la quema controlada de bosques (Stephens et al., 2014); sin embargo, los mecanismos que generan estas respuestas negativas no están claros.

Está demostrado que los incendios forestales de baja intensidad favorecen las poblaciones de búho manchado y se ha reportado el aumento en la abundancia de sus presas en áreas incendiadas. Otro fenómeno estudiado es el cambio climático (Wan et al., 2018b), aunque se sabe que éste afecta la supervivencia, reproducción y distribución de los búhos manchados (Stoelting et al., 2015), faltan estudios que evalúen sus efectos a largo plazo en las poblaciones de las tres subespecies (Wan et al., 2018b).

El búho barrado es una especie invasora que compete y desplaza a las poblaciones de búho manchado (Jennings et al., 2011). No obstante, los efectos negativos de esta invasión solo han sido estudiados en poblaciones del tecolote norteño (Peterson y Robins, 2003; Jennings et al., 2011; Sovern et al., 2014; Wan et al., 2018b) y aunque esta amenaza no parece estar establecida dentro del hábitat del búho manchado mexicano, es necesario su monitoreo (Wan et al., 2018b).

El avance científico en la ecología del búho manchado es constante y multidisciplinario en las subespecies norteña y Californiana. Al parecer, el conocimiento de búho manchado mexicano se centra en el interés de un grupo reducido de investigadores.

CONCLUSIONES

El búho manchado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) es una subespecie vulnerable y poco estudiada. Aunque las características del hábitat son ampliamente descritas; es necesario incursionar en fenómenos ecológicos más complejos. Por ejemplo, sobre los efectos del cambio climático, de los incendios forestales o del cambio de uso de suelo, sobre la abundancia, distribución de esta subespecie o de sus presas y sobre sus requerimientos de espacio

en ambientes fragmentados como los que ocurren en México.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Universidad Juárez del Estado de Durango y al Colegio de Posgraduados Campus San Luis Potosí por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo. A los revisores que, con sus comentarios, enriquecieron este trabajo.

LITERATURA CITADA

- AOU. (1983). Check-list of North American birds. Washington, D.C.: American Ornithologists Union.
- Bowden, T.S., Ferguson, J.M., Ward, R.V., Taper, M.L. and Willey D., W. (2015). Breeding Season Home Range and Habitat Use of Mexican Spotted Owls (*Strix occidentalis lucida*) Below the South Rim of Grand Canyon national park. *The Wilson Journal of Ornithology* 127(4):678-689, doi: 10.2193/2008-475.
- Ganey, J.L., Block, W.M., Jenness, J.S. and Wilson, R.A. (1999). Mexican spotted owl home range and habitat use in pine-oak forest: implications for forest management. *Forest Science* 45(1):127-135.
- Ganey, J. L., J. P. Ward, Jr. and Willey, D. W. (2011). Status and ecology of Mexican spotted owls in the Upper Gila Mountains Recovery Unit, Arizona and New Mexico. USDA Forest Service General Technical, Report RMRS-GTR-256WWW, Fort Collins, Colorado, USA.
- Ganey, J.I., Apprill, D.L., Rawlinson, T.A., Kyle, S.C., Jonnes, R.S., and Ward, J.P. (2014a). Nesting Habitat of Mexican Spotted Owls in the Sacramento Mountains, New Mexico. *The Journal of Wildlife Management* 77(7):1426-1435, doi: <https://doi.org/10.1002/jwmg.599>.
- Ganey, J.L., Apprill, D.L., Rawlinson, T.A., Kyle, S.C., Jonnes, R.S. and Ward, J.P. (2013). Nesting habitat of Mexican spotted owls in the Sacramento Mountains, New Mexico. *Journal of Wildlife Management* 77(7):1426-1435, doi: <https://doi.org/10.1002/jwmg.599>.
- Ganey, J.L., Apprill, D.L., Rawlinson, T.A., Kyle, S.C., Jonnes, R.S. and Ward, J.P. (2014b). Breeding Dispersal of Mexican Spotted Owls in The Sacramento Mountains, New Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology* 126(3):516-524, doi: <https://doi.org/10.1676/14-004.1>.
- Ganey, J.L., Wan, H.Y., Cushman, S.A. and Vojta, C.D. (2017). Conflicting Perspectives on Spotted Owls, Wildfire and Forest Restoration. *Fire Ecology* 13(3):146-165, doi: <https://doi.org/10.4996/fireecology.130318020>.
- Jennings, S., Cormier, R.L., and Gardali, T. (2011). Status and distribution of the barred owl in Marin County, California. *Western Birds* 42(2):103-110.
- Martínez-Guerrero, J.H., Tarango-Arámbula, L.A., Valdez, R., Pereda-Solís, M. and Canales-Guzmán, P. (2019). Mexican spotted owls (*Strix occidentalis lucida*) roosting in an urban setting In Durango, Mexico. *Journal of Raptor Research* 53(3):350-352, doi: <https://doi.org/10.3356/JRR-18-59>.
- McGarigal, K., Wan, H. Y., Zeller, K. A., Timm, B. C. and Cushman, S. A. (2016). Multi-scale habitat selection modeling: a review and outlook. *Landscape Ecology* 31:1157-1160, doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0374-x>.



- Noon, B.R. and Franklin, A.B. (2002). Scientific research and the spotted owl (*Strix occidentalis*): opportunities for major contributions to avian population ecology. *The Auk* 119(2):311-320, doi: <https://doi.org/10.1093/auk/119.2.311>.
- North, M. P., Kane, J. T., Kane, V. R., Asner, G. P., Berigan, W., Churchill, D. J., Conway, S. T., Gutiérrez, R. J., Jeronimo, S., Keane, J., Koltunove, A., Mark, T., Moskal, M., Munton, T., Peery, Z., Ramirez, C., Sollmann, R., White, A. M. and Whitmore, S. (2017). Cover of tall trees best predicts California spotted owl habitat. *Forest Ecology and Management* 405(1):166-178, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.019>.
- Palma-Cancino, D.Y., Tarango-Arambula, L.A., Ugalde-Ledezma, S., Alcántara-Carbajal, J.L., Ángeles-Pérez, G., Ramírez-Valverde, G. y Martínez-Montoya, J.L. (2014). Hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, México. *Agroproductividad* 7(4): 3-9.
- Peery, M. Z., Gutiérrez, R. J., Kirby, R., Ledee, O. E. and Lahaye, W. (2012). Climate change and spotted owls: potential contrasting responses in the Southwestern United States. *Global Change Biology* 18:865-880, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02564.x>.
- Peterson, A. T., and Robins, C. R. (2003). Using ecological-niche modeling to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. *Conservation Biology* 17(4):1161-1165, doi: [10.1046/j.1523-1739.2003.02206.x](https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.02206.x).
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- Rafael-Valdez, J., Tarango-Arambula, L.A., Martínez-Montoya, J.F., Equihua-Martínez, A., Rosas-Rosas, O.C. y Olmos-Oropeza, G. (2019). Patrón temporal de vocalizaciones y territorios de descanso del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida* Nelson 1903; Strigiformes: Strigidae) en el centro-norte de la Sierra Madre Occidental, México. *Acta Zoológica Mexicana* 35:1-15, doi: [10.21829/azm.2019.3501221](https://doi.org/10.21829/azm.2019.3501221).
- Seamans, M. E., and Gutiérrez, R. J. (2007). Habitat selection in a changing environment: the relationship between habitat alteration and spotted owl territory occupancy and breeding dispersal. *Condor* 109(3):566-576, doi: <https://doi.org/10.1650/8352.1>.
- Silva-Piña, M.J., Tarango-Arambula, L.A., Clemente-Sánchez, F., Cortéz-Romero, C., Velázquez-Martínez, A., Valdez, R. y Ugalde-Lezama, S. (2018). Características del hábitat de sitios de descanso del búho manchado (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México. *Huitzil* 19(2): 141-156, doi: [10.28947/hrmo.2018.19.2.319](https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.319).
- Sovern, S. G., Forsman, E. D., Olson, G. S., Biswell, B. L., Taylor, M. and Anthony, R. G. (2014). Barred owls and landscape attributes influence territory occupancy of northern spotted owls. *Journal of Wildlife Management* 78(8):1436-1443, doi: [10.1002/jwmg.793](https://doi.org/10.1002/jwmg.793).
- Stephens, S. L., Bigelow, S. W., Burnett, R. D., Collins, B. M., Gallagher, C. V., Keane, J., Kelt, D. A., North, M. P., Roberts, L. J., Stine, P. A. and Van Vuren, D. H. (2014). California spotted owl, songbird, and small mammal responses to landscape fuel treatments. *BioScience* 64(8):893-906, doi: <https://doi.org/10.1093/biosci/biu137>.
- Stoelting, R. E., Gutiérrez, R. J., Kendall, W. L. and Peery, M. Z. (2015). Life-history tradeoffs and reproductive cycles in spotted owls. *Auk* 132(1):46-64, doi: <https://doi.org/10.1642/AUK-14-98.1>.
- Tarango, L. A. (1994). Mexican Spotted Owl distribution and habitat characterizations in southwestern Chihuahua, Mexico. Tesis. New Mexico State University, Las Cruces, USA.
- USDI FISH and Wildlife Service. (1993). Final rule to list the Mexican spotted owl as a threatened species. *Federal Register* 58(49): 14248-14271.
- USDI U.S. Department of Interior. (1990). Endangered and threatened wildlife and plants: determination of threatened status for the northern spotted owl. U.S. Fish and Wildlife Service. *Federal Register* 55:26114-26194.
- USFWS FISH and Wildlife Service. (2012). Final Recovery Plan of the Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*), First Revision. U. S. Fish and Wildlife Service. Albuquerque, New Mexico. USA. 413 pp.
- Verner, J., McKelvey, K. S., Noon, B. R., Gutiérrez, R. J., Gould Jr., G. I. and Beck, T. W. (1992). The California spotted owl: a technical assessment of its current status. General Technical Report PSW-GTR-133. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Albany, California, USA.
- Wan, H.Y., Cushman, S.A. and Ganey, J.I. (2018a). Habitat Fragmentation Reduces Genetic Diversity and Connectivity of the Mexican Spotted Owl: A Simulation Study Using Empirical Resistance Models. *Genes* 403(9):1-21, doi: [10.3390/genes9080403](https://doi.org/10.3390/genes9080403).
- Wan, H.Y., Ganey, J.I., Vojta, C.D. and Cushman, S.A. (2018b). Managing emerging threats to spotted owls. *The Journal of Wildlife Management* 82(4):682-697, doi: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21423>.
- Wan, H.Y., McGarigal, K., Ganey, J.L., Lauret, V., Timm, B.C., and Cushman, S.A. (2017). Meta-replication reveals nonstationarity in multi-scale habitat selection of Mexican Spotted Owl. *Condor* 119:641-658, doi: <https://doi.org/10.1650/CONDOR-17-32.1>.
- Wiley and van Riper. (2007). Home range characteristics of Mexican Spotted Owls in the canyonlands of Utah. *Journal of Raptor Research* 41(1):10-15, doi: [10.3356/0892-1016\(2007\)41\[10:HR COMS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3356/0892-1016(2007)41[10:HR COMS]2.0.CO;2).
- Wiley, D.W. (2013). Diet of Mexican Spotted Owls in Utah and Arizona. *The Wilson Journal of Ornithology* 125(4):775-781, doi: <https://doi.org/10.1676/13-026.1>.
- Wiley, D.W. and Van Riper, C. (2015). Roost Habitat of Mexican Spotted Owls (*Strix occidentalis lucida*) in the Canyonlands of Utah. *The Wilson Journal of Ornithology Society* 127(4):690-696, doi: <https://doi.org/10.1676/14-021.1>.

Diet composition of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus* Mearns) identified in ruminal content in Coahuila, Mexico

Composición de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Mearns) identificada en contenido ruminal en Coahuila, México

Lozano-Cavazos, Eloy A.¹, Gastelum-Mendoza, Fernando I.², Reséndiz-Dávila, Leonel², Romero-Figueroa, Guillermo³, González-Saldivar, Fernando N.² y Uvalle-Sauceda, José I.^{2*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, C. P. 25315. ²Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, km 145 Carretera Nacional 85, Linares, Nuevo León, México, C. P. 67700. ³Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Transpeninsular Ensenada – Tijuana 3917, Playitas, Ensenada, Baja California México, C. P. 22860.

*Autor para correspondencia: juvalle.uanl@gmail.com.

ABSTRACT

Objective: identify the diet of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus* Mearns) in rumen samples at the UMA Rancho San Juan, municipality of Monclova, Coahuila, Mexico in the winter of 2019.

Design/methodology/approach: to identify the composition of the diet of the white-tailed deer, the microhistological technique was used in samples of white-tailed deer rumen. For this, the capture of 50 females was carried out through seven drop nets during the hunting season 2018-2019.

Results: The deer's diet was made up of 39 plant species, represented by 18 families, the most common being Poaceae and Fabaceae, with eight and seven species, respectively. *Prosopis glandulosa*, *Acacia rigidula*, *Setaria leucophylla* and *Leucophyllum frutescens*, were the most frequent species in the diet. Of the total species, 17 have not been reported in the diet of *O. v. texanus* in northeast Mexico. The diet was made up of 37.73% shrubs, 23.44% grasses, 18.26% succulents, 17.21% trees and 3.35% herbaceous.

Limitations on study/implications: the high percentage of grasses (Poaceae) in the diet may indicate overgrazing by deer and low availability of preferred species. The present study aims to expand the knowledge about the diet of the white-tailed deer in northeast Mexico.

Findings/conclusions: the study identified new species in the diet of the white-tailed deer in the northeast of Mexico and expands the knowledge on their feeding requirements, to implement pertinent habitat improvement measures.

Keywords: preferred species, Poaceae, microhistological technique, drop nets.

RESUMEN

Objetivo: identificar la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Mearns) en muestras de rumen en la UMA Rancho San Juan, municipio de Monclova, Coahuila, México en invierno de 2019.

Diseño/metodología/aproximación: para identificar la composición de la dieta del venado cola blanca se utilizó la técnica microhistológica en muestras de rumen de venado cola blanca. Para ello, se realizó la captura de 50 hembras a través de siete redes de caída durante la época de cacería 2018-2019.

Resultados: la dieta del venado se compuso de 39 especies de plantas, representadas por 18 familias, las más comunes fueron Poaceae y Fabaceae, con ocho y siete especies, respectivamente. *Prosopis glandulosa*, *Acacia rigidula*, *Setaria leucophylla* y *Leucophyllum frutescens*, fueron las especies más frecuentes en la dieta. Del total de especies, 17 no se han reportado en la dieta de *O. v. texanus* en el noreste de México. La dieta se constituyó de 37.73% arbustivas, 23.44% poáceas, 18.26% suculentas, 17.21% arbóreas y 3.35% herbáceas.

Limitaciones del estudio/implicaciones: el alto porcentaje de pastos (Poaceae) en la dieta puede indicar un sobrepastoreo por el venado y una baja disponibilidad de especies preferidas. El presente estudio pretende ampliar el conocimiento sobre la dieta del venado cola blanca en el noreste de México.

Hallazgos/conclusiones: el estudio identificó nuevas especies en la dieta del venado cola blanca en el noreste de México y amplía el conocimiento sobre sus requerimientos alimentarios, para implementar medidas pertinentes de mejoramiento de hábitat.

Palabras Clave: especies preferidas, Poaceae, técnica microhistológica, redes de caída.

En México y Estados Unidos se han realizado varios estudios sobre hábitos alimentarios del venado cola blanca (Stocker y Gilbert, 1977; Gallina, 1993; Plata *et al.*, 2009). En general, se reporta que su dieta se basa en renuevos de arbustos, árboles y herbáceas. Autores como Mandujano *et al.* (2010), mencionan que *O. v. texanus* se asocia a matorral desértico. Por ello la presencia de plantas suculentas, es un factor importante para el desarrollo y mantenimiento de sus poblaciones. Estos estudios se basan en análisis microhistológico de muestras fecales, ya que resulta más fácil su obtención y permiten realizar estudios a largo plazo. Sin embargo, el proceso digestivo del animal y el estado fisiológico de las plantas, pueden ocasionar que algunas especies no sean representadas adecuadamente en muestras fecales (Ramírez, 2004). Por ejemplo, si el venado consumió flores de Ocotillo (*Fouquieria splendens*), es complicado registrar sus fragmentos en heces, por su alto porcentaje de digestibilidad. Por el contrario, cuando consume pastos fibrosos con bajo porcentaje de digestibilidad, pueden ser registrados con mayor facilidad. Por ello, el objetivo de este trabajo fue identificar la dieta del venado cola blanca en muestras de rumen, en el este de Coahuila, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) Rancho San Juan (clave DGVS-CR-EX-3133-COA), Monclova, Coahuila (26° 49' 31.11" N, 101° 01' 57.77" O). El tipo de vegetación dominante es matorral desértico micrófilo, con asociación de pastizal natural (Miranda y Hernández, 1963) (Figura 1). Las especies dominantes son arbustos altos

INTRODUCCIÓN

En México se reconocen 14 de las 38 subespecies de *Odocoileus virginianus* que existen en el continente americano (Smith, 1991). Las anteriores tienen un valor económico por su aprovechamiento cinegético y son fuente de alimento para comunidades rurales (Retana-Guascón *et al.*, 2015). En México, *O. v. texanus* es la subespecie de mayor talla y demanda durante las temporadas hábiles de caza. Por ello, en el noreste de México a partir de la década de 1960, propietarios de agostaderos para cría de ganado bovino combinaron sus actividades ganaderas tradicionales con la conservación *in situ* del venado cola blanca, esquema conocido como ganadería diversificada (Villarreal, 2002). El manejo del venado cola blanca, requiere de conocimiento sobre sus requerimientos de hábitat, como la composición de la dieta, requerimientos nutricionales, agua y espacio. En este sentido, la dieta de un herbívoro es la base para la toma de decisiones en cuanto al manejo eficiente del forraje natural, para promover la presencia y disponibilidad de especies forrajeras (Ramírez, 2004). Esto es fundamental, ya que el venado cola blanca es selectivo en su alimento, lo cual se debe a factores como la condición del hábitat, fisiología del tracto digestivo y comportamiento (Wheaton y Brown, 1983).

y árboles bajos de 3 a 5 m de altura, caducifolios durante la época seca. El clima es seco (BSohw) (García, 1988). La temperatura promedio anual es de 21 °C, mayores a 40 °C en verano y menores a 0 °C en invierno. La precipitación anual, varía de 200 a 900 mm. La elevación oscila entre 600 y 1,000 m. Dentro de la UMA, se destina un área de 1,030 ha (26° 48' 09.96" N, 101° 00' 15.77" O) para manejo de venado cola blanca texano.

Obtención y análisis de contenido ruminal

La densidad poblacional de venado cola blanca estimada a través de un censo en helicóptero (Bell-66) durante el período de estudio fue de 3.7 hectáreas por individuo, la cual es considerada como un valor alto en el noreste de México (López-Téllez et al., 2007; Piña y Trejo, 2014). Posteriormente, se obtuvo el contenido del rumen de 50 hembras de venado cola blanca. La captura de los individuos, se realizó mediante siete redes de caída (drop nets), con un esfuerzo de 1700 horas hombre durante la época de cacería 2018-2019 (permiso de aprovechamiento extractivo emitido por la Secretaría de Medio Ambiente del estado de Coahuila, con número de oficio SM-VS-01/0111-19).

Para identificar la composición de la dieta del venado, se utilizó la técnica microhistológica (Sparks y Malechek, 1968; Castellaro et al., 2007; Arellano et al., 2019). La anterior se basa en identificar estructuras celulares vegetales en muestras fecales, estomacales o esofágicas. Para ello se elaboró un catálogo fotográfico de estructuras celulares de las plantas identificadas en el área de estudio. Las muestras de rumen se secaron en horno a 75 °C. Posteriormente, se molieron en molino Wiley y agruparon en cinco muestras compuestas (cada una representada por 10 muestras de rumen). Éstas, se aclararon con hipoclorito de sodio como lo describen Sparks y Malechek (1968). Por último, se montaron en 25 laminillas (cinco por muestra compuesta). En cada una, se observaron 20 campos al microscopio con objetivo 10X y se identificaron y contabilizaron estructuras celulares vegetales. Las especies identificadas se clasificaron de acuerdo a su forma biológica en arbóreas, arbustivas, poáceas, herbáceas y suculentas. Los resultados se expresaron en frecuencia relativa de cada especie vegetal por muestra compuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dieta del venado se compuso por 39 especies de plantas, representadas por 18 familias, siendo las más comunes Poaceae y Fabaceae, con ocho y siete es-

pecies, respectivamente (Cuadro 1). Lo anterior difiere con lo reportado en Jalisco por Mandujano et al. (1996): quienes indican que Euphorbiaceae, Fabaceae, Convolvulaceae, Malvaceae y Bignoniaceae, son las familias de plantas más comunes en la dieta. Esto se debe a que la selección del alimento por el venado, cambia en función del sexo, la subespecie y las condiciones del hábitat (Ramírez et al., 1996; Ramírez, 2004). Lo cual indica que los estudios de dieta deben realizarse para cada subespecie de venado cola blanca y cada tipo de hábitat en donde se distribuyen.

Las especies *Prosopis glandulosa* (21.51%), *Acacia rigidula* (14.05%), *Setaria leucophylla* (12.85%) y *Leucophyllum frutescens* (11.49%), fueron las más frecuentes en la dieta (Cuadro 1). Aunque el venado consume gran diversidad de plantas, menos del 10% de ellas llegan a constituir el 50% de la dieta (especies básicas) (Chamrad y Box, 1968). En este trabajo, *Prosopis glandulosa* y *Acacia rigidula* se consideraron especies básicas de la dieta, ya que representaron en promedio el 35.56% del total de especies. Por el contrario, 23 de las 39 especies, se registraron en menos del 1%. Por lo tanto, son especies de relleno o poco preferidas por el venado.

En el estado de Durango, México, únicamente 18 de 135 plantas consumidas por el venado se encontraron en menos del 1% (Gallina, 1993). En la región de South Texas Plains, de 83 plantas encontradas en la dieta, 10 constituyeron el 53% del total de especies registradas (Everitt y Drawe, 1974). Por su alta digestibilidad, palatabilidad y aporte nutricional, *Acacia rigidula* es una especie importante en la dieta del venado (Barnes et al., 1991; Hewitt, 2005). En el noreste de México, se reporta que *Acacia rigidula* y *Acacia berlandieri* llegan a constituir el 75% de su dieta anual (Ramírez et al., 1996). De igual manera, Barnes et al. (1991) reportan frecuencias de estas especies superiores al 50% en el sur de Texas. Además, sus inflorescencias representan una importante fuente de alimento, necesario para recuperar el gasto energético sufrido en la época reproductiva. *Prosopis glandulosa* es otra especie forrajera importante en el noreste de México, sobre todo porque los venados consumen sus rebrotes y vainas (Ramírez, 2004).

De las 39 especies (43.59%; siete arbustivas, tres poaceae, seis herbáceas), 17 no se han reportado en la dieta de *O. v. texanus* para el noreste de México (Ramírez, 1989; Ramírez et al., 1997; Olguín et al., 2017). De las siete especies herbáceas identificadas en este estudio

Cuadro 1. Valores de frecuencia relativa de las especies vegetales registradas en la dieta del venado cola blanca en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.

Familia	Especie	Frecuencia relativa (%)					Promedio
		MC* 1	MC* 2	MC* 3	MC* 4	MC* 5	
Arbóreas							
Fabaceae	<i>Prosopis glandulosa</i>	0	25.52	24.55	20.64	15.34	17.21
Arbustivas							
Fabaceae	<i>Acacia berlandieri</i>	0.36	0	0	0	0	0.07
Fabaceae	<i>Chamaecrista greggii</i>	1.44	0	0	0	0	0.29
Fabaceae	<i>Mimosa zygophylla</i>	0	3.48	3.35	1.78	2.11	2.14
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum frutescens</i>	18.72	11.15	11.29	6.71	9.55	11.48
Simaroubaceae	<i>Castela texana</i>	9.77	0	0	0	0	1.95
Verbenaceae	<i>Lantana macropoda</i>	1.08	0	0	0	0	0.22
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	0	0.76	0.73	1.78	0.59	0.77
Asteraceae	<i>Parthenium incanum</i>	0.36	0	0	0.22	0	0.12
Asteraceae	<i>Viguiera stenoloba</i>	0.36	0	0	0	0	0.07
Bignoniaceae	<i>Chilopsis linearis</i>	0.36	0	0	0	0	0.07
Ebenaceae	<i>Diospyros texana</i>	0	3.77	6.62	3.97	4.05	3.68
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	0.36	0	0	0.43	0	0.16
Fabaceae	<i>Acacia rigidula</i>	18.72	12.4	11.92	12.37	14.85	14.05
Fabaceae	<i>Eysenhardtia texana</i>	1.44	0	0	0.22	0	0.33
Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i>	0.36	0.25	0.24	0	0	0.17
Rhamnaceae	<i>Ziziphus obtusifolia</i>	0.36	0.25	0.24	0.22	0	0.21
Verbenaceae	<i>Aloysia macrostachya</i>	3.74	0	0	0.43	0	0.83
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum angustifolium</i>	1.08	1.81	2	0	0.59	1.10
Gramíneas							
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	0	0.76	0.73	0	0	0.30
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i>	2.96	1.28	1.23	0.22	0	1.14
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i>	0	1.28	1.23	4.63	2.11	1.85
Poaceae	<i>Bouteloua gracilis</i>	0	1.01	0.98	1.55	1.49	1.01
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	0.72	0	0	0	0	0.14
Poaceae	<i>Dasyochloa pulchella</i>	0	5.57	5.36	0	0	2.19
Poaceae	<i>Erioneuron pulchellum</i>	1.82	0	0	3.22	0	1.01
Poaceae	<i>Setaria leucophylla</i>	1.08	8.56	8.23	15.88	30.52	12.85
Poaceae	<i>Hilaria mutica</i>	9.77	0.25	0.24	0	0	2.05
Poaceae	<i>Panicum hallii</i>	4.54	0	0	0	0	0.91
Herbáceas							
Asteraceae	<i>Eupatorium sp.</i>	0	0.5	0.49	0	0	0.20
Boraginaceae	<i>Tiquilia canescens</i>	0.72	0	0	0	4.05	0.95
Convolvulaceae	<i>Evolvulus alsinoides</i>	0.36	0.25	0.24	0	0.59	0.29
Euphorbiaceae	<i>Croton dioicus</i>	0	0	0	0	1.8	0.36
Euphorbiaceae	<i>Croton punctatus</i>	0.72	0.5	0.49	0	0	0.34
Euphorbiaceae	<i>Croton torreyanus</i>	0	2.47	2.37	0	0	0.97
Nyctaginaceae	<i>Allionia incarnata</i>	0	0.5	0.49	0.22	0	0.24
Suculentas							
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i>	0.72	0	0	0	1.8	0.50
Cactaceae	<i>Opuntia engelmannii</i>	10.69	6.88	6.62	11.99	8.75	8.99
Cactaceae	<i>Opuntia leptocaulis</i>	7.4	10.76	10.35	13.54	1.8	8.77

*MC=Muestra compuesta.

(Cuadro 1), solo *Evolvulus alsinoides* ha sido registrada por Olguín et al. (2017) en la dieta del venado en Tamaulipas. En cuanto a la forma biológica de las plantas, la dieta del venado se compuso de 37.73% arbustivas, 23.44% poáceas, 18.26% suculentas, 17.21% arbóreas y 3.35% herbáceas (Figura 1). Aunque las arbustivas y herbáceas, constituyen la mayor proporción de su dieta, los venados tienen una preferencia por las hierbas sobre los arbustos, ya que son más digestibles y tienen mayor valor nutricional (Varner y Blankenship, 1987; Ramírez, 2004). Sin embargo, la disponibilidad de herbáceas en el agostadero depende de varios factores, como la estación del año, la cantidad y distribución de la precipitación y las características del suelo (Pollock et al., 1994). Por ello, las herbáceas no fueron identificadas en un alto porcentaje (Figura 2), ya que como sucede en Texas y el noreste de México, las herbáceas anuales, generalmente se encuentran ausentes en el verano. Además, la escasez de humedad y las altas temperaturas que predominan en los matorrales desérticos del norte de México, reducen la productividad de herbáceas perennes.

En relación al consumo de arbustivas por el venado en hábitats semiáridos, en verano aumenta su consumo, esto explica el alto consumo de arbustivas (37.73%) identificadas en este estudio. La selección de arbustos por el venado cola blanca, funciona como una conexión nutricional entre periodos de escasas de humedad o de altas temperaturas cuando la disponibilidad de herbáceas es baja (Ramírez, 2004). Por ejemplo, en la reserva de la biosfera La Michilía en Durango, México, arbustivas y arbóreas constituyeron el 85% de la dieta anual del venado (Gallina, 1993). En las montañas del Carmen en el Parque Nacional del Big Bend en la región de Trans-Pecos, Texas, las arbustivas y suculentas compusieron el 63% de la dieta anual del venado cola blanca (Wallmo et al., 1982). El consumo de poáceas por el venado cola blanca no es común, ya que no pueden digerir eficientemente

los zacates maduros, debido al alto contenido de lignina (Hanley y Hanley, 1982; Ramírez et al., 1996; Olguín et al., 2017). Sin embargo, su consumo se incrementa cuando la densidad poblacional es alta (Kie y Bowyer, 1999). Esto puede explicar el alto contenido de éstas, reportadas en este estudio (23.44%) (Figura 1). Varner y Blankenship (1987), indican que un alto consumo de estas especies, indica que las plantas preferidas por el venado, no se encuentran en calidad y cantidad adecuada en el agostadero.

En ecosistemas semiáridos, la presencia de nopales, es importante para la nutrición de los herbívoros, ya que frutos y pencas representan una fuente nutricional en épocas de escasa precipitación y altas temperaturas. Sin embargo, el nopal forrajero (*Opuntia engelmannii*) es relativamente bajo en proteína cruda, fósforo y sodio. Lo anterior enfatiza la importancia de mantener una diversidad de especies forrajeras para la nutrición del venado (Ramírez, 2004). En el sur de Texas, se reportan porcentajes mayores al 50% de nopales en la dieta del venado (Arnold y Drawe, 1979). En la región de Trans-Pecos, Texas, el contenido de suculentas en la dieta del venado, varió de 7% en verano a 49% en primavera (Wallmo et al., 1982). En este trabajo, *Opuntia engelmannii* y *Opuntia leptocaulis* constituyeron el 17.76% de la dieta.

Desde el punto de vista nutricional, se identificaron especies arbustivas que destacan por su alto contenido de Ca^{+2} (esencial en el desarrollo de astas), como *Castela texana*. A pesar de su relativamente bajo contenido de Ca, los pastos nativos del noreste de México (e. g. *Aristida adscensionis*, *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* e *Hilaria mutica*) cubren las necesidades metabólicas de Ca^{+2} del venado cola blanca texano. Otras con alto contenido de vitamina K (importante en la coagulación sanguínea) como *Diospyros texana* se identificaron en este estudio (Ramírez et al., 2000; Ramírez, 2004).

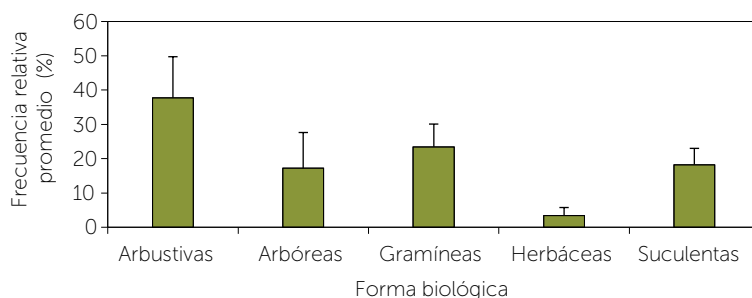


Figura 1. Frecuencia relativa promedio de especies registradas y su error estándar en la dieta del venado cola blanca por forma biológica en la UMA Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, México.

CONCLUSIONES

Los resultados indican un sobrepastoreo del venado cola blanca debido a la alta densidad de esta especie en el agostadero y al alto consumo de pastos, lo cual refleja una sobrecapacidad de carga del agostadero. *Prosopis glandulosa* y *Acacia rigidula* se identificaron como especies base en la dieta del venado. Este estudio amplía el conocimiento de la dieta del venado cola blanca en el noreste de México, pero no se recomienda que los resultados se utilicen para realizar

estimaciones de capacidad de carga, ya que para ello es recomendable realizar un análisis de dieta en muestras fecales, que abarque las cuatro estaciones del año.

LITERATURA CITADA

- Arellano, I., Pinto, R., López, A., Guevara, F., Hernández, D., & Ley, A. (2019). Modificación de la Técnica Microhistológica. Archivos de Zootecnia 68(261): 164–166. doi: 10.21071/az.v68i261.3952.
- Arnold, L. A., & Drawe, D. L. (1979). Seasonal Food Habits of White-Tailed Deer in the South Texas Plains. Journal of Range Management 32(3): 175-178. doi: 10.2307/3897116.
- Barnes, T. G., Blankenship, L. H., Varner, L. W., & Gallagher, J. F. (1991). Digestibility of Guajillo for White-Tailed Deer. Journal of Range Management 44(6): 606-610. doi: 10.2307/4003045.
- Castellaro, G., Squella, F., Ullrich, T., León, F., & Raggi, A. (2007). Algunas Técnicas Microhistológicas Utilizadas en la Determinación de la Composición Botánica de Dietas de Herbívoros. Agricultura Técnica 67(1): 86-93. doi: 10.4067/s0365-28072007000100011.
- Chamrad, A. D., & Box, T. W. (1968). Food Habits of White-Tailed Deer in South Texas. Journal of Range Management 21(3): 158-164. doi: 10.2307/3896137.
- Everitt, J. H., & Drawe, D. L. (1974). Spring Food Habits of White-Tailed Deer in the South Texas Plains. Journal of Range Management 27(1): 15-20. doi: 10.2307/3896430.
- Gallina, S. (1993). White-Tailed Deer and Cattle Diets in La Michilía, Durango, Mexico. Journal of Range Management 46(6): 487-492. doi: 10.2307/4002857.
- García, E. (1988). Modificaciones al Régimen de Clasificación Climática de Köppen, México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México. 90 p.
- Hanley, T. A., & Hanley, K. A. (1982). Food Resource Partitioning by Sympatric Ungulates on Great Basin Rangeland. Journal of Range Management 35(2): 152-158. doi: 10.2307/3898380.
- Hewitt, T. (2005). Nutritional Value of Guajillo as a Component of Male White-Tailed Deer Diets. Rangelands 58(1): 58-64. doi: 10.2458/azu_rangelands_v58i1_hewitt.
- Kie, J. G., & Bowyer, R. T. (1999). Sexual Segregation in White-Tailed Deer: Density-Dependent Changes in Use of Space, Habitat Selection, and Dietary Niche. Journal of Mammalogy 80(3): 1004–1020. doi: 10.2307/1383271.
- López-Téllez, M. C., Mandujano, S., & Yánes, G. (2007). Evaluación Poblacional del Venado Cola Blanca en un Bosque Tropical Seco de la Mixteca Poblana. Acta Zoológica Mexicana (N.S.) 23(3): 1-16. doi: 10.21829/azm.2007.233581.
- Mandujano, S., Delfin, C. A., & Gallina, S. (2010). Comparison of Geographic Distribution Models of White-Tailed Deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780) Subspecies in Mexico: Biological and Management Implications. Therya 1(1): 41-68. doi: 10.12933/therya-10-5.
- Miranda, F., & Hernández-X., E. (1963). Los Tipos de Vegetación De México y su Clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-179. doi: 10.17129/botsci.1084.
- Olguín, C. A., González, F., Cantú, C., Rocha, L., Uvalle, J., & Marmolejo, J. (2017). Competencia Alimentaria entre el Venado Cola Blanca y Tres Herbívoros Exóticos en el Noreste de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 8(42): 7-27. doi: 10.29298/rmcf.v8i42.17.
- Piña, E., & Trejo, I. (2014). Densidad Poblacional y Caracterización de Hábitat del Venado Cola Blanca en un Bosque Templado de Oaxaca, México. Acta Zoológica Mexicana (N.S.) 30(1): 114-134. doi: 10.21829/azm.2014.301133.
- Plata, F. X., Ebergény, S., Resendiz, J. L., Villareal, O., Bárcena, R., Viccon, J. A., & Mendoza, G. D. (2009). Palatabilidad y Composición Química de Alimentos Consumidos en Cautiverio por el Venado Cola Blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). Archivos de Medicina Veterinaria 41: 123–129. doi: 10.4067/s0301-732x2009000200005.
- Pollock, M. T., Whittaker, D. G., Demarais, S., & Zaiglin, R. E. (1994). Vegetation Characteristics Influencing Site Selection by Male White-Tailed Deer in Texas. Journal of Range Management 47(3): 235-239. doi: 10.2307/4003023.
- Ramírez, R. G. (1989). Estudios Nutricionales de las Cabras en el Noreste de México. Segunda Parte. Cuaderno de Investigación No. 13. Dirección General de estudios de Posgrado. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N. L., México. 12-17.
- Ramírez, R. G., Haenlein, G., Treviño, A., & Reyna, J. (1996). Nutrient and Mineral Profile of White-Tailed Deer (*Odocoileus virginianus texanus*) Diets in Northeastern Mexico. Small Ruminant Research 23(1): 7–16. doi: 10.1016/s0921-4488(96)00895-4.
- Ramírez, R. G., Quintanilla, J. B., & Aranda, J. (1997). White-Tailed Deer Food Habits in Northeastern Mexico. Small Ruminant Research 25(2): 141–146. doi: 10.1016/s0921-4488(96)00960-1.
- Ramírez, R. G., Neira, R., Ledezma, R., & Garibaldi, C. (2000). Ruminant Digestion Characteristics and Effective Degradability of Cell Wall of Browse Species From Northeastern Mexico. Small Ruminant Research 36(1): 49–55. doi: 10.1016/s0921-4488(99)00113-3.
- Ramírez, R. G. (2004). Nutrición del Venado Cola Blanca. Universidad Autónoma de Nuevo León. Unión Ganadera Regional de Nuevo León, Fundación Produce. Nuevo León, Monterrey, México. 240 p.
- Retana-Guascón, O. G., Martínez-Pech, L. G., Niño-Gómez, G., Victoria-Chan, E., Cruz-Mass, Á., & Uc-Piña, A. (2015). Patrones y Tendencias de uso del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en Comunidades Mayas, Campeche, México. Therya 6(3): 597–608. doi: 10.12933/therya-15-313.
- Smith, W. P. (1991). *Odocoileus virginianus*. Mammalian Species 388: 1-13. doi: 10.2307/3504281.
- Sparks, D. R., & Malechek, J. C. (1968). Estimating Percentage Dry Weight in Diets Using a Microscopic Technique. Journal of Range Management 21(4): 264-265. doi: 10.2307/3895829.
- Stocker, M., & Gilbert, F. (1977). Vegetation and Deer Habitat Relations in Southern Ontario: Application of Habitat Classification to White-Tailed Deer. Journal of Applied Ecology 14(2): 433-444. doi: 10.2307/2402556.
- Varner, L.W., & Blankenship, L.H. (1987). South Texas Shrubs: Nutritive Value and Utilisation by Herbívoros. USDA, For. Ser. Gen. Tech. Rep. INI-222, p.7.
- Villarreal, E. O. (2002). El Grand Slam del Venado Cola Blanca Mexicano, una Alternativa Sostenible. Archivos de Zootecnia 51: 187-193.
- Wallmo, O. C., Krausman, P. R., & Ables, E. D. (1982). Ecology of the Carmen Mountains White-Tailed Deer. Journal of Wildlife Management 46(4): 1122-1123. doi: 10.2307/3808258.
- Wheaton, C., & Brown, R. (1983). Feed Intake and Digestive Efficiency of South Texas White-Tailed Deer. Journal of Wildlife Management 47: 442-450. doi: 10.2307/3808517.

Economic impact of hunting tourism on management units (UMA) in the Natural Protected Area Sierra Fría, Aguascalientes, Mexico

Impacto económico del turismo cinegético en unidades de manejo (UMA) en el Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México

Bañuelos-Frías, Violeta L.¹; Clemente-Sánchez Fernando^{1*}, Olivera-Méndez, Alejandra¹; Palacio-Núñez, Jorge¹, Morales-Flores, Francisco J.¹; Vital-García, Cuauhchuatl²

¹Colegio de Postgraduados, Campus SLP, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. Programa de Maestría en Ciencias en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Iturbide 73, Colonia Centro, Salinas de Hidalgo San Luis Potosí, 78600, México. ²Departamento de Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

*Autor de correspondencia: clemente@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to determine the economic impact through the cost-benefit analysis of hunting tourism in extractive type UMAs within the Sierra Fría Protected Natural Area, in the state of Aguascalientes, Mexico.

Design/methodology/approximation: an instrument (questionnaire) was designed with indicators and variables that allowed creating a database and performing the cost-benefit analysis (CB). This instrument was addressed to the legal representatives of nine extensive UMAs (six private and three ejido).

Results: as a result, it was found that the cost-benefit ratio of the private UMAs was 3.78, about twice higher than the ejido ones (2.08). In addition, the highest index reached of 5.72 was obtained, which shows with relative indices that there is considerable potential for future increase in the cost-benefit ratio for UMAs with this activity.

Limitations/implications: the results are only applicable to the UMAs under study, the scheme used for their economic evaluation can be applied at the national, regional or local level to know the impact of hunting tourism.

Findings/conclusions: it is concluded that the UMAs with hunting activity that were subject of study within the ANP Sierra Fría, are economically profitable and that as a consequence of their management they contribute to the conservation of the environment and benefit the surrounding rural communities.

Keywords: wildlife, hunting, profitability, evaluation, ecotourism.

RESUMEN

Objetivo: determinar el impacto económico mediante el análisis costo-beneficio del turismo cinegético en Unidades de Manejo para el Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA) de tipo extractivo dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, en Aguascalientes, México.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 55-58.

Recibido: noviembre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

Diseño/metodología/aproximación: se diseñó un cuestionario con indicadores y variables que permitieron crear una base de datos y realizar el análisis costo-beneficio (CB). Este instrumento fue dirigido a los representantes legales de nueve UMAs extensivas (seis privadas y tres ejidales).

Resultados: la relación costo-beneficio de las UMAs privadas registró un índice de 3.78, cerca de dos veces superior a las ejidales (2.08). Además, se obtuvo el mayor índice de 5.72 lo que muestra que hay un potencial considerable de incremento a futuro en la relación costo-beneficio para las UMAs con esta actividad.

Limitaciones/implicaciones: los resultados son aplicables a las UMAs bajo estudio, aunque el esquema utilizado para su evaluación económica puede ser aplicado a nivel nacional, regional o local para conocer el impacto del turismo cinegético.

Hallazgos/conclusiones: se concluye que las UMAs con actividad cinegética sujetas de estudio dentro del ANP Sierra Fria, son económicamente rentables y contribuyen con su manejo a la conservación del medio ambiente y dan beneficio a las comunidades rurales aledañas.

Palabras clave: fauna, cacería, rentabilidad, evaluación, ecoturismo.

de San José de Gracia, Rincón de Romos y Calvillo, respectivamente.

Diseño del instrumento

Se diseñó un instrumento para analizar el impacto económico del turismo cinegético, del cual se tomó como referencia el propuesto por Mondino y Pendas, (2007) y Ortega *et al.* (2016) y de acuerdo con los lineamientos de informes de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Este instrumento se compuso de 81 indicadores agrupados en las dimensiones económica, social y ambiental, y con base en estos se estructuró un cuestionario con preguntas cerradas y respuestas de escala nominal, "Likert", y numérico. El cuestionario fue aplicado a los representantes legales (compuesto por 79 preguntas con 438 variables). El instrumento fue aplicado durante las temporadas hábiles de cacería para las principales especies cinegéticas (*Meleagris gallopavo*, *Odocoileus virginianus couesi*, *Pecari tajacu*, *Canis latrans* y *Urocyon cinereoargenteus*) de la temporada 2018-2019 del estado de Aguascalientes.

Índice Costo-beneficio

Para valorar el impacto económico de las UMAs participantes se utilizó el índice de rentabilidad o relación costo-beneficio (CB), el cual es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos Totales Netos (VAITN) entre el Valor Actual de los Costos de Inversión y costos totales por temporada (VACI) (Mondino y Pendas, 2007).

El estimador utilizado en la relación costo-beneficio fue:

$$CB = \frac{VAITN}{VACI}$$

En donde: CB=relación costo-beneficio. VAITN=valor actual de los

INTRODUCCION

El turismo en México es uno de los sectores más importantes para la sociedad, además de convertirse en una de las principales fuentes de ingresos y de desarrollo social (SECTUR, 2000). Actualmente, el potencial que tiene el aprovechamiento de la fauna silvestre a través del turismo cinegético en países desarrollados como los Estados Unidos de América, Canadá y una gran porción del continente europeo, reside en lo económico asociado a lo social y ambiental, por lo que se considera como una alternativa de desarrollo sustentable para mejorar la calidad de vida, y contribuir a la protección y conservación de la vida silvestre y su hábitat.

En México, donde también se realiza esta actividad dentro de las Unidades de Manejo (UMAs), el potencial del turismo cinegético es importante a nivel económico, social y ambiental, cuando se aplica de manera sustentable; lo que permite el desarrollo local de las zonas rurales, además coadyuva a la conservación de la biodiversidad (Zimmerman, 2007). En México, es escasa la información publicada sobre este impacto, (Tello *et al.*, 2015), por consiguiente, en esta investigación, se evaluó un esquema de análisis para monitorear el impacto económico del turismo cinegético en las UMAs, mediante un análisis de costo-beneficio y valorar su rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en nueve UMAs (Antrialgo, Sierra Brava, Peña del Gato, Piletas, La Tinaja, Los Charcos, La Rinconada, Terrero de la Labor y Bienes Comunales de San José de Gracia) ubicadas dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México, de las cuales seis son propiedad privada, dos ejidales y una comunal, pertenecientes a los municipios

ingresos totales netos o beneficios netos. $VACI = \text{valor actual de los costos de inversión o costos totales}$.

El criterio utilizado para que la relación CB sea rentable deberá ser mayor o igual a la unidad; y no será rentable cuando la relación CB sea igual o menor que la unidad. Para comparar la rentabilidad de las UMA de acuerdo con los diferentes tipos de tenencia de la tierra, se agruparon en privadas y ejidales. Por ser valores monetarios, representados en pesos, las diferencias no se marcan con significancia estadística, únicamente se dan los valores respectivos, ya que la significancia está dada por el criterio personal de quien las consulta. Para realizar este análisis, con la información obtenida del instrumento aplicado hacia los dueños o representantes legales de las UMA participantes, se realizaron los siguientes pasos: Identificación de los costos relacionados con el factor económico del instrumento; suma de todos los costos totales; identificación de los beneficios relacionados con el factor económico del instrumento; suma de todos los beneficios totales; homogenización de todas las cifras (costos y beneficios) en términos anuales; cálculo de la relación de los costos y beneficios totales $\frac{B}{C}$; y obtención del resultado del valor del índice.

RESULTADOS Y DISCUSION

El índice de la relación costo beneficio en las UMAs privadas fue de 3.78, mientras que en las ejidales fue de 2.08, de acuerdo con esta relación, las privadas fueron casi dos veces más rentables que las ejidales (Cuadro 1).

En cuanto al índice CB específico para la UMA3 privada y UMA7 ejidal, no resultó rentable (Cuadro 2.), y su baja rentabilidad puede deberse a que la UMA privada es de reciente creación y solo cuenta con un año de funcio-

Cuadro 1. Relación costo-beneficio (CB) de las UMAs privadas y ejidales.

Pesos mexicanos (\$)	UMAs privadas	UMAs ejidales	Total
Gastos totales	839,210	156,710	995,920
Beneficios totales	3,174,500	327,500	3,502,000
Costo-Beneficio (CB)	3.78	2.08	3.51

namiento lo que no le ha permitido programar sus actividades adecuadamente, como la inclusión de servicios para el cliente, lo que permitiría poder tener un mayor ingreso por temporada. En el caso de la UMA ejidal, los manejos administrativos inadecuados del ejido reportados en las entrevistas, así como la falta de planeación de los servicios necesarios para hacer que la UMA sea rentable, son los principales factores que impiden su rentabilidad, aunado a que el puesto del representante legal de la UMA solo tiene vigencia de tres años, lo que impide continuidad de los planes de la administración en turno, y se presenta la oportunidad de satisfacer intereses personales de los que dirigen en su momento el ejido. Es recomendable dar capacitación a los ejidos que se constituyen en UMA para integrar a largo plazo planes de manejo y aprovechamiento administrados por un órgano interno independiente al Comisariado ejidal.

Como resultado del cálculo del índice relativo CB, se tomó el índice más alto que fue 5.72 en la UMA5. De esta manera, las UMAs que resultaron con mayor porcentaje de rentabilidad fueron la UMA5 (100%), UMA2 (74.87%), UMA9 (59.06%); mientras que las de menor porcentaje fueron UMA7 (6.34%) y UMA3 (3.85%) (Cuadro 3).

La ganancia promedio de las UMAs muestreadas en la temporada de aprovechamiento cinegético 2018-2019 fue de \$2,506,080.00 en donde las privadas alcanzaron

Cuadro 2. Índice Costo-Beneficio de las UMAs participantes en el estudio en función a su Ingreso y egreso totales.

Pesos mexicanos (\$)	UMA 1	UMA 2	UMA 3	UMA 4	UMA 5	UMA 6	UMA 7	UMA 8	UMA 9	Total
Gasto total	57,530	470,500	63,450	52,100	155,700	39,930	44,100	46,460	66,150	995,920
Beneficio Total	64,000	2,015,000	14,000	114,000	891,000	76,500	16,000	88,000	223,500	3,502,000
Costo-Beneficio	1.11	4.28	0.22*	2.18	5.72	1.91	0.36*	1.89	3.37	3.51

Cuadro 3. Índice de Costo-Beneficio e Índice Relativo del CB de las UMAs privadas y ejidales participantes.

Concepto	UMA 1	UMA 2	UMA 3	UMA 4	UMA 5	UMA 6	UMA 7	UMA 8	UMA 9
Índice CB	1.11	4.28	0.22*	2.18	5.72	1.91	0.36*	1.89	3.37
CB Relativo	19.44	74.87	3.85	38.25	100	33.49	6.34	33.11	59.06



Cuadro 4. Ganancias netas en las UMAs privadas en la temporada 2018-2020.

Pesos mexicanos (\$)	UMA 1	UMA 2	UMA 3	UMA 4	UMA 5	UMA 6	Total (\$)
Ganancias netas	6,470	1,544,500	-49,450	61,900	735,300	36,570	2,335,290

una suma de \$2,335,290.00 (Cuadro 4) con un rango de ganancia neta de entre \$6,470.00 a \$1,544,500.00, a diferencia de las ejidales que obtuvieron una ganancia de \$170,790.00 (Cuadro 5).

Para UMAs en el estado de Hidalgo, México, De la Vega *et al.* (2012) reportan que una UMA privada generó una ganancia de \$503,724.00, valor que queda dentro del rango de las UMAs privadas del presente trabajo. En contraste, en UMAs en el estado de Baja California, Contreras-Gil *et al.* (2010) señalan ganancia total promedio de \$39,200.00 pesos; es decir, ganancias más bajas que las obtenidas en el presente estudio.

Para las UMAs ejidales del ANP Sierra Fría, su ganancia total promedio fue de \$170,790.00 con un rango de \$41,540.00 a \$157,350.00. En otras evaluadas en Campeche, México, se reportan ganancias promedio de \$55,300.00 en UMAs ejidales (García-Marmolejo *et al.*, 2010) ubicadas dentro del rango del presente estudio.

Consecuentemente, las UMAs de la ANP Sierra Fría privadas o ejidales son igual o más rentables que las UMAs de los estados mencionados, debido fundamentalmente a la diversidad y costo de los servicios a cazadores. Como indican los datos obtenidos en esta investigación y de acuerdo con Sisk *et al.* (2010), las UMAs ejidales consideran diferentes intereses debido a sus tradiciones y actividades productivas (ganadería y agricultura), las cuales tienen prioridad sobre la actividad cinegética lo que puede ser causa de la diferencia en la prestación de servicios a los cazadores lo que se refleja en menor rentabilidad entre las UMAs ejidales y las privadas (Contreras-Gil *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

Las UMAs muestreadas en el ANP Sierra Fría son rentables, registrando mayor ganancia las UMAs privadas comparadas con las ejidales. La actividad cinegética en las UMAs ejidales resultó con menor rentabilidad, debido a la falta de capacitación en la prestación de servi-

Cuadro 5. Ganancias netas en las UMAs ejidales en la temporada 2018-2020.

Pesos mexicanos (\$)	UMA 7	UMA 8	UMA 9	Total (\$)
Ganancias netas	-28,100	41,540	157,350	170,790

cios a los cazadores, desconocimiento del valor potencial de estos servicios y la mala organización adminis-

trativa, así como la falta de proyectos de inversión que en corto plazo reditúen en la venta de servicios.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de las UMAs: Antrialgo, Sierra Brava, Peña del Gato, Piletas, La Tinaja, Los Charcos, La Rinconada, Terrero de la Labor y Bienes Comunales de San José de Gracia, a sus propietarios y trabajadores, por la información proporcionada, ya que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización del presente estudio.

LITERATURA CITADA

Contreras-Gil, J., Mellin, E., Alcalá-Álvarez, M., Martínez-Gallardo, R., y Camarena-Ojinaga, M. (2010). Estado de la cacería deportiva como una alternativa económica de diversificación productiva para el municipio de Ensenada, Baja California, Investigación ambiental. Ciencia y política pública, México, Vol. 2 Núm. 1, Pág. 65-74.

De la Vega, A., Sangerman-Jarquín, D., García, J., Navarro, A., Huato M. y Schwentesius, R. (2012). Evaluación financiera de la Reserva Cinegética Santa Ana. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(5): 1023-1038 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México.

García Marmolejo, G. (2005). Caracterización y sustentabilidad de las unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en Campeche, Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Colegio de la Frontera Sur.

Mondino, D. y Pendas, E. (2007). Finanzas para empresas competitivas, Página 217 capítulo 8, Los métodos de valuación a evaluación. México: Editorial Granica S.A

Ortega-Argueta, A. González-Zamora A., Contreras-Hernández A. (2016). A framework and indicators for evaluating policies for conservation and development: The case of wildlife management units in Mexico Environmental Science & Policy 63 pages. 91-100

SECTUR. Secretaría de Turismo, 2000. Turismo Alternativo. Fascículo 1. 39 pp

Sisk, T.D., Castellanos, A.E. y Koch, G. W. 2007. Ecological impacts of wildlife conservation units policy in Mexico. Front Ecol Environ 5(4): 209-212.

Tello-Leyva, Y., Vazquez, S., Juárez, A. & Gonzalez, M. (2015). Turismo Cienegético: ¿Una alternativa de desarrollo sustentable?, European Scientific Journal, Vol.11, No. 20.

Zimmermann, K. (2007). Historical perspectives of sport tourism. In Hudson, s (ed). Sport and adventure tourism. Binghamton. The Haworth Press. 27: 48.

Micro minerals in the liver of *Ovis canadensis mexicana* Merriam and *Odocoileus hemionus eremicus* Mearns in Sonora, Mexico

Micro minerales en hígado de *Ovis canadensis mexicana* Merriam, y *Odocoileus hemionus eremicus* Mearns en Sonora, México

Olmos-Oropeza, Genaro¹; Espinosa-Reyes, Guillermo²; Gastelum-Mendoza, Fernando I.¹; Tarango-Arámbula, Luis A.¹; Ugalde-Lezama, Saúl³ y Martínez-Montoya Juan F.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Postgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Iturbide 73, Colonia Centro, Salinas de Hidalgo, S.L.P. CP 78620. ²Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud (CIAAS), Facultad de Medicina. Av. Sierra Leona #550 Col. Lomas 2a. Sección San Luis Potosí, S.L.P., México CP 78210. ³Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. Km 38, Carretera México- Texcoco, Chapingo, Estado de México, CP 56230.

*Autor de correspondencia. fmontoya@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to determine concentrations of Fe, Cu, Zn, Se, Mn, Co and Cr in the liver as indicators of deficiencies/excesses in bighorn sheep (BC) (*Ovis canadensis mexicana*) and mule deer (VB) (*Odocoileus hemionus eremicus*).

Design/methodology/approach: liver samples were taken from three specimens of bighorn sheep (BC) and five specimens of mule deer (VB). The micro-minerals were determined on an inductively coupled quadrupole plasma mass spectrometer (ICP-MS) and the analyzes were validated using a reference sample.

Results: in BC the average contents of Fe, Cu, Zn, Se, Mn, and Cr were 114.8, 60.9, 63.8, 1.1, 2.6, and 0.15 mg kg⁻¹ and in VB were of 183.9, 28.9, 44.6, 1.2, 2.6, and 0.17 mg kg⁻¹, respectively, and are within the ranges considered as suitable for healthy animals. However, one BC and two BV had Cu deficiencies and 60% of the Zn VB. The Co contents in BC and VB were 14.6 and 12.3% lower as the adequate level.

Limitations on study/implications: the sample size was relatively small and only of adult males. The results may not be representative of the BC and VB population.

Findings/conclusions: in BC the Fe, Zn, Se and Mn contents were adequate and the Cu was partially adequate, in a BC was deficient. In VB, the Fe, Se and Mn contents indicate that there are no deficiencies. The Cu and Zn contents were partially adequate since 40 and 60% of the VB showed deficiencies. The Co was deficient in both species.

Keywords: diagnosis; microelements; deficiencies, bighorn sheep, mule deer.



RESUMEN

Objetivo: determinar la concentración de Fe, Cu, Zn, Se, Mn, Co y Cr en hígado como indicadores de deficiencias/excesos en borrego cimarrón (BC) (*Ovis canadensis mexicana*) y venado bura (VB) (*Odocoileus hemionus eremicus*).

Diseño/metodología/aproximación: Se tomaron muestras de hígado de tres ejemplares de BC y de cinco de VB. Los micro-minerales se determinaron en espectrómetro de masas con plasma acoplado inductivamente cuadrupolo (ICP-MS) y los análisis se validaron utilizando una muestra de referencia.

Resultados: en BC los contenidos promedio de Fe, Cu, Zn, Se, Mn y Cr fueron de 114.8, 60.9, 63.8, 1.1, 2.6, y 0.15 mg kg⁻¹ y en VB de 183.9, 28.9, 44.6, 1.2, 2.6, y 0.17 mg kg⁻¹, respectivamente, los cuales son adecuados para animales sanos. Sin embargo, una muestra de BC y dos de VB presentaron deficiencias de Cu, y 60% de los VB de Zn. Asimismo, los contenidos de Co en BC y VB fueron 14.6 y 12.3% inferiores al nivel adecuado.

Limitaciones del estudio/implicaciones: el tamaño de la muestra fue relativamente pequeña y únicamente de machos adultos. Los resultados podrían no ser representativos de la población de BC y VB.

Hallazgos/conclusiones: en BC los contenidos de Fe, Zn, Se y Mn fueron adecuados y el Cu fue parcialmente adecuado, en una muestra fue deficiente. En VB, los contenidos de Fe, Se y Mn fueron adecuados. Los contenidos de Cu y Zn fueron parcialmente adecuados en el 40 y 60% de los VB, donde estuvieron en nivel de deficiencia. El Co fue deficiente en ambas especies.

Palabras clave: diagnóstico; microelementos; deficiencias, borrego cimarrón, venado bura.

El hierro (Fe), yodo (I), cinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), cobalto (Co), molibdeno (Mo), selenio (Se), cromo (Cr), flúor (F) y silicio (Si) son considerados como esenciales (Underwood, 1981; NRC, 2007). En individuos de BC, en vida libre, se han encontrado deficiencias de Se, Cu y Zn (Poppenga *et al.*, 2012), en específico, las deficiencias de Se están asociadas a la disminución de sus poblaciones (Carpenter, 2005). En VB se encontró relación positiva entre concentraciones bajas de Se en sangre y la presencia de piojos (Roug *et al.*, 2016); además, concentraciones bajas de Se en hígado se han asociado con la presencia de la enfermedad del músculo blanco, ocasionando baja producción y supervivencia de cervatos (Fielder, 1986). En México, pese a que hay pocas publicaciones sobre diagnóstico de micro minerales limitantes en ungulados silvestre, en las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre del noroeste de México, hay uso indiscriminado de suplementos minerales.

Una dieta deficiente, desequilibrada o con alta cantidad de un mineral, provoca cambios en la forma o concentración de éste en tejidos y fluidos corporales, hasta alcanzar valores inferiores o superiores a los límites permisibles (Underwood y Suttle, 2003). Al respecto, los contenidos de minerales en hígado son los que reflejan el estado nutricional de los ungulados de forma más objetiva (Roug *et al.*, 2016), por ello, se determinaron las concentraciones de Fe, Cu, Zn, Se, Mn, Co, Cr y B, como indicadores de deficiencias o excesos, en muestras de hígado de borrego cimarrón y de venado bura.

INTRODUCCIÓN

El borrego cimarrón y el venado bura (*Ovis canadensis mexicana* y *Odocoileus hemionus eremicus*) son las especies de fauna silvestre de mayor valor económico en el noroeste de México, sus poblaciones pueden estar afectadas por deficiencias o excesos de microelementos minerales (Flueck, 1994; McKinney *et al.*, 2006), los cuales son esenciales para que los animales lleven a cabo sus funciones fisiológicas vitales en forma adecuada (McDowell, 2003). En zonas áridas, el aporte de minerales por las plantas a los ungulados silvestres es variable, ya que su contenido depende del suelo, de la especie vegetal, de su estado de madurez y del clima (Alvarado *et al.*, 2013). Los desbalances de macro y microminerales en suelo y forraje pueden causar problemas productivos, reproductivos, pobre respuesta inmunológica y baja supervivencia (Wilson y Grace, 2001; McDowell y Arthington, 2005; Chihuailaf *et al.*, 2014).

En ungulados silvestres las deficiencias de micro minerales se asocian a la presencia de enfermedades y pobres parámetros reproductivos (Wolfe *et al.*, 2010). Por ello, la determinación y evaluación de las concentraciones de estos minerales en los tejidos, es importante para diagnosticar las condiciones de salud de las poblaciones de ungulados silvestres (Wolfe *et al.*, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) Rancho Noche Buena, ubicada en el municipio de Hermosillo, Sonora, México (Figura 1). El clima es árido-cálido, con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 365.7 mm, la humedad relativa media anual es de 43% y la temperatura media anual de 24.8 °C, con máximas en agosto (48.5 °C) y mínimas en enero (-4 °C) (CONAGUA, 2015). La vegetación está dominada por el matorral desértico micrófilo y matorral sarcocaulé (INEGI, 2013). Las especies arbustivas dominantes son rama blanca (*Encelia farinosa*), sangregado (*Jatropha cardiophylla*), saliciso (*Lycium* sp.) y torote prieto (*Bursera laxiflora*); herbáceas como malvarrosa (*Kosteletzkya malvavizcana*), farolito (*Cardiospermum corindum*), pintapán (*Anoda cristata*) y arbóreas como palo fierro (*Olneya tesota*), palo blanco (*Acacia willardiana*) y torote papelillo (*Bursera microphylla*). La fisiografía, en su mayoría, es plana dedicada a la producción de ganado bovino y venado bura, además cuenta con un área escarpada (5,063 ha) con rangos de altitud que oscilan de 200 a 1060 m, donde habita y se aprovecha el borrego cimarrón (Figura 1).

Durante la temporada de caza de noviembre 2013 a febrero de 2014, se tomaron muestras de hígado, del lóbulo derecho, de tres ejemplares de BC y de cinco de VB,

cazados en varios sitios de la UMA. Las muestras recolectadas se envolvieron en papel aluminio, se colocaron en frascos estériles, se transportaron al laboratorio del Colegio de Postgraduados, Campus San Luis potosí, en donde se conservaron en congelación a -21 °C hasta su análisis.

Las muestras de hígado se analizaron en la Facultad de Toxicología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. La determinación de metales en hígado se realizó en un espectrómetro de masas con plasma acoplado inductivamente cuadrupolo (ICP-MS) marca Thermo Fisher, Modelo X Series 2. Se utilizó de 0.5 a 1 g de tejido húmedo para realizar una digestión ácida con 5 mL de ácido nítrico (HNO₃) al 50% y 1 mL de peróxido de hidrógeno ultrapuro (H₂O₂) concentrado, las muestras se dejaron pre-digerir durante 24 h a temperatura ambiente. Posteriormente, se realizó la digestión en un horno de microondas (Mars 6 CEM, vasos Greenchem, 200 °C, 800 psi; 15 min, 1800w). El gas acarreador fue el argón grado cromatográfico. La calibración del equipo se realizó mediante estándares de referencia acuosos multielementales certificados marca HPS de 10 mg L⁻¹, utilizando una curva de calibración de 0.1 mg L⁻¹ aumentando progresivamente hasta 100 mg L⁻¹, además de un estándar interno de 10 ppb de In y Tm. También, se utilizaron muestras control de concentraciones conocidas para verificar que la medición se realizara correctamente,

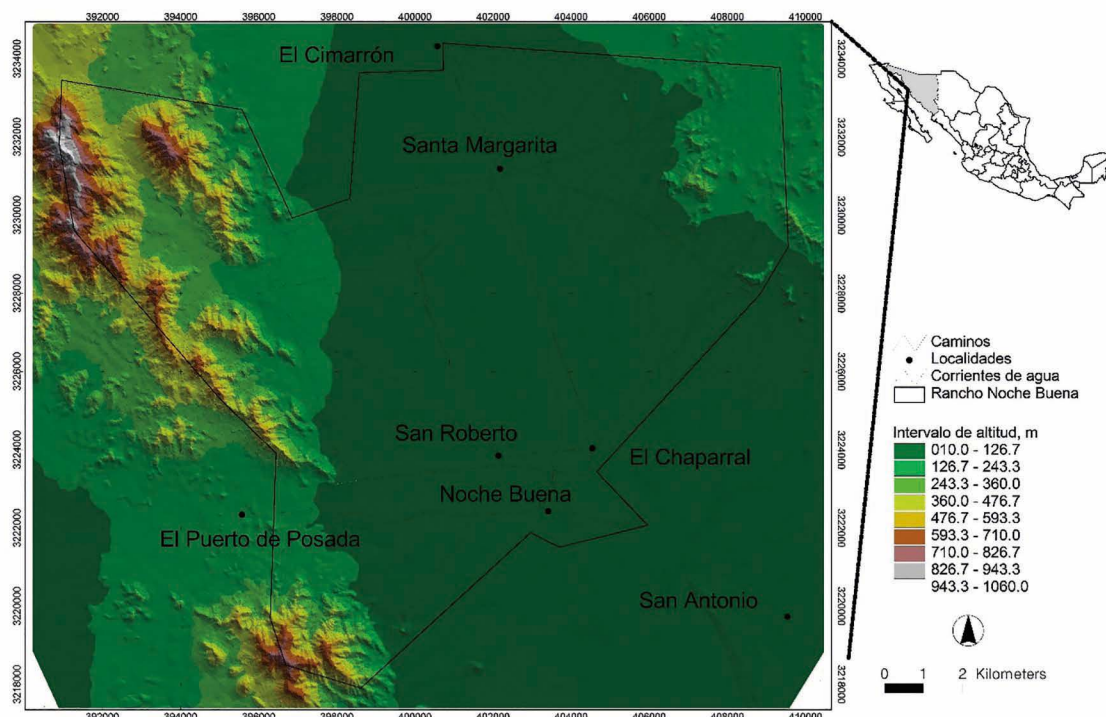


Figura 1. Localización de la UMA Rancho Noche Buena, Sonora, México.

para incrementar la sensibilidad y detectar bajas cantidades, y su cuantificación, se utilizó agua desionizada y ácidos destilados.

Las muestras de hígado se analizaron por triplicado y los valores se expresaron en partes por billón (ppb) en base húmeda. Para cada especie de ungulado y metal. Se calculó la media, desviación estándar y compararon con los valores considerados como adecuados para ovejas domésticas y ungulados silvestres.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedio y mínimos de Fe, Zn, Se, Mn y Cr en hígado de borrego cimarrón (BC) (Cuadro 1) se encuentran dentro del intervalo considerado como normal para ovejas domésticas (Puls, 1998). Dado que no se reportan valores de referencia para BC de estos microelementos, se pueden considerar los reportados para ovejas y cabras domésticas (NRC, 2007). Contrario a lo encontrado en este trabajo, se reportan concentraciones en suero sanguíneo de Fe y Zn inferiores a las concentraciones consideradas como adecuadas para BC en California, USA (Poppenga *et al.*, 2012). A pesar de que las deficiencias de Cu son comunes en venados (Grace y Wilson, 2002), en este trabajo las concentraciones promedio de Cu en hígado estuvieron dentro del rango considerado como adecuado (Puls, 1998).

Sin embargo, en un individuo de BC se encontró una concentración de Cu (9.5 mg kg^{-1}) por debajo de los valores normales establecidos para ovejas domésticas, lo que indica que parte de la población de BC podrían presentar deficiencias de Cu y las cuales es posible se acentúen al final de invierno y principios de primavera en comparación al otoño (Grace y Wilson, 2002) que fue cuando se recolectaron los hígados de BC. En ungulados, concentraciones, en hígado, de Cu inferiores a 20 mg kg^{-1} en base seca se consideran deficientes

y éstas se asocian con anemia, osteocondritis, osteoporosis, rotura de huesos, infertilidad, despigmentación de la piel, pelo y lana, ataxia en animales jóvenes y susceptibilidad mayor a enfermedades (NRC, 2007; Myers *et al.*, 2015); por ello, cuando se suplementa con Cu a venados bajo condiciones deficientes se pueden mejorar las astas (Gambín *et al.*, 2017).

Cabe señalar que en ungulados silvestre como el BC, que habitan en zonas montañosas con rocas de granito y suelos de origen volcánico, se presentan deficiencias de Se (Fordyce, 2005; Poppenga *et al.*, 2012), lo que incrementa la mortalidad de corderos por la enfermedad de musculo blanco (Puls, 1998; Coggins, 2006). Sin embargo, en este trabajo las concentraciones de Se,

Zn, Fe, Mn y Cr se encontraron dentro de los rangos considerados como adecuados, lo que puede incidir en una densidad alta de BC en la UMA Rancho Noche Buena. Sin embargo, sería pertinente cuantificar los contenidos de micro minerales en suelo y en las plantas que conforman la dieta del borrego cimarrón, para relacionar estas concentraciones con las encontradas en hígado del borrego cimarrón.

Las concentraciones de Co en hígado de BC fueron 85% inferiores a las consideradas como adecuadas en ovejas domésticas (Cuadro 1). El Co se almacena principalmente en el hígado (Grace y Wilson, 2002) y aunque

los tejidos del animal no requieren Co, este es necesario para la síntesis de la vitamina B12 por los microorganismos ruminales (NRC, 2007). Las deficiencias de Co se relacionan con consumo de alimento bajo, pérdida de peso, producción de leche baja, ausencia de estro, entre otros (Grace y Wilson, 2002; NRC, 2007). Finalmente, se ha establecido que el BC ha evolucionado y adaptado a ambientes que presentan baja disponibilidad de micro minerales y que sus requerimientos deberían ser diferentes al de los animales domésticos (Robbins *et al.*, 1985).

Cuadro 1. Concentración (base húmeda, mg kg^{-1}) promedio, desviación estándar y rango (entre paréntesis) de micro-minerales en hígado de borrego cimarrón en la UMA Rancho Noche Buena, Sonora, México.

Micro mineral (mg kg^{-1} BH)	Borrego cimarrón (mg kg^{-1})	Puls (1998), mg kg^{-1} *
Fe	114.8 ± 17.583 (95.1-129.0)	30-200
Cu	60.9 ± 71.579 (9.5-142.7)	25-100
Zn	63.779 ± 46.807 (35.0-117.8)	30-75
Se	1.087 ± 0.220 (0.923-1.336)	0.25-1.50
Mn	2.633 ± 0.521 (2.041-3.017)	2.0-4.4
Co	0.044 ± 0.008 (0.036-0.049)	0.30-2.24
Cr	0.146 ± 0.039 (0.102-0.177)	0.10-0.40 **

*Concentraciones de micro-minerales en hígado de ovejas domésticas consideradas como adecuadas

** Concentración de cromo considerada como normales en ganado bovino
BH: base húmeda

Sin embargo, contar con valores de referencia de micro minerales en hígado de BC podría ayudar al monitoreo y manejo nutricional de sus poblaciones (Poppenga et al., 2012).

Las concentraciones promedio de Fe (Cuadro 2) en hígado venado bura (VB) (183.9 mg kg^{-1}) fueron similares a los encontrados en VB enfermos (186 mg kg^{-1} , Sleeman et al., 2010) y 17.7% (Zimmerman et al., 2008) y 20.7% (Sleeman et al., 2010) superiores a los encontrados en animales sanos (Cuadro 2). Además, los valores de este estudio, fueron similares a los encontrados en hígado de gamo, 141 mg kg^{-1} (Vengušt, G., y Vengušt, 2004). Cabe señalar que no se han registrado deficiencias de Fe en ungulados adultos criados en pastoreo (NRC, 2007).

Las concentraciones promedio de Cu (Cuadro 2) en hígado de VB se encuentran dentro de los rangos considerados como normales para ovejas domésticas (Puls, 1998) y similares a las reportadas para VB y venado cola blanca (Pollock y Roger, 2007; Zimmerman et al., 2008; Sleeman et al., 2010). Sin embargo, en el 40% de los ejemplares de VB las concentraciones de Cu se encuentran en niveles deficientes ($<20 \text{ mg kg}^{-1}$) (NRC, 2007). Las concentraciones promedio de Zn en hígado fueron similares a las reportadas en otros estudios y están dentro del rango considerado como adecuado (Puls, 1998; Zimmerman et al., 2008). Sin embargo, 60% de los VB presentaron deficiencias de Zn ($<30 \text{ mg kg}^{-1}$), por lo que es posible que una proporción alta

de la población presente deficiencias de este microelemento. Las deficiencias de Zn en ungulados se han asociado a anorexia, problemas reproductivos, insuficiencia del sistema inmunológico y anomalías en la piel y lana (NRC, 2007).

Los venados, en general, toleran bajas concentraciones de Se, y el rango considerado como adecuado es de $0.25\text{-}0.46 \text{ mg kg}^{-1}$ (Puls, 1998). En este estudio, las concentraciones promedio de Se (Cuadro 2) en hígado de VB fueron 2.6 veces superiores al rango superior considerado como adecuado para venado (Puls, 1998) y superiores a las reportadas por Zimmerman et al. (2008) y Sleeman et al. (2010) para venado bura (0.78 mg kg^{-1}) y venado cola blanca saludable (0.08 mg kg^{-1}), respectivamente.

Las concentraciones promedio de Mn en hígado de VB fueron similares a los reportados por otros autores (Zimmerman et al., 2008; Sleeman et al., 2010). Las concentraciones promedio de Co en hígado de VB fueron inferiores en 12.3% al valor considerado como adecuado para ovejas ($0.30\text{-}2.24 \text{ mg kg}^{-1}$) (Puls, 1998) e inferiores a los registrados para venado bura (Zimmerman et al., 2008), venado cola blanca (Sleeman et al., 2010; Pollock y Roger, 2007) y alce (Pollock y Roger, 2007). Finalmente, el Cr es un micro mineral que se considera esencial para los animales; sin embargo, no existen valores de referencia en hígado de venado ni de sus requerimientos (Puls, 1998).

CONCLUSIONES

En borrego cimarrón, los contenidos de Fe, Zn, Se y Mn en hígado indican que no existen deficiencias ni excesos. El Cu fue parcialmente adecuado ya que en un animal se registró deficiencia de este elemento. En venado bura, los contenidos de Fe, Se y Mn en hígado indicaron que no hay deficiencias ni excesos de éstos. Sin embargo, los contenidos de Cu y Zn se encuentran en niveles parcialmente adecuados, ya que en el 40 y 60%, respectivamente, de los ejemplares de

Cuadro 2. Concentración (base húmeda, mg kg^{-1}) promedio y desviación estándar de micro-minerales en hígado de venado bura de la UMA Rancho Noche Buena, Sonora, México.

Micro mineral, (mg kg^{-1}) BH	Venado bura	Zimmerman et al., 2008* (mg kg^{-1})	Sleeman et al., 2010** (mg kg^{-1})	
			Enfermos	Saludables
Fe	183.928 ± 70.7 (117.4-262.6)	151.28 ± 10.44	186 ± 75 (82.4-320)	145.7 ± 72.3 (52.1-391)
Cu	28.902 ± 10.3 (18.3-41.8)***	37.55 ± 4.69	26.7 ± 25.8 (2.6-68.6)	27.4 ± 18.3 (2.7-70.9)
Zn	44.587 ± 32.0 (18.6-80.3)	40.56 ± 1.31	78.7 ± 54.9 (37.1-247)	35.8 ± 7.4 (26.4-64.2)
Se	1.226 ± 0.3 (0.856-1.479)	0.78 ± 0.08	0.14 ± 0.14 (0.06-0.61)	0.08 ± 0.03 (0.04-0.18)
Mn	2.635 ± 0.6 (2.015-3.611)	3.04 ± 0.17	3.4 ± 1.1 (1.9-5.8)	3.1 ± 0.6 (2.2-4.4)
Co	0.037 ± 0.001 (0.020-0.047)	0.10 ± 0.01	0.06 ± 0.03 (0.03-0.14)	0.06 ± 0.03 (0.03-0.14)
Cr	0.170 ± 0.02 (0.141-0.197)			

*Concentraciones de micro-minerales en hígado de venado bura.

** Concentraciones de micro-minerales en hígado de venado cola blanca enfermos y saludables.

VB estos minerales estuvieron en niveles de deficiencia. El Co fue deficiente tanto en borrego cimarrón como en vando bura. Con base en estos resultados no se recomienda el uso de selenio, hierro y manganeso en los suplementos minerales para venado bura y borrego cimarrón.

AGRADECIMIENTOS

Al MVZ Roberto Noriega Valdez, propietario de la UMA Rancho Noche Buena, por todas las facilidades prestadas para llevar a cabo este trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, M. D. S., González, R. H., González, R. R. G., Cantú, S. I., Gómez, M. M. V., Cotera, C. M., Jurado, Y. E., & Domínguez-Gómez, T. G. (2013). Trace elements in native shrubs consumed by white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in northeastern México. *Journal of Applied Animal Research*, 41(3), 277-284.
- Carpenter, L. M. (2005). The Role of Trace Nutrients in the Survival of Bighorn Sheep Lambs: Are Current Population Declines Caused by Malnutrition? (Doctoral dissertation, University of Colorado at Denver and Health Sciences Center).
- Chihuailaf, H. R., Stevenson, V. B., Saucedo, C., & Corti, P. (2014). Blood mineral concentrations in the endangered huemul deer (*Hippocamelus bisulcus*) from Chilean Patagonia. *Journal of Wildlife Diseases*, 50(1), 146-149.
- Coggins, V. L. (2006). Selenium supplementation, parasite treatment, and management of bighorn sheep at Lostine River, Oregon. En *Bienn Symp North Wild Sheep Goat Counc* (Vol. 15, pp. 98-106).
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2015). Red de consulta sobre precipitaciones anuales en el estado de Sonora, México. México.
- Fielder, P. C. (1986). Implications of selenium levels in Washington mountain goats, mule deer, and Rocky Mountain elk. *Northwest Science*, 60(1), 15-20.
- Flueck, W. T. (1994). Effect of trace elements on population dynamics: selenium deficiency in free-ranging black-tailed deer. *Ecology*, 75(3), 807-812.
- Fordyce, F. (2005). Selenium deficiency and toxicity in the environment. O. Selinus (Ed.), *Essentials of medical geology*, Academic Press, London. pp. 373-415.
- Gambín, P., Serrano, M. P., Gallego, L., García, A., Cappelli, J., Ceacero, F., & Landete-Castillejos, T. (2017). Does Cu supplementation affect the mechanical and structural properties and mineral content of red deer antler bone tissue? *Animal*, 11(8), 1312-1320.
- Grace, N. D., & Wilson, P. R. (2002). Trace element metabolism, dietary requirements, diagnosis and prevention of deficiencies in deer. *New Zealand Veterinary Journal*, 50(6), 252-259.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2013). Carta de uso del suelo y vegetación 1:250000 Serie V, Hermosillo H12-8. Imagen en formato TIF. Consultada el 13 de abril de 2020. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825573089>
- McDowell, L. R. (2003). *Minerals in animal and human nutrition* (No. Ed. 2). Elsevier Science BV.
- McDowell, L. R., & Arthington, J. D. (2005). *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Universidad de Florida. IFAS. USA. pp: 6-47.
- McKinney, T., Smith, T. W. & de Vos, J. C Jr. (2006). Evaluation of factors potentially influencing a desert bighorn sheep population. *Wildlife Monogr*, 164:1-36.
- Myers, W. L., Foreyt, W. J., Talcott, P. A., Evermann, J. F., & Chang, W. Y. (2015). Serologic, trace element, and fecal parasite survey of free-ranging, female mule deer (*Odocoileus hemionus*) in eastern Washington, USA. *Journal of Wildlife Diseases*, 51(1), 125-136.
- National Research Council [NRC]. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362 p.
- Poppenga, R. H., Ramsey, J., Gonzales, B. J., & Johnson, C. K. (2012). Reference intervals for mineral concentrations in whole blood and serum of bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in California. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 24(3), 531-538.
- Pollock, B., & Roger, E. (2007). Trace element status of moose and white-tailed deer in Nova Scotia. *Alces*, 43, 61-77.
- Puls, R. (1998). *Mineral levels in animal health*. Diagnostic data. Sherpa International.
- Robbins, C. T., Parish, S. M., & Robbins, B. L. (1985). Selenium and glutathione peroxidase activity in mountain goats. *Canadian Journal of Zoology*, 63:1544-1547.
- Roug, A., Swift, P., Puschner, B., Gerstenberg, G., Mertins, J. W., Johnson, C. K., ... & Woods, L. (2016). Exotic pediculosis and hair-loss syndrome in deer (*Odocoileus hemionus*) populations in California. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 28(4), 399-407.
- Sleeman, J. M., Magura, K., Howell, J., Rohm, J., & Murphy, L. A. (2010). Hepatic mineral values of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) from Virginia. *Journal of Wildlife Diseases*, 46(2), 525-531.
- Wilson, P. R., & Grace, N. D. (2001). A review of tissue reference values used to assess the trace element status of farmed red deer (*Cervus elaphus*). *New Zealand Veterinary Journal*, 49, 126-132.
- Wolfe, L. L., Conner, M. M., Bedwell, C. L., Lukacs, P. M., & Miller, M. W. (2010). Select tissue mineral concentrations and chronic wasting disease status in mule deer from North-central Colorado. *Journal of Wildlife Diseases*, 46(3), 1029-1034.
- Underwood, E. J., & Suttle, N. F. (2003). *Los minerales en la nutrición del ganado*. Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Underwood, E. J. (1981). *Mineral Nutrition of Livestock*, 2nd ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough, UK.
- Vengušt, G., & Vengušt, A. (2004). Some minerals as well as trace and toxic elements in livers of fallow deer (*Dama dama*) in Slovenia. *European Journal of Wildlife Research*, 50(2): 59-61.
- Zimmerman, T. J., Jenks, J. A., Leslie Jr, D. M., & Neiger, R. D. (2008). Hepatic minerals of white-tailed and mule deer in the southern Black Hills, South Dakota. *Journal of Wildlife Diseases*, 44(2), 341-350.

Importance of natural protected areas for the conservation of terrestrial mammals in southern sierra Madre Oriental, San Luis Potosí, Mexico

Importancia de las áreas naturales protegidas para la conservación de mamíferos terrestres en el sur de la sierra Madre Oriental, San Luis Potosí, México

Del Río-García, I. N.¹; Tarango-Arámbula, Luis A.¹; Hernández-SaintMartin, A. D.³; Rosas-Rosas, Octavio C.^{1,2*}; Martínez-Montoya, Juan F.¹; Guerrero-Rodríguez, J.D.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Postgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Iturbide 73, Colonia Centro, Salinas de Hidalgo, S.L.P. CP 78620. ²Campus Puebla, Boulevard Forjadores de Puebla 205, Santiago Momoxpan, San Pedro, Cholula, Puebla, C.P. 72760. ³Pronatura, Península de Yucatán. Calle 32 #269 x 47 y 47- A. Col. Pinzón II. CP. 97205. Mérida, Yucatán.

*Autor de correspondencia: octaviocrr@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to determine the population status of land mammals in two natural protected areas of the Sierra Madre Oriental Ecological Corridor in San Luis Potosí, Mexico.

Design/methodology/approach: the field work was carried out in two sampling periods (from August 2014 to January 2015 and from August 2015 to February 2016) in which two non-invasive techniques were used (photo-traps and tracks identification). The Relative Abundance Index was obtained for each technique. The Mann-Whitney U nonparametric test was performed.

Results: the most abundant species via photo-trapping were *Sylvilagus floridanus* and *Sciurus aureogaster*, and with tracks were *Odocoileus virginianus* and *Mazama temama* in the RBSAT and RFX, respectively. There were significant differences in the abundance of species between sites, being lower in the RBSAT by photo-trapping and higher by tracks. Twenty species were recorded by photo-trapping and 17 by tracks.

Limitations on study/implications: the results of this study can be used in natural protected areas and their influence areas, however, the methodology can be applicable elsewhere.

Findings/conclusions: based on the information generated, it is suggested that carnivore abundance decreases southward, and that RFX eventually could not sustain a carnivore population in the long term. Species listed in some risk category were found in both areas, so these areas must be conserved to avoid the disappearance of these wildlife species.

Keywords: corridor, photo-trapping, relative abundance, tracks, Tanchipa, Xilitla.

RESUMEN

Objetivo: determinar el estado poblacional de los mamíferos terrestres en dos áreas naturales protegidas del Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental en San Luis Potosí, México.

Diseño/metodología/aproximación: el estudio de campo se realizó en dos temporadas de muestreo (agosto de 2014 a enero de 2015 y de agosto 2015 a febrero 2016) en las que se utilizaron dos técnicas no invasivas (foto trampas e identificación de rastros). Se obtuvo el Índice de Abundancia Relativa para cada método. Se realizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 65-69.

Recibido: diciembre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

Resultados: las especies más abundantes vía foto trampeo fueron *Sylvilagus floridanus* y *Sciurus aureogaster* y con rastros *Odocoileus virginianus* y *Mazama temama* en la RBSAT y la RFX, respectivamente. Hubo diferencias significativas en la abundancia de especies entre sitios, siendo menor en la RBSAT por foto trampeo y mayor por rastros. Se registraron 20 especies por foto trampeo y 17 con rastros.

Limitaciones del estudio/implicaciones: los resultados de este estudio pueden usarse en áreas naturales protegidas y sus áreas de influencia, así como en otros lugares.

Hallazgos/conclusiones: con base a la información generada se sugiere que la abundancia de carnívoros decrece hacia el sur, y que la RFX eventualmente pudiese no sostener una población de carnívoros a largo plazo. En ambas áreas se encontraron especies listadas en alguna categoría de riesgo, por lo que estas áreas deben ser conservadas para evitar su desaparición.

Palabras clave: Abundancia relativa, corredor, fototrampeo, rastros, Tanchipa, Xilitla.

ca parte de los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz e incluye 14 áreas naturales protegidas (ANP) (Peña del Valle, 2013). Dichas ANP son "pedras de paso" fundamentales para la conectividad de las poblaciones de felinos grandes en el CESMO (Dueñas-López *et al.*, 2015). Sin embargo, en la actualidad se sabe poco sobre el estado poblacional de la fauna silvestre en estos sitios. Por ello, en el presente trabajo se determinó el estado poblacional de los mamíferos terrestres en dos áreas naturales protegidas, resaltando su importancia, en el Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental en San Luis Potosí, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en dos áreas naturales protegidas de la Huasteca Potosina. Los muestreos se realizaron durante dos temporadas; la primera fue de agosto de 2014 a enero de 2015 y la segunda de agosto de 2015 a febrero de 2016. En cada sitio se instalaron de siete a trece estaciones de foto trampeo (Figura 1), y para registrar la

INTRODUCCIÓN

La Sierra Madre Oriental (SMO) es una de las provincias biogeográficas con mayor diversidad biológica de México (Luna *et al.*, 2004). En esta región habitan los dos felinos más grandes (jaguar, *Panthera onca*, y puma, *Puma concolor*) que se distribuyen en el continente americano. Sin embargo, gran parte de los ecosistemas de la SMO se encuentran fragmentados y amenazados por actividades antropogénicas. Estas condiciones de hábitat pueden provocar que las poblaciones de fauna locales queden aisladas, afectando su variabilidad genética, la capacidad de adaptación, sobrevivencia y reproducción (Henle *et al.*, 2004).

Desde el año 2011, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) con apoyo de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) han impulsado la creación de un Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental (CESMO) (Peña del Valle, 2013). Los corredores ecológicos son instrumentos de ordenamiento territorial que conectan dos o más regiones naturales, permitiendo el traslado y dispersión de ejemplares de fauna silvestre (Álvarez-Icaza y Muñoz-Piña, 2008). El CESMO abar-

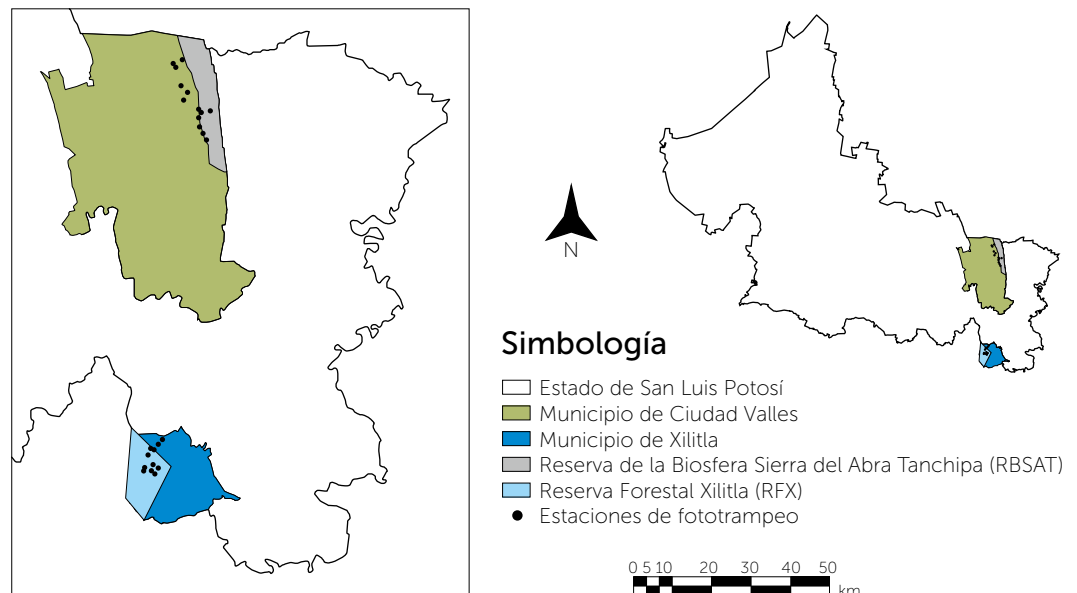


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa (RBSAT) y Reserva Forestal Xilitla (RFX), San Luis Potosí, México. Los puntos negros representan estaciones de foto trampeo.

presencia de mamíferos medianos y grandes se utilizó un sistema de transectos lineales.

Foto trampeo. El registro de individuos se realizó con cámaras equipadas con sensores de calor y movimiento marca Stealth cam, Bushnell modelo Delta 8 (Gran Praire, TX, USA) con resolución de 8.0 mega píxeles y Cuddeback Attack 12 megapíxeles (De Pere, WI, USA). Las cámaras trampa se instalaron en sitios con rastros de mamíferos silvestres (huellas, excretas, rascaderos) y a una distancia entre ellas de al menos 3.0 km para no dejar espacios entre el ámbito hogareño de la especie de mayor tamaño en las dos zonas (jaguar 28 km², Núñez et al., 2002). El análisis realizado fue el índice de abundancia relativa se obtuvo con los registros de las fototampas. Del total de fotografías, se seleccionaron los eventos independientes, para evitar la sobreestimación; según Botello et al. (2008).

El Índice de abundancia relativa para fototrampeo (IAR_{Ft}) se estandarizó a 100 noches trampa con la siguiente fórmula:

$$IAR_{Ft} = \frac{\text{Eventos independientes de la especie}}{\text{esfuerzo total de muestreo}} \times 100$$

El esfuerzo total de muestreo se expresó como noches-trampa, multiplicando el número total de cámaras funcionales a lo largo de las temporadas por el total de días de muestreo.

Búsqueda e identificación de rastros. De manera simultánea se realizó el registro de mamíferos mediante la observación de rastros (huellas, excretas, echaderos, rascaderos). Para ello, se utilizaron los transectos recorridos para la colocación de las fotos trampa y otros senderos; 12 transectos en la RBSAT y 10 en la RFX. Los rastros por especie se identificaron de acuerdo con Aranda (2012). Para su análisis se determinó el índice de abundancia relativa de los mamíferos registrados mediante rastros utilizando la relación de número de rastros encontrados y la distancia recorrida (km) por sitio (Aranda, 2000) con la siguiente ecuación:

$$IAR_{Ra} = \frac{\text{Número de rastros}}{\text{distancia recorrida}}$$

Para determinar si existieron diferencias significativas en la abundancia de mamíferos entre las dos áreas de estudio, se realizó la prueba no paramétrica U de Mann-

Whitney con los valores de IAR_{Ft} y de IAR_{Ra} de todas las especies registradas (Cortés-Marcial y Briones-Salas, 2014). Se utilizó el software estadístico SAS, 2014, con una p=0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

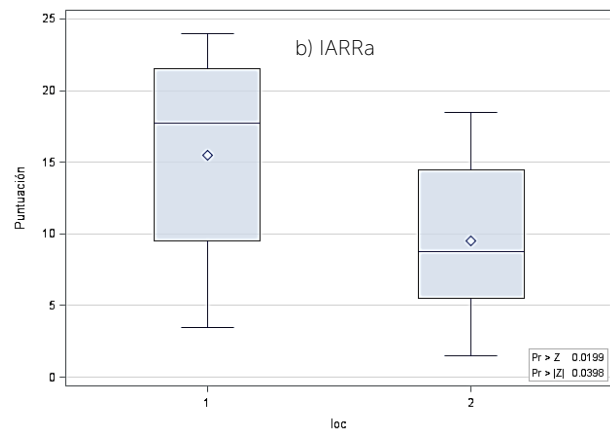
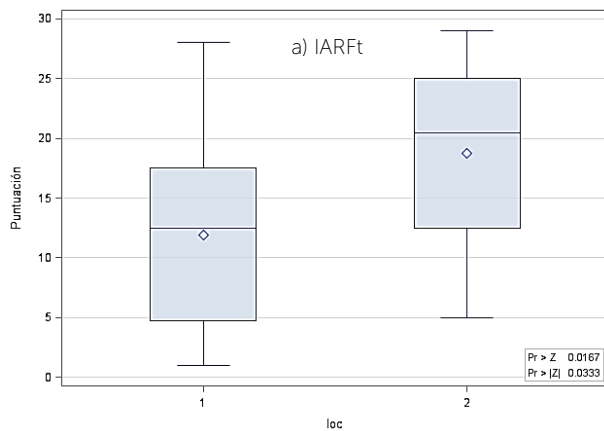
Se obtuvieron 3830 fotografías de especies de fauna, de las cuales 611 fueron independientes, el esfuerzo total de muestreo fue de 4178 noches-trampa. Durante las dos temporadas se obtuvo una riqueza específica de 20 especies de mamíferos medianos y grandes. Las especies registradas fueron: coyote (*Canis latrans*), zorrillo (*Conepatus leuconotus*), tuza real (*C. paca*), armadillo (*D. novemcinctus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), viejo de monte (*Eira barbara*), ocelote (*L. pardalis*), tigrillo (*L. wiedii*), venado temazate (*M. temama*), coatí (*N. narica*), venado cola blanca (*O. virginianus*), jaguar (*P. onca*), puma (*P. concolor*), yaguarundi (*P. yagouaroundi*), pecarí de collar (*P. tajacu*), mapache (*P. lotor*), ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*) y zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*). Destacó la presencia de *Canis lupus familiaris*.

De todas las especies registradas en ambos sitios, cinco se encuentran catalogadas en la NOM-059-SE-MARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo; *P. yagouaroundi* (amenazada, A) y *L. wiedii*, *L. pardalis*, *P. onca* y *Eira barbara* (en peligro de extinción, P). Asimismo, cuatro especies (*P. yagouaroundi*, *L. wiedii*, *L. pardalis* y *P. onca*) se encuentran incluidas en el Apéndice I (especies en Peligro de Extinción) del CITES y 2 (*P. onca* y *L. wiedii*) enlistadas en la IUCN como especies casi amenazadas.

Con los rastros totales (n=160) y recorrido total de 60.5 y 47.0 km para la RBSAT y la RFX, respectivamente, se obtuvo una riqueza específica total de 17 especies. En la RBSAT la especie más común encontrada con esta técnica fue *O. virginianus* y *N. narica*. Por otro lado, en la RFX las especies más comunes fueron *S. aureogaster* y *M. temama*.

Con la prueba de U Mann-Whitney se encontraron diferencias significativas entre la abundancia de las especies por área de estudio, con una abundancia mayor en la RBSAT por fototrampeo ($\chi^2=4.62$, df: 1, P=0.031) y menor por rastros ($\chi^2=4.35$, df: 1, P=0.037) (Figura 2).

La combinación de técnicas de muestreo, como el fototrampeo y la búsqueda de rastros, proporcionan mayor



Figuras 2. Comparación de los valores del índice de abundancia relativa por fototrampeo (a) y por rastros (b) entre la RBSAT (loc1) y la RFX (loc2).

certeza en los resultados. En este caso, el 100% de las especies encontradas ($n=20$) se registraron con la técnica de fototrampeo, mientras que con la búsqueda de rastros se registraron sólo 17. La no detección de tres especies mediante rastros pudo estar influida por el tipo de sustrato (suelo cubierto por hojarasca o roca), lo que evitó la impresión de huellas (Aranda, 2012).

En este estudio, la abundancia de las especies con ambas técnicas fue diferente. El fototrampeo es una técnica ampliamente utilizada para la estimación de IAR (Gerber *et al.*, 2010); sin embargo, su utilización correcta depende de una buena selección de los sitios de muestreo y del funcionamiento correcto de los equipos. Por otro lado, los rastros permiten detectar especies que pudieran no ser fotografiadas (Hernández-SaintMartín *et al.*, 2015), como los de hábito arborícola. Esto remarca la importancia de la combinación de técnicas para el registro de especies de fauna y de la estimación de su abundancia.

Con los resultados obtenidos se demuestra que la estimación de la abundancia de mamíferos con base en las fotocapturas fue mayor en la RFX que en la RBSAT; sin embargo, esta información debe ser tomada con reserva considerando que la especie más abundante en la RFX fue *Sciurus aureogaster*, la cual tiene un ámbito hogareño muy reducido y por ende su abundancia podría estar sobreestimada.

La riqueza de mamíferos incluyó a cinco de las seis especies de felinos silvestres de México, esto demuestra que la RBSAT y la RFX aún presentan un buen estado de conservación (Macdonald *et al.*, 2010). Sin embargo, en la RBSAT la abundancia relativa de los grandes depredadores (jaguar y puma) y ocelote, fue mayor. Es muy probable que la presencia y abundancia de estos felinos

dependa de la presencia y cantidades adecuadas de sus presas (Villordo-Galván *et al.*, 2010; Martínez-Hernández *et al.*, 2014).

En la RBSAT, las presas principales de estas tres especies de felinos (pecarí de collar para el jaguar, venado cola blanca para el puma (Hernández-SaintMartín *et al.*, 2015), y conejo para el ocelote (Benítez-Alemán, 2014), son más abundantes en comparación con la RFX. Esto sugiere que la RFX, aunque es una "steppen stone" ("piedra de paso") importante para las poblaciones de felinos (Dueñas-López *et al.*, 2015), pudiera contener una base de presas menor. Esta diferencia entre zonas puede obedecer a que la densidad poblacional de estos felinos silvestres depende de la productividad primaria dentro de un gradiente latitudinal (Gutiérrez-González *et al.*, 2012), por lo que la localización geográfica diferente de RBSAT y RFX, pudiera tener un efecto en el tamaño poblacional de estas especies.

Es importante mencionar que en 2010 la RFX sufrió un incendio lo que pudo mermar las poblaciones de fauna o en el mejor de los casos, provocaron su emigración a otras áreas utilizando corredores ecológicos aledaños a las ANP. Asimismo, la RFX sufre de un proceso de cambio acelerado en el uso de la tierra (Villordo-Galván *et al.*, 2010) y sólo los sitios más altos y escarpados mantienen una buena cobertura vegetal. La fragmentación afecta la presencia y abundancia de las presas para jaguares y pumas en San Luis Potosí (Villordo-Galván *et al.*, 2010), por lo que preocupa que las condiciones actuales de la RFX sean una amenaza para el mantenimiento de una población de felinos.

Por el contrario, la RBSAT es estratégica para la conservación de los mamíferos silvestres del CESMO.

Posiblemente los individuos que nacen en RBSAT y que se dispersan hacia el sur, utilizan sitios como la RFX como lugares de paso hacia otras áreas más protegidas.

Con base a la información derivada de esta investigación, se puede decir que los mamíferos en la RBSAT son más abundantes en comparación con RFX. Posiblemente la transformación de origen antrópico (cambio de uso de la tierra, carreteras, cacería ilegal, entre otras) en el sur de San Luis Potosí (Villordo-Galván et al., 2010), impactan en las características del hábitat en ambas áreas, lo que a su vez influye en la abundancia de los mamíferos (García-Marmolejo et al., 2013).

CONCLUSIONES

La RFX presentó los mayores índices de abundancia relativa, la baja presencia de especies indicadoras, como jaguar y puma, apunta a que esta ANP enfrenta procesos de fragmentación del hábitat. En la RBSAT y en la RFX se documentó la presencia de especies catalogadas en alguna categoría de riesgo, lo que indica que estas áreas deben ser conservadas para evitar su desaparición. Se registró la presencia de cinco de seis especies de felinos que se distribuyen en México, destacando la presencia de *P. onca*, la cual fue más abundante en la RBSAT. Se resalta la importancia de las áreas naturales protegidas para la conservación de las especies de fauna silvestre amenazadas. El conocer la preferencia de hábitat por las especies registradas en este estudio, será fundamental para el diseño de estrategias de manejo y conservación de especies presentes en las dos áreas naturales protegidas, que son fundamentales para la conservación a largo plazo de los mamíferos terrestres en el CESMO.

LITERATURA CITADA

- Álvarez Icaza, P., & Muñoz Piña, C. (2008). Instrumentos territoriales y económicos que favorecen la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. *Capital natural de México*, 3, 229-258. CONABIO, México.
- Aranda, M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. CONABIO, México. (No. C/599 A7).
- Aranda S., J. M. (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres en México. CONABIO, México. (No. 599 A7).
- Benítez-Alemán, H. E. (2014). Identificación molecular de heces y análisis de hábitos alimenticios de carnívoros en la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, San Luis Potosí, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.
- Botello, F., Sánchez-Cordero, V., & Gonzalez, G. (2008). Diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Sierra Madre de Oaxaca, México. *Avances en el estudio de los mamíferos de México. Publicaciones especiales*, 2, 335-354.
- Cortés-Marcial, M., & Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1433-1448.
- Dueñas-López, G., Rosas-Rosas, O. C., Chapa-Vargas, L., Bender, L. C., Tarango-Arámbula, L. A., Martínez-Montoya, J. F., & Alcántara-Carbajal J. L. (2015). Connectivity among jaguar populations in the Sierra Madre Oriental, México. *Therya*, 6(2), 449-467.
- García-Marmolejo, G., Chapa-Vargas, L., Huber-Sannwald, E., Weber, M., Rosas-Rosas, O. C., & Martínez-Calderas, J. (2013). Potential distributional patterns of three wild ungulate species in a fragmented tropical region of northeastern Mexico. *Tropical Conservation Science*, 6(4), 539-557.
- Gerber, B., Karpanty, S. M., Crawford, C., Kotschwar, M., & Randrianantenaina, J. (2010). An assessment of carnivore relative abundance and density in the eastern rainforests of Madagascar using remotely-triggered camera traps. *Oryx*, 44(2), 219-222.
- Gutiérrez-González, C. E., Gómez-Ramírez, M. Á., & López-González, C. A. (2012). Estimation of the density of the near threatened jaguar *Panthera onca* in Sonora, Mexico, using camera trapping and an open population model. *Oryx*, 46(3), 431-437.
- Henle, K., Davies, K. F., Kleyer, M., Margules, C., & Settele, J. (2004). Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodiversity & Conservation*, 13(1), 207-251.
- Hernández-SaintMartín, A. D., Rosas-Rosas, O. C., Palacio-Núñez, J., Tarango-Arambula, L. A., Clemente-Sánchez, F. & Hoogesteijn, A. L. (2015). Food habits of jaguar and puma in a protected area and adjacent fragmented landscape of Northeastern Mexico. *Natural Areas Journal*, 35(2), 308-317.
- Luna, I., Morrone, J. J., & Espinosa, D. (eds.). (2004). La biodiversidad de la Sierra Madre Oriental (No. Sirsi) i9789703215263. *Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM*, 527p.
- Lyra-Jorge, M. C., Ciocheti, G., Pivello, V. R., & Meirelles, S. T. (2008). Comparing methods for sampling large-and medium-sized mammals: camera traps and track plots. *European Journal of Wildlife Research*, 54(4), 739.
- Macdonald, D. W., Loveridge, A. J., & Nowell, K. (2010). *Dramatis personae: an introduction to the wild felids*. In: Macdonald D. A., and A. J. Loveridge (eds.) *Biology and conservation of wild felids*. Oxford University Press. Oxford. pp: 3-58.
- Martínez-Hernández, A., Rosas-Rosas, O. C., Clemente-Sánchez, F., Tarango-Arámbula, L. A., Palacio-Núñez, J., Bender, L. C., & Herrera-Haro, J. G. (2014). Density of threatened ocelot *Leopardus pardalis* in the Sierra Abra-Tanchipa Biosphere Reserve, San Luis Potosí, México. *Oryx*, 49(04), 619-625.
- Núñez, R., Miller, B., & Lindzey, F. (2002). Ecología del jaguar en la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México (p107-126). En: *El jaguar en el nuevo milenio*, Fondo de Cultura Económica-UNAM-Wildlife Conservation Society. México.
- Peña Del Valle, I., A. E. (2013). Análisis multi-escalar de vulnerabilidad al cambio climático de ecosistemas terrestres prioritarios y estrategias de vida de la población rural en la Sierra Madre Oriental, México. *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)*. México.
- Villordo-Galván J. A., Rosas-Rosas, O. C., Clemente-Sánchez, F., Martínez-Montoya, J. F., Tarango-Arámbula, L. A., Mendoza-Martínez, G., Sánchez-Hermosillo, M. D., & Bender, L. C. (2010). The jaguar (*Panthera onca*) in San Luis Potosí, México. *The Southwestern Naturalist*, 55, 394-402.

Genetic variability of *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) as a conservation measure in Mexico

Variabilidad genética de *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) como una medida de conservación en México

Hipólito-Cruz, Gudelia¹; Reyes-López, Joaquín²; Cadena-Iñiguez, Jorge¹; Morales-Flores, Francisco J.^{1*}

¹Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Campus San Luis Potosí. Colegio de Postgraduados. Salinas, San Luis Potosí. ²Área de Ecología, Facultad de Ciencias, Campus de Rabanales, Universidad de Córdoba, Córdoba-España.

*Autor de correspondencia: franciscojmf@colpos.mx

ABSTRACT

Objetivo: to measure genetic divergence of *Liometopum apiculatum* Mayr of three different sites in Mexico based on cytochrome oxidase subunit I.

Design/Methodology/Approach: we sampled populations of *L. apiculatum* (escamol) on three collecting sites: Otumba, Mexico State; Pinos, Zacatecas and Matehuala, San Luis Potosí and compared amplified DNA extracts with NCBI GenBank established molecular taxonomic patterns.

Results: we build a two-parameter genetic distance model with the three populations of *L. apiculatum* that confirms sites connectivity in spite of distance based on the cytochrome oxidase subunit I. These similarities uphold the adaptation of *L. apiculatum* to adverse climate conditions.

Limitations on study/implications: the similarity, based on cytochrome oxidase subunit I, may allow the use of queen ants from different sites in order to enhance the reproduction of ants, but requires acceptability tests of the ant queens.

Findings/Conclusions: DNA of *L. apiculatum* showed a very little genetic divergence on ant nests analyzed. We think of a strategy to enhance *Liometopum* reproduction activities based on the use of alien queen ants in the needed nests.

Keywords: escamoles, reintroduction, semi-desert edible insect.

RESUMEN

Objetivo: comprobar la divergencia genética de *Liometopum apiculatum* con base al fragmento Citocromo oxidasa subunidad I, usando tres poblaciones diferentes.

Diseño/ Metodología/ Enfoque: Se tomaron muestras de poblaciones de *L. apiculatum* (escamol) en tres sitios de recolección: Otumba, Estado de México; Pinos, Zacatecas y Matehuala, San Luis Potosí y compararon extractos de ADN amplificados con patrones taxonómicos moleculares establecidos por NCBI GenBank.

Resultados: Se construyó un modelo de distancia genética de dos parámetros con las tres poblaciones de *L. apiculatum* que confirma la conectividad de los sitios a pesar de la distancia basada en la subunidad citocromo oxidasa I. Estas similitudes mantienen la adaptación de *L. apiculatum* a condiciones climáticas adversas.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio, 2020. pp. 71-76.

Recibido: octubre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

Limitaciones en el estudio/implicaciones:

la similitud, basada en la subunidad I del citocromo oxidasa, puede permitir el uso de hormigas reinas de diferentes sitios para mejorar la reproducción de otros nidos, pero requiere pruebas de aceptabilidad de las hormigas reinas introducidas.

Hallazgos/Conclusiones: el ADN de *L. apiculatum* mostró muy poca divergencia genética en los nidos de hormigas analizados. Es posible una estrategia para mejorar las actividades de reproducción de esta hormiga basada en la reintroducción de hormigas reina en los nidos.

Palabras clave: escamoles, reintroducción, semidesierto insecto comestible

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad nativa está siendo desafiada por amenazas antropogénicas como la pérdida de hábitat o fragmentación, la introducción de especies invasoras en nuevos ecosistemas, cambios en el ambiente por plaguicidas, el cambio climático y la sobreexplotación (Brook *et al.*, 2008). *Liometopum apiculatum* es una especie de hormiga distribuida en 15 estados de la República Mexicana (del Toro *et al.*, 2009), principalmente en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo, Estado de México, Distrito Federal y Tlaxcala (Ruiz *et al.*, 2010), contribuye a los servicios esenciales de los ecosistemas (Brooks *et al.*, 2012) y puede considerarse un elemento central de las zonas áridas, debido principalmente a su papel como estructuradoras de las comunidades vegetales por las diversas interacciones con otros artrópodos y microorganismos (Rios-Casanova *et al.*, 2004), por favorecer la aereación del suelo y la polinización de plantas (Esparza *et al.*, 2008) que son vitales para la biodiversidad (Brooks *et al.*, 2012). Conservar a *L. apiculatum* en los ecosistemas áridos coadyuva a mantener su frágil equilibrio. Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria *L. apiculatum* retoma particular importancia ya que es un insecto comestible en su estado de larva, comúnmente conocido como escamol, es muy apreciado, buscado y explotado, al respecto, Rumpold y Schlüter (2013) puntualizaron que la recolecta de insectos comestibles no está controlada y que es propensa a la sobre-explotación y con esto a la pérdida de las especies. En el caso de *L. apiculatum*, en el año 1983 se registró un caso de sobre

explotación en el estado de Hidalgo, México (Ramos-Elorduy *et al.*, 2006), y en el Altiplano Potosino (Lara *et al.*, (2014).

La sobre explotación y los descensos de las poblaciones de *L. apiculatum* son motivo de preocupación para las personas de comunidades rurales que se benefician de la recolecta de escamol. Ésta preocupación es generalizada para otros insectos de vida silvestre (Neumann y Carreck, 2010). Para apoyar a las futuras medidas de conservación de *L. apiculatum* se consideró estudiar la estructura genética de poblaciones de la especie, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue comprobar la divergencia de *L. apiculatum* con base al fragmento Citocromo oxidasa subunidad I, usando tres poblaciones diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon tres poblaciones *L. apiculatum* durante julio-agosto de 2015. Cada una de las muestras procede de una zona diferente: Otumba, Estado de México (19.715402°, -98.745266° y 2368 m), Pinos, Zacatecas (a 22.502207°, -101.308041° y 2234 m) y Matehuala, San Luis Potosí (23.62105°, -1000530285° y 1618 m). La distancia mínima entre una recolecta y otra fue de 280 km (S.L.P.-Zacatecas) y la máxima de 530 km (S.L.P.-Edo. de Mexico). Para la información climática se recurrió a las paginas oficiales de la NOAA, 20116 y la CONAGUA (2016), se construyó una base de datos y analizó con estadística descriptiva.

Extracción y amplificación del ADNmt

El ADN fue extraído de hormigas y el análisis molecular se realizó empleando la técnica de proteínaasa K (Sambrook y Russel, 2001). Para la amplificación del gen parcial del COI se analizó una PCR (un ciclo a 92 °C/1:30 s, 35 ciclos a 92 °C/20s, 53 °C/1 min, 72 °C/30 s y un ciclo de extensión final a 72 °C/4 min). Los oligonucleótidos utilizados fueron: forward LCO1490 (5'-GGTCAACAA-ATCATAAAGATATTGG-3') y reverse HC02198 (5'-TAA-ACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') con una longitud aproximada 640 pb (Hebert *et al.*, 2003; Savolainen *et al.*, 2005). Posteriormente, los fragmentos fueron secuenciados.

Con las secuencias forward y reverse se obtuvo la secuencia consenso utilizando el programa sequence 9.0. Con fines de comparación se buscaron secuencias con el mismo gen, de hormigas originarias de México, a excepción de *Liometopum luctuosum* de origen de U.S.A.,

en la base de datos (GenBank) del NCBI (National Center for Biotechnology Information). Las secuencias obtenidas se alinearon empleando ClustalW del software MEGA 6.0 (Tamura et al., 2013). Finalmente, para establecer los patrones taxonómicos moleculares, se empleó el modelo de distancia genética de dos parámetros de Kimura (Nei y Kumar, 2000) de construcción de filogramas con consistencia igual a 1000 réplicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la búsqueda de secuencias mitocondriales en el GenBank, se seleccionaron cuatro, más la de *L. luctuosum* (Cuadro 1 y Figura 1).

El dendograma obtenido en el presente estudio reafirma la clasificación taxonómica y distribución geográfica presentada por Del Toro et al. (2009) para las tres poblaciones confirmando que, tienen conectividad de los nidos dentro y entre el área geográfica donde se realizan prácticas de recolección (localidad, ejido, munici-

pio), no hay diferencias genéticas entre *L. apiculatum* congénere, y entre las familias de las especies comparadas que mostraron entre 75% (*Pseudomyrmex ferrugineus*) a 89% (*Liometopum luctuosum*) de similitud según el Citocromo oxidasa subunidad I (Cooper et al., 2016).

Lo anterior indica que las poblaciones de *L. apiculatum*, así como vuelos de apareamiento de las fun-

aire en la superficie del país que varía desde los 14 °C como promedio mínimo, hasta 26 °C como promedio máximo, precipitación promedio de 6 mm mínimo hasta 267 mm máximo y casos de sequía intensa durante 2006, 2008, 2009, 2011 y 2012 (Figura 2). Sin embargo, las condiciones climáticas no promovieron mutaciones genéticas para la supervivencia de la colonia. Los periodos de estrés constantes, por ejemplo, exposición al sol, aire, lluvia o asfixia por derrumbe de suelo en la galería principal, cuando es temporada de recolecta y sucumbir a lo largo del año, podría compararse con el de las reinas de *Aphis mellifera* ante su exposición a pesticidas (Williams et al., 2015) debido a que, en un plano paralelo, son afectaciones a los miembros de la colonia con repercusiones directas sobre la reina.

La población de hormigas del Estado de México presentó una mínima separación (0.01) respecto a las de Zacatecas y San Luis Potosí. Según Stern et al. (2011) las pequeñas distancias genéticas implican pocos cambios en nucleótidos, los cuales pueden ser insignificantes, en caso contrario, el éxito de su expresión está definido por el ambiente. Al respecto, el fenómeno de **El niño y la niña en el país**, como los fenómenos evidentes de variabilidad climática, no influyen la genética de las poblaciones de *L. apiculatum* durante el periodo 2014-2016, **El niño** se asocia con importantes perturbaciones durante septiembre-abril de los años 2004-2005, 2006-2007, 2009-2010 y 2015-2016 con un índice de 0.5 hasta 2.3, temperatura mínima de 7.5 °C y máxima de 19.5 °C (Figura 3), lluvias con

Cuadro 1. Información del ADN mitocondrial de especies reportadas en el GenBank.

Especie	GenBank	GI
<i>Azteca pittieri</i>	JQ867507.1	389955720
<i>Linepithema dispertitum</i>	FJ161720.1	206600436
<i>Pseudomyrmex</i> sp.	FJ436842.1	223696975
<i>Tetraponera rufonigra</i>	FJ436846.1	223696983
<i>Liometopum luctuosum</i>	DQ353394.1	87046974

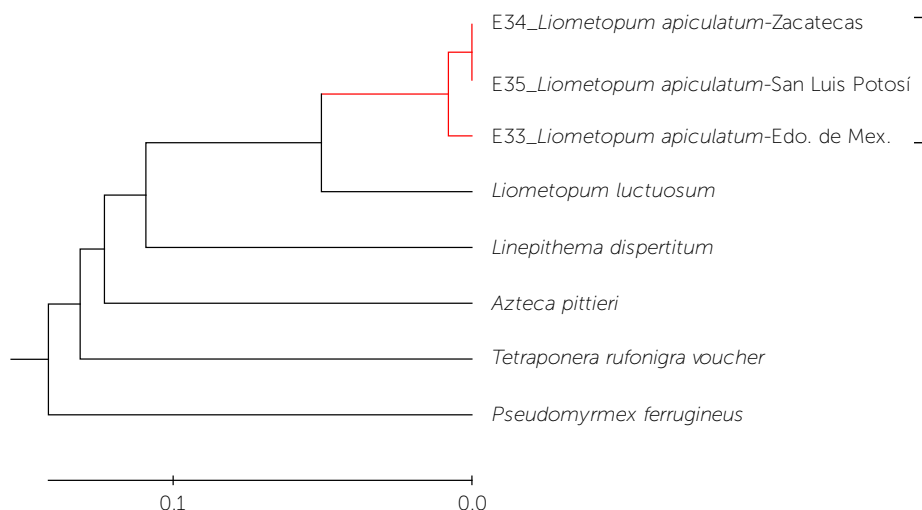


Figura 1. Divergencia genética de *L. apiculatum* de tres poblaciones diferentes y comparación con especies de la subfamilia *Dolichoderinae y ** Pseudomyrmecinae. Método estadístico UPGMA modelo de distancia genética de dos parámetros de Kimura (Nei y Kumar, 2000).

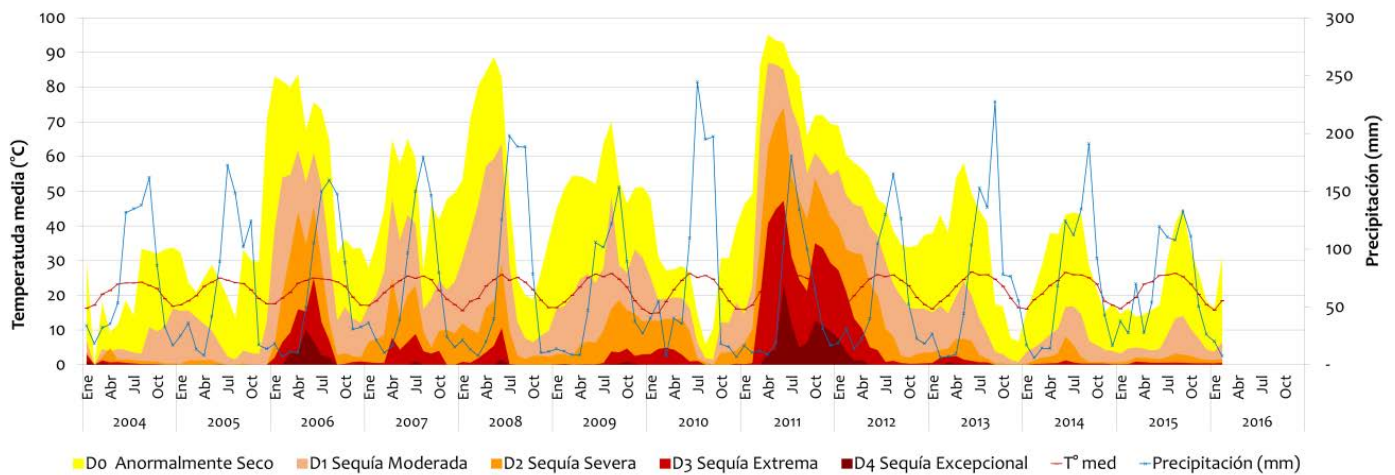


Figura 2. Condiciones de precipitación, temperatura y monitor de la sequía que permiten que las poblaciones de *L. apiculatum* conserven su identidad genética.

precipitación mínima de 7.10 mm y máxima de 161 mm. Dichas condiciones suponen un estrés para los hospedantes de forrajeo y anidación de *L. apiculatum* (Figura 4). **La niña** provocó inviernos secos durante los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012 y 2014 con un índice de -0.5 hasta -1.6 resultando en fuertes sequías propiciando estrés en la vegetación como alimento para el ganado en los ejidos y compactación del suelo al recorrer varias veces cierta área y largas distancias ocasionando disturbios al hábitat de *L. apiculatum* (Figura 5).

Los resultados obtenidos son comparables con los de la termita *Microcerotermes diversus* en Israel, donde reportaron nula divergencia (Firouzabadi et al., 2012), o con *Apis mellifera* en Murcia, España, donde concluyen que las colmenas son homogéneas y no muestran introgresión (Albaladejo et al., 1999).

En el caso de *L. apiculatum* el fragmento Citocromo oxidasa subunidad I, contribuye a definir que, de ser necesario, las poblaciones de *L. apiculatum* de Zacatecas podrían introducirse a San Luis Potosí e Hidalgo, o en cualquier área en donde se documente la disminución de las colonias.

Las consecuencias ecológicas de la introducción generalizada de *L. apiculatum* para plantas y artrópodos nativos no son bien conocidos debido a la falta de información sobre su comportamiento para recolonizar o establecerse en nuevas áreas. Se puede especular que la introducción de *L. apiculatum* puede tener consecuencias importantes en el tamaño de la colonia que se establezca debido a que, *L. apiculatum* es un insecto eusocial, y los requerimientos de un mínimo de individuos para el establecimiento de nuevas colonias

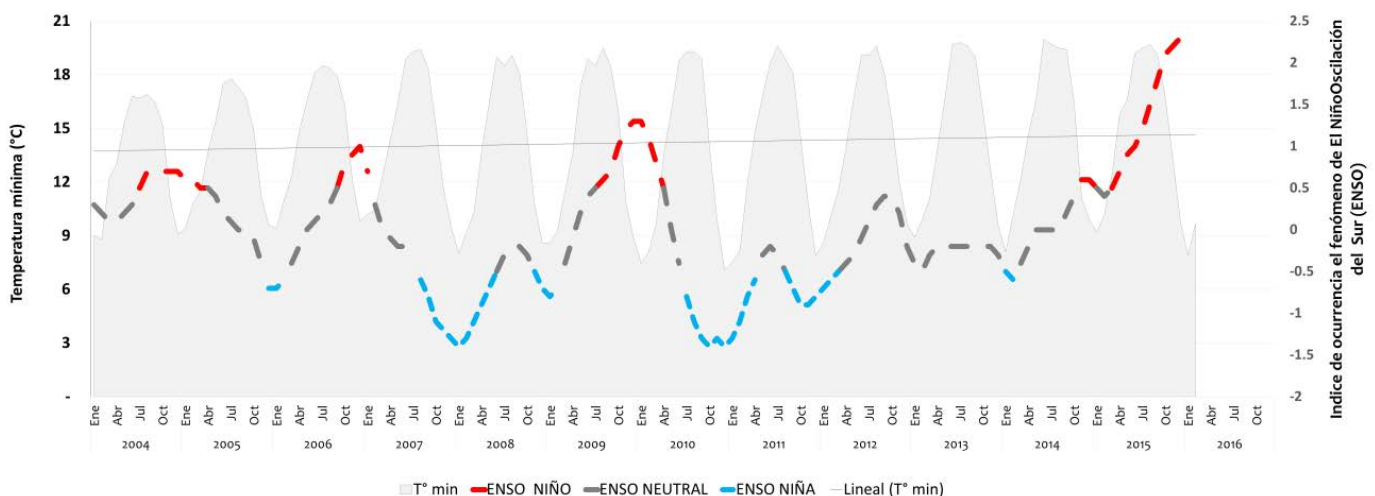


Figura 3. Influencia de las condiciones de ENSO y temperatura mínima que permiten que las poblaciones de *L. apiculatum* conserven su identidad genética. Información tomada de NOAA, 2016 y CONAGUA, 2016.

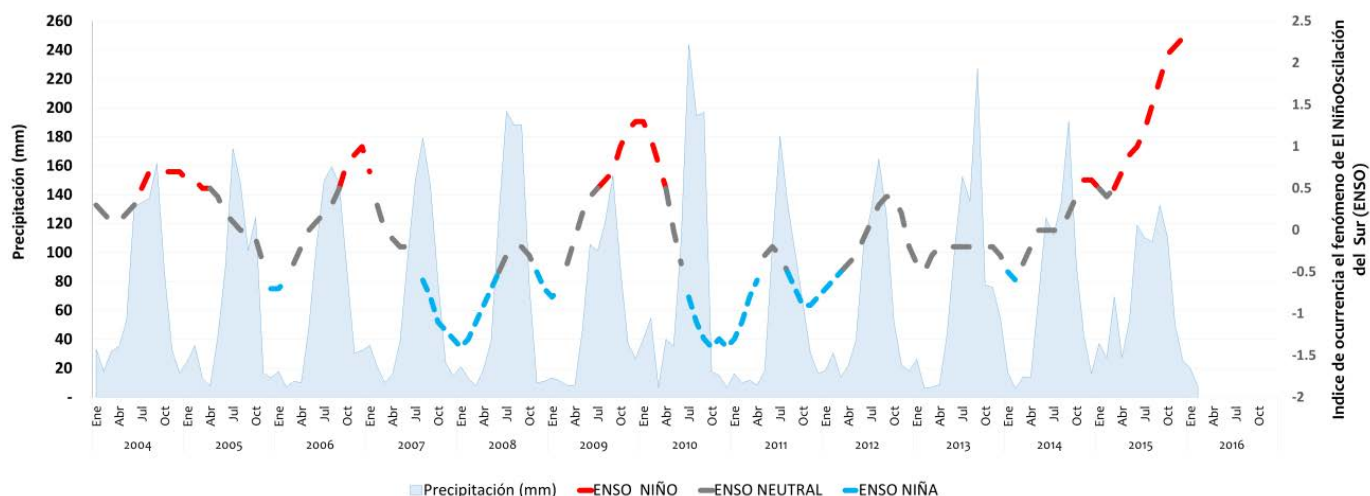


Figura 4. Influencia de las condiciones de ENSO y precipitación que permiten que las poblaciones de *L. apiculatum* conserven su identidad genética. Información tomada de NOAA, 2016 y CONAGUA, 2016.

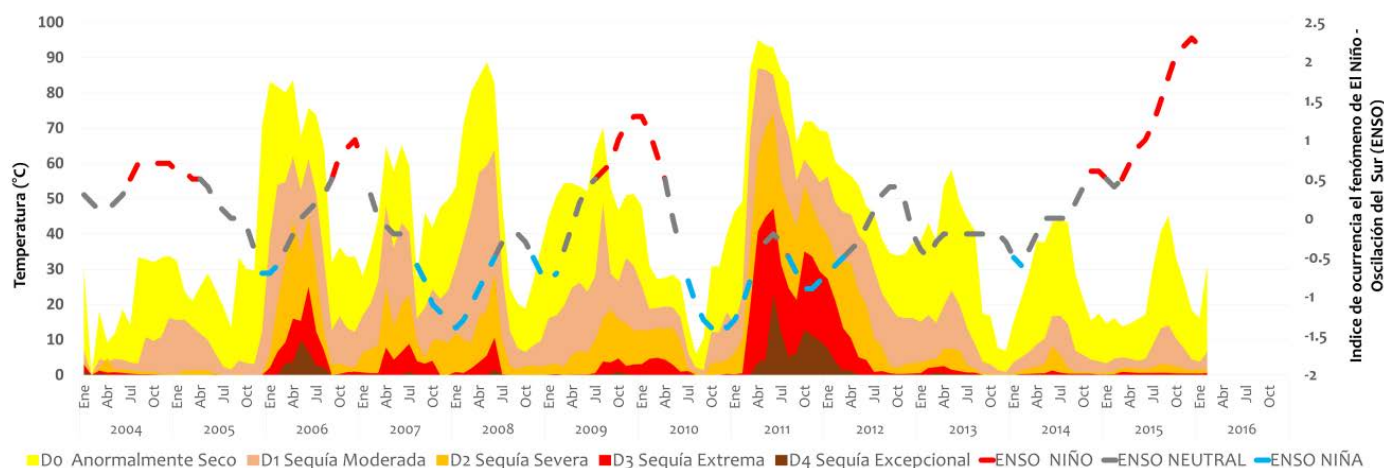


Figura 5. Influencia de las condiciones de ENSO y precipitación que permiten que las poblaciones de *L. apiculatum* conserven su identidad genética. Información tomada de NOAA, 2016 y CONAGUA, 2016.

dependerá exclusivamente de la especie, ya que en el caso de hormigas del género *Ponerinae*, requieren de una docena de obreras (Ware et al., 1990), un requerimiento completamente distinto es el de hormigas cortadoras de hojas que necesitan millones de obreras (Fjerdingstad y Boomsma, 1998).

Desde un punto de vista demográfico, el éxito del establecimiento de las colonias de *L. apiculatum* debe estar positivamente relacionada con el número de individuos liberados, según lo demostrado por el trabajo teórico en la estocasticidad demo-

gráfica (Legendre et al., 1999). Además, en ambientes áridos, naturalmente fluctuantes por condiciones de clima, vegetación, tipo de suelo y prácticas agropecuarias, una multi introducción escalonada por varios años debe mejorar el éxito de establecimiento de la especie (Haccou y Iwasa, 1996).

CONCLUSIONES

El ADN mitocondrial de *L. apiculatum* evidencia un bajo a nulo nivel de divergencia genética que demuestra que las poblaciones investigadas tienen alto grado de

conservación. Lo anterior permite pensar en la posibilidad de un plan de introducción de la especie en las áreas en donde ha sido desplazada. Por ejemplo, poblaciones de Zacatecas podrían ser introducidas en áreas del estado de Hidalgo, San Luis Potosí, y contribuir a conservar este recurso natural en áreas originales de distribución (15 estados de la república mexicana) y continuar proporcionando los beneficios ecosistémicos, de biodiversidad y seguridad alimentaria a las zonas áridas y a personas de las comunidades rurales que se benefician del escamol.

LITERATURA CITADA

- Albaladejo, J.G.; Serrano, J.; De la Rúa-Tarín, P. (1999). Variabilidad del ADN mitocondrial en poblaciones de abejas de la miel (*Apis mellifera* L.) de la Región de Murcia. Investigación agraria. Producción y sanidad animales. 14(1-3):41-50.
- Brook, B.W.; Sodhi, N.S.; Bradshaw, J. A. (2008). Synergies among extinction drivers under global change. Trends in Ecology and Evolution. 23(8): 453-460.
- Brooks, D.R.; Bajer J.E.; Clark, S.J.; Monteith D.T.; Andrews, C.; Corbett S.J.; Beaumont, D.A.; Chapman, J.W. (2012). Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. Journal of Applied Ecology.
- Cooper, P.; Landrum, M.; Mizrahi, I.; Weisemann, J. (2016). Entrez Sequences Quick Start. National Center for Biotechnology Information. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK44863/> (consultado 11 de mayo de 2020)
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2016). Climatología. En línea en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75. (Consultado el 3/03/2016).
- Del Toro, I.; Pacheco, J.A.; Mackay, W.P. (2009). Revision of the Ant Genus *Liometopum* (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology. 53(2):299-370.
- Esparza, F.G.; Macías, R.F.J.; Martínez, S.M.; Jiménez, G.M.A.; Méndez, G.S.J. (2008). Insectos comestibles asociados a las magueyerías en el ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, México. Agrociencia, 42(2): 243-252.
- Firouzabadi, E. A.; Habibpour, B.; Galehdari, H.; Shishehbor, P. (2012). Genetic diversity and morphometric study of thirteen populations of *Microcerotermes diversus* (Silvestri) (Isoptera: Termitidae) in southern Iran. In: Proceedings IRG-WP Annual Meeting. 43rd The International Research Group on Wood Protection Annual Meeting. Pp.1-15.
- Fjerdingstad, E.J.; Boomsma, J.J. (1998). Multiple mating increases the sperm stores of *Atta colombica* leafcutter ant queens. Behavioral Ecology and Sociobiology. 42(4):257-261.
- Haccou, P.; Iwasa, Y. (1996). Establishment probability in fluctuating environments: A branching process model. Theoretical Population Biology. 50(3):254-280.
- Hebert, P.D.N.; Cywinska, A.; Ball, S.L.; de Waard, J.R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society B. Biological Sciences. 270(3): 313-321.
- Lara, J. P.; Rivera, A.J.R.; Lara, C.P.; Agüero, R.J.A. (2015). Biology and exploitation of the escamoles ant, *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 31(2): 251-264.
- Legendre, S.; Clobert, J.; Møller, A.P.; Sorci, G. (1999). Demographic stochasticity and social mating system in the process of extinction of small populations: The case of Passerines introduced to New Zealand. The American Naturalist.
- Nei, M.; Kumar, S. (2000). Molecular evolution and phylogenetics. Oxford University Press, New York. 352 p. ISBN: 978-0195135855.
- Neumann, P.; Carreck, N.L. (2010). Honey bee colony losses. Journal of Apicultural Research. 49(1):1-6.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). (2016). ENSO Diagnostic Discussion. El Niño / Southern Oscillation (ENSO). En línea en: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>. (Consultado el 3/03/2016).
- Ramos-Elorduy, J.; Pino, J.M.; Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. Folia Entomológica Mexicana. 45(3):291-318.
- Rios-Casanova, L.; Valiente-Banuet, A.; Rico-Garay, V. (2004). Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 20(1):37-54.
- Ruiz, C.E.; Kasparyan, D.R.; Coronado, B. J.M.; Myartseva, S.N.; Trjapitzin, V.A.; Hernández A., S.G.; García J., J. (2010). Hymenopteros de la Reserva El Cielo, Tamaulipas, México. Universidad de Guadalajara. Dugesiana. 17(1):53-77.
- Rumpold, B. A.; Schlüter, O.K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 17(1): 1-11.
- Sambrook, J.; Russel, D.W. (2001). Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 3rd. ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press. New York, USA. 2368 p.
- Savolainen, V.; Cowan, R.S.; Vogler, A. P.; Roderick, G.K.; Lane, R. (2005). Towards writing the encyclopaedia of life: an introduction to DNA barcoding. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B Biological Science. 360(1462):1805-1811.
- Stern, R.A.; Riley, D.O.; Daneshvar, D.H.; Nowinski C.J.; Cantu, R.C.; McKee, A.C. (2011). Long-term consequences of repetitive brain trauma: Chronic traumatic encephalopathy. PM&R. American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. S460-S467.
- Tamura, K.; Stretchen, G.; Peterson, D.; Filipski, A.; Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. Molecular Biology and Evolution. 30(12):2725-2729.
- Ware, A.B.; Compton S.G.; Robertson, H. G. (1990). Gamergate reproduction in the ant *Streblognathus aethiopicus* Smith (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). Insectes Sociaux. 37(3):189-199.
- Williams, G. R.; Troxler, A.; Retschnig, G.; Roth, K.; Yañez, O.; Shuttler, D. Neumann, P.; Gauthier, L. (2015). Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. Scientific Reports Nature. 5,14621.



Physicochemical and protein analysis of grasshopper paste (*Sphenarium purpurascens* Charpentier)

Análisis fisicoquímico y proteínico de la pasta de chapulín (*Sphenarium purpurascens* Charpentier)

Arcos-Estrada, Eliza G.¹; Díaz-Ramírez, Mayra¹; Jiménez-Guzmán, Judith¹; Fabela-Morón, Miriam F.¹; Rayas-Amor, Adolfo A.¹; León-Espinosa, Erika B.¹; García-Garibay, Mariano¹; Cruz-Monterrosa, Rosy G.^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Av. de las Garzas No. 10, Col. El Panteón, Municipio Lerma de Villada, Estado de México, C.P. 52005.

*Autor para correspondencia: r.cruz@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: Make grasshopper paste (Gp) and incorporate it into Mole Poblano (MP), evaluating the physicochemical characteristics and protein content of this mixture.

Design/methodology/approach: Grasshoppers were collected and Gp was prepared. Later, the Gp was included in the Mole Poblano paste (MP) in the following treatments: T0=0Gp and 100% MP, T10=10% Gp and 90% MP, T15=15% Gp and 85% MP, T20=20 % Gp and 80% MP, T25=25% Gp and 75% MP and T30=30% Gp and 70% MP. The treatments were subjected to physical-chemical analysis and protein content.

Findings/conclusion: Treatments T0 and T10 had the highest L*. The variable ΔE was clearer for T0 and was different among all the other treatments. The C* saturation index decreased between treatments. Protein content increased with the inclusion of Gp. There were no differences between treatments in pH and water activity. It is concluded that the Gp can be incorporated into the MP to improve its nutritional value and there is no drastic change in the physicochemical variables of the evaluated treatments.

Key words: mole, grasshopper, protein, physicochemical analysis.

RESUMEN

Objetivo: Preparar pasta de chapulín (Pch) e incorporarla al mole poblano (MP), evaluando las características fisicoquímicas y el contenido proteínico del preparado.

Diseño/metodología/aproximación: Se colectaron chapulines y se preparó Pch. Posteriormente la pasta se incluyó en la pasta de MP en los siguientes tratamientos: T0=0Ch y 100% MP, T10=10% Pch y 90% MP, T15=15% Pch y 85% MP, T20=20% Pch y 80% MP, T25=25% Pch y 75% MP y T30=30% Pch y 70% MP. A los tratamientos se le realizó los análisis fisicoquímicos y contenido de proteína.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 77-83.

Recibido: noviembre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

Hallazgos/conclusión: Los tratamientos T0 y T10 tuvieron la mayor L*. La variable ΔE fue más claro para T0 y fue diferente entre todos los demás tratamientos. El índice de saturación C* descendió entre los tratamientos. El contenido de proteína incrementó con la inclusión de la Pch. No hubo diferencias entre los tratamientos en el pH y la actividad de agua. Se concluye que la Pch se puede incorporar al MP para mejorar su valor nutricional y no existe un cambio drástico en las variables fisicoquímicas de los tratamientos evaluados.

Palabras clave: mole, chapulines, proteína, análisis fisicoquímico.

INTRODUCCIÓN

El mole es un platillo característico de la cultura mexicana con gran historia, comienza en la Nueva España y continúa con la época de la colonia, hasta llegar al tiempo actual, con transformaciones y adaptaciones que se rigen por la región y la forma de cocinar (Soco, 2017). La población rural busca alternativas para poder complementar su dieta, una de las opciones es consumir quelites o insectos comestibles como es el caso de escamoles (*Liometopum apiculatum* Mayr), jumiles (*Euchistus taxcoensis*, *Atizies taxcoensis*, *Edesa* sp.), gusano del nopal (*Metamasius spinolae*), gusano elotero (*Heliothis zea*), hormigas y chapulines (*Sphenarium* sp.) por mencionar algunos, ya que se ha descubierto que tienen alto valor nutritivo por la cantidad de proteína (Ambrosio-Arzate et al., 2010). Esta práctica se lleva a cabo desde tiempos prehispánicos y hasta el día de hoy es parte de una amplia gastronomía como parte de las costumbres y cultura que caracteriza nuestro país (Ramos-Elorduy et al., 1998).

En el caso de los chapulines (*Sphenarium purpuranscen*) (Figura 1), se considera una de las plagas devastadoras en el centro y sur de México. Los estados de Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, Hidalgo, México, Querétaro, Michoacán y Guanajuato aportan aproximadamente 350 mil toneladas de chapulines en la temporada de reproducción (Sandoval y Pérez, 2006; Aragón-García et al., 2018). Principalmente, los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y frijol (*Phaseolus* sp.) son infestados por esta especie endémica. Se calcula que, si se cosecha 4 t ha^{-1} , con la infestación de chapulines, solo se obtiene una. Para la industrialización y comercialización formal del chapulín, debe convertirse en un producto inocuo, libre de contaminantes, bacterias entéricas y otros componentes que serían dañinos para la salud de las personas. En México la industria de insectos comestibles radica en la informalidad y falta de inocuidad (Ramos et al., 2006). Sin embargo, el uso de insectos en la alimentación humana permite promover la sustentabilidad y seguridad ali-

mentaria, dando un valor agregado a productos alimenticios con bajo contenido de proteína (Ambrosio-Arzate et al., 2010).

El mole es un concepto emblemático de la cocina nacional mexicana, una delicia gastronómica y un platillo festivo, con raíz prehispánica junto al mestizaje cultural. "Mole" significa en la voz nahua mulli y en verbo castellano moler. Las diferentes regiones del país cuentan con gran variedad de moles que se tienen o se han tenido con el paso de siglos, con el toque particular de cada pueblo, además ha recibido varios nombres como el totolmole, el clemole, el ayomole, el chilmole y el huaxmole que surgieron durante el virreinato (Barros y Monteagudo, 2004), algunos de ellos aún conservan sus nombres en algunos pueblos indígenas. Todos coinciden en moler, ya que el mulli se preparaba moliendo ingredientes. A los moles actuales se les ha sumado chiles (*Capsicum* sp.), jitomates (*Solanum lycopersicum*), maíz y otros elementos nativos, así como manteca de cerdo, especias orientales y el trigo (*Triticum aestivum* L.), más tarde apareció el chocolate y azúcar en la composición del mole, sumándole el guajolote (*Meleagris gallopavo*) ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) en recetas coloniales (Barros y Monteagudo, 2004). Los ingredientes que se utilizan en el mole le brindan un olor, color y textura característico que son importantes para evaluar la



Figura 1. Chapulín (*Sphenarium purpuranscen* Charpentier).

calidad del producto, así los tipos de presentación del mole se clasifican en polvo granulado o comprimido, pasta o líquido, así como la definición de este y las especificaciones que deben satisfacer los moles y sus variantes para el consumo humano se encuentran en la norma NMX-F-422-1982. A su vez esta es complementada con otras que mencionan métodos para determinar los valores de las especificaciones que debe cumplir como la norma NMX-F-068-S-1980 y que marca el método para determinar el valor de proteína en alimentos. Al ser un platillo elaborado que puede llevar hasta 70 ingredientes y es un alimento completo en fuente de antioxidantes, vitamina A, C, grasas vegetales, fibra, hierro, potasio, entre otros. Este platillo en presentación comercial es un producto que no cuenta con grandes cantidades de proteína (PRO-FECO, 2013). El propósito del presente estudio fue mejorar el valor proteínico del mole poblano con el aporte de pasta de chapulín milpero (*Sphenarium purpuranscen*) a cinco cantidades de inclusión evaluando las características fisicoquímicas de las pastas preparadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los chapulines se recolectaron en Hidalgo, uno de los estados más afectados por esta plaga, ya que las condiciones del ambiente son idóneas para su desarrollo, pero su población llega a ser un problema en las parcelas, por lo cual se usan diferentes tipos de métodos para su control. La recolecta se realizó entre las 4:00 am y 5:00 am, fueron capturados con ayuda de redes al caminar dentro y en las orillas de las parcelas para atraparlos (Aragón-García et al., 2018). Una vez recolectados se trasladaron a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma en el Estado de México, donde se continuó con la investigación y análisis.

Los chapulines fueron almacenados en bolsas plásticas sin proporcionarles comida ni agua, con

el fin de lograr que expulsaran los restos de desechos que contenían, posteriormente se limpiaron con agua para eliminar residuos, algunas hojas y otros insectos. Se dejaron escurrir hasta que eliminaran el exceso de agua, se procedió a secarlos en charolas de horno y luego se metieron a la estufa por 8 h a 50 °C. Al terminar el tiempo de secado, se almacenaron en bolsas de papel y se molieron con un molino eléctrico para obtener la pasta de chapulín (Pch) (Aragón-García et al., 2018). Luego se conservaron en congelación para mantenerse en buen estado, mientras se elaboraba la pasta de mole poblano (MP).



Figura 2. Ingredientes del mole poblano.

El mole se elaboró con la receta del "mole poblano" que se encuentra en El Museo Frida Khalo, "Recuerdos y recetas" (Rivera-Marín, 2005) (Figura 2). La receta se repitió dos veces, una con las cantidades de ingredientes que dice la receta y la última repetición se hizo con la mitad de cada ingrediente que la primera, esto para obtener suficiente mole para que se le sumará la pasta de chapulín a

diferentes porcentajes y distribuir los diferentes tratamientos.

Se plantearon seis tratamientos, Cuadro 1. A todos los tratamientos se le realizaron las mismas pruebas fisicoquímicas.

Análisis de Laboratorio

Fisicoquímico

Color. El color de las muestras de MP se determinó con un Colorímetro Konica Minolta CR-400/410. (Determinación de color Figura 3). El equipo se calibró previamente. Luego el colorímetro se colocó encima de la muestra y se registraron los datos que marcó la pantalla ante cada disparo de acción del equipo. Los datos registrados fueron las coordenadas a^* , b^* , L^* con el sistema CIE XYZ, CIE $L^*a^*b^*$ y CIE $L^*C^*h^*$. Las coordenadas a^* , indica la colorimetría del eje verde al rojo; b^* , la colorimetría del eje azul al amarillo y L^* , la Luminosidad.

Cuadro 1. Tratamientos con sus respectivos porcentajes de pasta de chapulín (Pch) y pasta de mole poblano (MP).

Tratamiento	Pch (%)	MP (%)
T0 - Testigo	0	100
T10	10	90
T15	15	85
T20	20	80
T25	25	75
T30	30	70

Las variables cromáticas a^* y b^* se utilizaron para determinar las variables de Saturación (C^*) y Tonalidad (h^*). Los índices de saturación (C^*) y ángulo de tonalidad (h^*) se calcularon con las ecuaciones siguientes: $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$ y el índice $h^*=180^\circ \pi.\tan^{-1}(b^*/a^*)$ (Cornejo *et al.*, 2012; Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

Las diferencias de color entre la muestra de mole testigo y los demás tratamientos se analizaron con las diferencias en las coordenadas absolutas, conocida como Delta (Δ). Delta E (ΔE^*), siempre es positiva y su cálculo se realizó con la fórmula siguiente:

$$\Delta E^*=\{(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2\}^{0.5}$$

pH. Se tomó una muestra de mole (10 g) y se le adicionó agua destilada (50 mL). Luego se colocó en una parrilla eléctrica y con un agitador magnético se preparó una mezcla homogénea y se introdujo directamente el electrodo del potenciómetro digital portátil (Sánchez-Hernández *et al.*, 2017). Otra prueba paralela fue introducir el mismo electrodo del potenciómetro directamente a la pasta de mole, por lo que no se obtuvo diferencia en los valores y se continuó como esta última prueba para todos los tratamientos.

Actividad de agua. Se tomaron aproximadamente 3 g de muestra y se introdujeron en el medidor de actividad de agua, modelo HBD5 MS2100 Wa. Luego se esperó el tiempo de 10 a 20 min para registrar los datos marcados en la pantalla (Sánchez-Hernández *et al.*, 2017).

Químico

Proteína. Se realizó con el método Kjeldahl de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-F-068-S-1980. Se pesó 0.1 g de muestra en papel no contaminado con nitrógeno, depositándose en el tubo de digestión Kjeldahl. Posteriormente, se adicionó 5 mL de ácido sulfúrico concentrado y se realizó la digestión en el bloque digestor. El tubo se enfrió a temperatura ambiente y se adicionaron 10 mL de agua y 25 mL de NaOH en la unidad de destilación. La solución se transfirió a un frasco de 50 mL, conteniendo 25 mL de ácido bórico (4% p/v) y se realizó la titulación con ácido clorhídrico 0.1N, cuantificando la cantidad de N y calculando la cantidad de proteína con el factor de 6.25.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con Análisis de Varianza univariado. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey a una significancia de 0.05%. Se utilizó el programa estadístico SPSS Ver. 21 (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 muestra los valores de color registrados. Los tratamientos que tuvieron la mayor L^* fueron el T0 y T10 ($P>0.05$), posteriormente fue decreciendo ($P<0.05$) entre los tratamientos T25 y T30 disminuyeron alrededor de 5.6 unidades ($P<0.05$) con respecto a T0. Un comportamiento similar se observó en ΔE , el color más claro fue el T0 y fue diferente ($P<0.05$) entre todos los demás tratamientos. El índice de saturación C^* mostró descenso



Figura 3. Determinación del color en muestra de mole poblano.

Cuadro 2. Valores promedios de las variables de color en las diferentes cantidades de inclusión de la pasta de chapulín (Pch) (*Sphenarium purpuranscen*) en el mole poblano.

Tratamiento	Pch,%	L^*	ΔE	C^*	h^*
T0	0	32.30±1.11 ^a	37.75±1.01 ^a	19.54±0.90 ^a	40.69±1.11 ^a
T10	10	30.34±1.02 ^a	34.03±1.01 ^b	15.40±0.89 ^b	42.31±1.09 ^{ab}
T15	15	27.70±0.08 ^b	31.19±0.91 ^c	14.33±0.88 ^{bc}	41.96±1.12 ^{ab}
T20	20	27.70±0.09 ^b	30.89±0.89 ^c	13.50±0.91 ^{cd}	42.62±1.03 ^{bc}
T25	25	26.22±0.89 ^{bc}	29.17±0.97 ^{cd}	12.80±0.90 ^{de}	43.11±1.12 ^c
T30	30	25.30±0.88 ^c	27.41±0.96 ^d	10.53±0.88 ^e	43.61±1.09 ^c

± desviación estándar. L^* =luminosidad, ΔE =diferencias de color, C^* =saturación, h^* =tonalidad. ^{a-d}Letras diferentes muestran diferencia significativa, $P<0.05$.

($P < 0.05$) entre tratamientos, y T0 fue diferente con todos los demás tratamientos ($P < 0.05$), dándose la disminución de 7.9 unidades entre T0 y el promedio de T25 y T30. Para h^* no hubo diferencias entre T0, T10 y T15 ($P > 0.05$); el promedio de T25 y T30 incrementó 2.7 unidades ($P < 0.05$) con respecto a T0.

La Figura 4 muestra el valor visual de las muestras. La intensidad cualitativa del color disminuyó cuando se incluyó la mayor cantidad de chapulín al mole.

El Cuadro 3 muestra las cantidades de proteína, los valores de pH y Aw en los tratamientos. El contenido promedio de la Pch fue de 60.03% y la MP de 3.94%. Como era de esperarse las cantidades de proteína incrementaron ($P < 0.05$) debido al porcentaje de inclusión de la Pch. El valor mínimo fue de 3.9 y el máximo de 20.7% de proteína con la inclusión de 30% de la Pch. Los valores de pH y Aw no mostraron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

El color es la percepción de un objeto que refleja la luz e integra la imagen al cerebro (Wyszecki y Stiles, 2000). En la ciencia de los alimentos, el color es una variable en la cual se realizan las clasificaciones de los productos y se miden otros parámetros asociados, tales como la actividad y capacidad de retención de agua, oxidación y degradación de los productos (Delmoro et al., 2010). En el caso de la apreciación visual del MP, se notó la diferencia entre el T0 y el de mayor contenido de Pch, T30. Pero en las muestras intermedias, quizás se tenga una

percepción subjetiva, y varias personas observan o no diferencias entre éstas; por lo tanto, la expresión verbal del color es difícil.

El método estándar para representar el color a través del colorímetro muestra las diferencias de los colores entre los tratamientos del mole poblano (MP) con la inclusión de la pasta de chapulín. Los resultados fisicoquímicos confirman el grado de color, en este caso los valores obtenidos se ubican en la escala que va de rojo y tiende a combinarse con amarillo (Padrón-Pereira et al., 2012). El MP no tiene un estándar de color definido que influya en los consumidores, la aceptación de un color muy oscuro pudiera causar algo de rechazo, aunque debemos de considerar que el valor sensorial es más importante y este define su aceptación o rechazo; en esta investigación no se llegó a realizar el análisis sensorial.

En referencia a la proteína, la Pch se cataloga como un alimento proteínico con buena aceptación. Lo sugerido en los consumos de alimentos para la población humana es variar las dietas, el chapulín puede recomendarse únicamente en 25 g persona día⁻¹. Además del aporte

Cuadro 3. Promedios de las variables de proteína, pH y actividad de agua (Aw) en las diferentes cantidades de inclusión de la pasta de chapulín (Pch) (*Sphenarium purpuranscen*) en el mole poblano.

Tratamiento	Pch, %	Proteína	pH	Aw
T0	0	3.94±0.01 ^a	4.3±0.05 ^a	0.93±0.02 ^a
T10	10	9.50±0.03 ^b	4.8±0.18 ^a	0.93±0.02 ^a
T15	15	12.32±0.05 ^{bc}	4.6±0.08 ^a	0.94±0.01 ^a
T20	20	15.14±0.05 ^c	4.8±0.05 ^a	0.93±0.03 ^a
T25	25	17.96±0.06 ^{cd}	4.7±0.11 ^a	0.93±0.02 ^a
T30	30	20.70±0.09 ^d	4.6±0.05 ^a	0.93±0.01 ^a

± desviación estándar. pH=potencial de iones hidrogeno, Aw=actividad de agua. ^{a-d}Letras diferentes muestran diferencia significativa, $P < 0.05$.

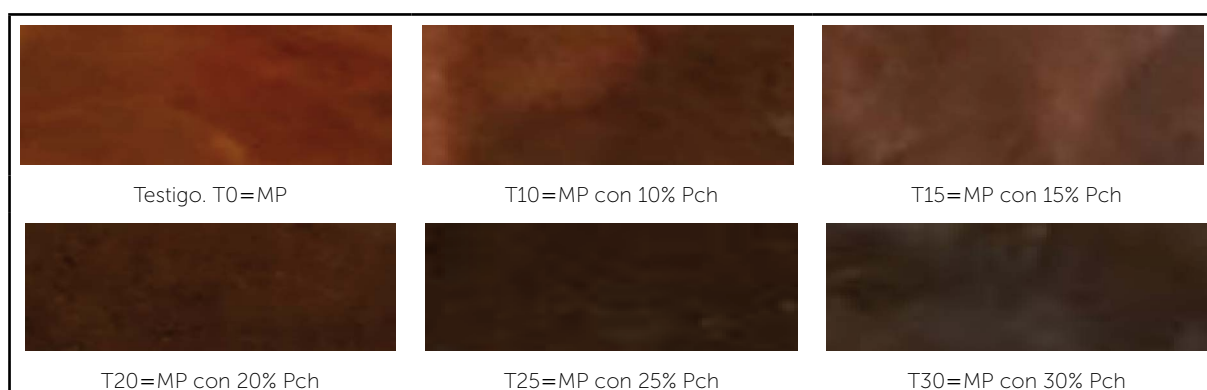


Figura 4. Análisis visual de las muestras de mole poblano (MP) con pasta de chapulín (Pch) (*Sphenarium purpuranscen*).

de proteína, la Pch también contiene vitaminas como las del grupo B, y minerales (Ramos-Elorduy *et al.*, 1998). La proteína determinada en el MP es aportada por los chiles y algunos condimentos con los que se prepara. El MP envasado y comercial indica un contenido de proteína desde 3.98 (Fatsecret, 2020) hasta el 7% (Doña María, 2020). Otros datos en mole negro de Oaxaca, México, indican contenidos de proteína desde 3.6 hasta 4.8% (Sánchez-Hernández *et al.*, 2017).

En referencia al pH obtenido en los diferentes tratamientos se obtuvo el rango de 4.3 a 4.8, coincidiendo con otros estudios publicados (Gutiérrez-Peña *et al.*, 2018; Sánchez-Hernández *et al.*, 2017). De acuerdo con Norma Mexicana el pH no debe de ser mayor de 6.5. Afortunadamente la inclusión de pasta de chapulín no alteró el pH y está dentro del catálogo que exige la norma de PROFECO (2013). Por otro lado, la Aw hace referencia al contenido de agua disponible en los alimentos y que no está unida químicamente a ningún compuesto, pero que pueden aprovechar los microorganismos, en la Aw pura el valor de 1.0 indica el 100% humedad relativa. Los valores que reporta PROFECO (2013) van desde 0.6 hasta 3.7, la amplia variación indica la falta de un control de calidad no establecido. Por lo tanto, a menor cantidad de Aw hay menor posibilidad de crecimiento microbiano. Cantidades de 0.85 Aw o menos, es difícil que algún patógeno pueda crecer. Algunas levaduras y hongos crecen con una Aw de 0.60, ejemplo, *Saccharomyces* spp. con Aw de 0.80, *Staphylococcus aureus* con actividad de agua de 0.87 y *Clostridium* spp. y *Listeria monocytogenes* con valores de actividad de agua de 0.90 (Clayton *et al.*, 2011). En este estudio se obtuvieron valores de alrededor de 0.93, lo que indica que una gran variedad de microorganismos puede crecer. Con valores de Aw mayor a 0.85 y pH menor a 4.6 las muestras de alimentos deben de mantenerse en refrigeración, como si fueran cárnicos, pero, aun así, se limita su vida útil de consumo, por lo cual deben de mantenerse a temperaturas bajas para su conservación.

CONCLUSIONES

El mole es un platillo que se distingue por su particular preparación en cada región del país y tiene una buena aceptación en el consumo. Con referencia a los chapulines, se sabe que el consumo de insectos también es aceptable por la población mexicana. Ambos son parte de la identidad cultural. La inclusión de la pasta de chapulín a la pasta de MP no alteró los valores físicoquímicos y es una alterna-

tiva para mejorar la calidad nutritiva de los alimentos en comunidades rurales de México.

LITERATURA CITADA

- Ambrosio-Arzate, G.A.; Nieto-Hernández, C.; Aguilar-Medel, S. y Espinoza-Ortega, A. (2010). Los insectos comestibles: un recurso para el desarrollo local en el centro de México. Paper prepared for the 116th EAAE Seminar: Spatial dynamics in agri-food systems: Implications for sustainability and consumer welfare. Parma Italy p. 1-6. https://www.researchgate.net/publication/254386616_Los_insectos_comestibles_un_recurso_para_el_desarrollo_local_en_el_centro_de_Mexico [accessed Jun 09 2020].
- Aragón-García, A.; Rodríguez-Lima, D.R.; Pino-Moreno, J.M.; Aragón-Sánchez, M.; Carlos-Ángeles, S. y García-Pérez, A. (2018). Valor nutritivo de la harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens* Charpentier) tostado o natural. *Entomología mexicana*, 5, 106–112. <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2018/BHN/BHN%20106-112.pdf>
- Barros, C. y Monteagudo J.L.C. (2004). El mole. Aportaciones prehispánicas y Construcción y evolución del mole virreinal, en *El mole en la ruta de los dioses*. 6to Congreso sobre Patrimonio Gastronómico y Turismo Cultural (Puebla 2004). Memorias. México, Patrimonio Cultural y Turismo, Cuadernos, no. 12, pp. 11, 21, 34. [en línea], disponible en:
- Clayton, K.; Bush, D. y Keener, K. (2011). *Emprendimientos alimentarios*. Purdue University. Extension. FS-16-S-W. 9-12. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/FS/FS-16-S-W.pdf>
- Cornejo, F.; Chuchuca, G.; Dick, A. y Peñafiel, J. (2012). Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos. *Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción*, 1-8. <https://pdfs.semanticscholar.org/02f4/b79bcd642c52076a0e233d4aaca401c69b1.pdf>
- Delmoro, J.; Muñoz, D.; Nadal, V.; Clementz, A. y Pranzetti, V. (2010). El color de los alimentos: Determinación de color en mieles. *INVENIO* 13, 145-152. <https://www.redalyc.org/pdf/877/87715116010.pdf>
- Doña María. Mole comercial. (2020). <https://www.myfitnesspal.com/es/food/calories/generic-mole-do-a-maria-208501689>
- Fatsecret. Mole Poblano. Información nutricional. (2020). <https://www.fatsecret.com.mx/Diary.aspx?pa=fjrd&rid=3090&portionid=51770&portionamount=100,000>
- Gutiérrez-Peña, E.; Rendón-Sandoval, L. y Montane-Jiménez, V. (2018). Determinación de parámetros físicoquímicos y microbiológicos de un mole tipo poblano. *Revista de Simulación y Laboratorio*, 5, 1-6. https://patrimonioculturalyturismo.cultura.gob.mx/publi/Cuadernos_19_num/cuaderno12.pdf
- Mathias-Rettig, K. y Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro sur*, 42, 57-66. DOI:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07
- Norma NMX-F-068-S-1980. (1980). <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-068-S-1980.PDF>
- Norma NMX-F-422-1982. (1982). <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-422-1982.PDF>
- Padrón-Pereira, C. A.; León, P.; Marié, G.; Montes Hernández, A. I. y Oropeza González, R. A. (2012). Determinación del color

- en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Agronomía Costarricense*, 36, 97-111.
- PROFECO. (2013). Ley federal de protección al consumidor. https://www.profeco.gob.mx/juridico/pdf/Ley_fed_protec_consum.pdf
- Ramos E.J.; Pino J.M. y Conconi. M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Sociedad Mexicana de Entomología*. A.C 45, 291-318.
- Ramos-Elorduy, J.; Muñoz, J. y Pino, J. M. (1998). Determinación de minerales en algunos insectos comestibles de México. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 42, 18-33. [fecha de Consulta Abril de 2020]. ISSN: 1870-249X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475/47542104>
- Ramos-Elorduy, J.; Pino J.M. y Cuevas-Correa, S. (1998). Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. *Annales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 69(1), 65-104. [fecha de Consulta Abril de 2020]. ISSN: 0368-8720. Disponible
- Rivera-Marín, G. (2005) Las fiestas de Frida y Diego. Recuerdos y recetas. Promexa, México, p. 214.
- Sánchez-Hernández, C., Sánchez-Hernández M.A., González-Montiel, L., Vicente-Pinacho, A.J. (2017). Capítulo 15. Propiedades fisicoquímicas del mole negro de Oaxaca. *Educando en la transversalidad para un conocimiento multidisciplinario*. Ed. Universidad del Papaloapan. 206 p.
- Sandoval B. H. N. y Pérez H. R. (2006). Industrialización del chapulín y productos derivados. *La tecnología mexicana al servicio de la industria*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. Primera edición 2007. México. 177 p.
- Soco, M. (2017). El mole un platillo tradicional lleno de historia. <https://www.directoalpaladar.com.mx/ingredientes-y-alimentos/el-mole-un-platillo-tradicional-lleno-de-historia>
- SPSS, Ver.21. (2012) IBM-CORPORATION, SPSS Statistics 21. IBM Corporation, Armonk, NY: IBM, 2012.
- Wyszecki, G. Stiles W.S. (2000). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, 2nd Edition. Wiley Series in Pure and Applied Optics. 968 p.



Role of fecundity genes in ovulation rate and litter size in sheep

Función de genes de la fecundidad en tasa ovulatoria y tamaño de la camada en ovejas

Muñoz-García, C.¹; Torres-Hernández, G.¹; Gallegos-Sánchez, J.¹; Cuca-García, J.M.¹; Salazar-Ortiz, J.²; Cortez-Romero, C.^{1,3,*}

¹Colegio de Postgraduados, Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, Texcoco, 56230, Estado de México, México.

²Colegio de Postgraduados, Innovación Agroalimentaria Sustentable, Campus Córdoba, carretera federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. ³Colegio de Postgraduados, Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Campus San Luis Potosí, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, 78600, San Luis Potosí, México.

*Correspondencia: ccortez@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to describe the role of the *GDF9*, *BMP15* and *BMPR-1B* genes on ovulation rate and prolificacy in sheep.

Design/methodology/approach: A search and analysis of scientific information related to fecundity genes in sheep was carried out from the Web of Science and Scopus databases.

Results: in the fecundity genes, it is included the Growth and Differentiation Factor 9 (*GDF9*), Bone Morphogenic Protein 15 (*BMP15*) and Bone Morphogenic Protein Receptor type 1B (*BMPR1B*), which belong to the Transforming Growth Factor type β (*TGF β*). In most of the mutations found in the coding regions of these genes, heterozygous sheep show an increase in ovulation rate and prolificacy; on the contrary, homozygous sheep are infertile. However, some breeds of sheep with a double mutation or homozygous copies have high ovulation and prolificacy rates.

Implications: these genetic variants found in the fecundity genes related to the ovulation rate and prolificacy in the sheep, represent a great utility in the implementation of genetic improvement programs, aimed to improve the reproductive efficiency and profitability of the flocks.

Conclusions: these fecundity genes participate in the proliferation, growth and differentiation of theca and granulosa cells, favor steroidogenesis in granulosa cells and are fundamental in folliculogenesis at the ovarian level. Heterozygous genotypes have an increase in ovulatory rate and prolificacy, but homozygous sheep are infertile. However, in some breeds, homozygous or double mutation genotypes are fertile and have high ovulation and prolificacy rates.

Keywords: genes, *GDF9*, *BMP15*, *BMPR1B*, fecundity.

RESUMEN

Objetivo: describir la función de los genes *GDF9*, *BMP15* y *BMPR-1B* en tasa ovulatoria y prolificidad en ovejas.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó una búsqueda y un análisis de la información científica relacionada con genes de la fecundidad en ovejas, a partir de las bases de datos de la Web of Science y Scopus.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020, pp: 85-91.

Recibido: septiembre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

Resultados: en los genes de la fecundidad, se tiene el Factor de Crecimiento y Diferenciación 9 (*GDF9*), la Proteína Morfogénica Ósea 15 (*BMP15*) y el receptor de la Proteína Morfogénica Ósea tipo 1B (*BMPR1B*), que pertenecen a la familia del Factor de Crecimiento Transformante tipo β (*TGF β*). En la mayoría de las mutaciones encontradas en las regiones codificantes de estos genes, las ovejas heterocigotas aumentan tasa ovulatoria y prolificidad; mientras que, las homocigotas son infértiles. No obstante, algunas razas de ovinos homocigotas tienen tasas ovulatorias y prolificidad altas.

Implicaciones: las mutaciones en los genes de fecundidad relacionadas con tasa ovulatoria y prolificidad, representan una gran utilidad en la implementación de programas de mejoramiento genético, para mejorar la eficiencia reproductiva y rentabilidad de los rebaños.

Conclusiones: estos genes de la fecundidad participan en la proliferación, crecimiento y diferenciación de las células de la teca y granulosa, favorecen la esteroidogénesis en las células de la granulosa y son fundamentales en la foliculogénesis a nivel ovario. Los genotipos heterocigotas aumentan tasa ovulatoria y prolificidad, pero las ovejas homocigotas son infértiles; sin embargo, en algunas razas, el genotipo homocigoto es fértil y con tasas ovulatoria y de prolificidad altas.

Palabras clave: genes, *GDF9*, *BMP15*, *BMPR1B*, fecundidad.

INTRODUCCIÓN

La reproducción en los ovinos desempeña una función importante en la eficiencia y rentabilidad del rebaño, la cual podría medirse a través de la tasa ovulatoria y prolificidad en la oveja; sin embargo, esta especie presenta gran variabilidad genética en dichas variables, la cual está asociada a genes de efecto mayor que intervienen en la función ovárica (Hanrahan *et al.*, 2004). Dentro de estos genes se encuentran el Factor de Crecimiento y Diferenciación 9 (*GDF9*), la Proteína Morfogénica Ósea 15 (*BMP15*) y el receptor de Proteína Morfogénica Ósea tipo 1B (*BMPR-1B*), que pertenecen a la familia del *TGF β* , son altamente expresados en el ovocito y se han identificado en diferentes razas de ovinos (Hanrahan *et al.*, 2004; De Castro *et al.*, 2016). El conocimiento referente a la identificación e influencia de polimorfismos reportados en estos genes, permitirá comprender el control genético de los genotipos en variables reproductivas en la oveja. Por lo tanto, el objetivo de este análisis fue describir la función que desempeñan los genes *GDF9*, *BMP15* y *BMPR-1B* en la tasa ovulatoria y prolificidad de ovejas.

Participación de genes de la fecundidad en variables reproductivas:

Gen *GDF9*

El gen *GDF9* ó *FecG* se encuentra en el cromosoma cinco de los ovinos (Sadighi *et al.*, 2002). Este gen tiene una longitud de 1365 pares de bases (pb) y está formado por dos exones y separados por un intrón, codifica un propeptido de 456 aminoácidos y el péptido maduro activo es de 135 aminoácidos (Bodensteiner *et al.*, 1999). Es altamente expresado en los ovocitos, y la proteína que codifica este gen, es miembro de la familia de las proteínas morfogénicas que pertenecen a la familia del *TGF β* (Hanrahan *et al.*, 2004).

Sus principales funciones son intervenir en la proliferación y organización de las células de la teca que rodean al folículo (Strauss y Williams, 2019), participar activamente en el crecimiento y desarrollo folicular en todas las etapas de la foliculogénesis y promover la proliferación y diferenciación de las células de la granulosa (Juengel *et al.*, 2013), las cuales requieren de la señalización parácrina del gen *GDF9* para que las enzimas hialuronano sintasa 2 y el activador del plasminógeno tipo uroquinasa se expresen en el complejo ovocito-cumulus, y se lleve a cabo la expansión del cumulus. Este proceso ocurre en los folículos preovulatorios antes de que se lleve a cabo la ovulación (Myers y Pangas, 2010). Cuando *GDF9* se une a su receptor de membrana tipo 2, o *BM-PRII* (receptor de la proteína morfogénica ósea tipo II) en la célula de la granulosa (Figura 1), se promueve la fosforilación del receptor tipo I o *ALK5* (receptor activina quinasa tipo 5); estos receptores reconocen y fosforilan las proteínas SMAD, y con ello se activan las vías de señalización SMAD 2 y 3, las cuales se unen a SMAD4 y se trasladan desde el citoplasma al núcleo para interactuar con los reguladores transcripcionales, mediante lo cual se lleva a cabo la transcripción de genes de respuesta, las funciones biológicas de diferenciación, estimulación del crecimiento del folículo preantral, y formación cuboidal en células de la granulosa que rodean al ovocito (Sanfins *et al.*, 2018). Además, la interacción del kit ligando (KL) con su receptor c-kit en el ovocito (Figura 1), permite que *GDF9* potencialice el efecto del Factor de Crecimiento de Fibroblastos ocho (*FGF8*) en la producción de estradiol, sin afectar la producción de progesterona (P4), inducido por la hormona

estimulante del folículo (FSH) en las células de la granulosa (Miyoshi et al., 2012).

GDF9 promueve la expresión del receptor GPCR (receptor acoplado a proteínas G, por sus siglas en inglés, clase A) de la FSH durante el desarrollo folicular (Orisaka et al., 2006), ya que después de la etapa antral temprana, se requiere gran cantidad de receptores a FSH en las células de la granulosa para sostener el crecimiento constante del folículo antral que es dependiente de FSH (Orisaka et al., 2006; Otsuka et al., 2011). En las razas Cambridge y Belclare, las ovejas heterocigotas incrementan su tasa ovulatoria, mientras que las ovejas homocigotas son infértiles, debido a la hipoplasia ovárica y fallas primarias en la foliculogénesis (Hanrahan et al., 2004). El fenotipo de infertilidad en estas dos razas, está directamente relacionado al cambio del aminoácido serina (polar sin carga) por fenilalanina (no polar), este cambio de polaridad afecta la unión de *GDF9* a los receptores BMP tipo I o *ALK5* (Hanrahan et al., 2004; Otsuka et al., 2011). En ovejas heterocigotas de la raza Thoka, la sustitución de serina (polar sin carga) por arginina (polar), aumentó la tasa ovulatoria, mientras que las homocigotas presentaron infertilidad, debido a un útero rudimentario, ovarios pequeños e inactivos y sin desarrollo folicular (Nicol et al., 2009). En contraste, en las razas Santa Inés, Blanca Noruega y Finnsheep, las

ovejas homocigotas presentaron alta tasa ovulatoria y prolificidad (Silva et al., 2010; Våge et al., 2013; Mullen y Hanrahan, 2014). A la fecha, se han reportado once mutaciones en la región codificante del gen *GDF9*, pero solo cinco afectan la tasa ovulatoria y el tamaño de la camada (Cuadro 1).

Gen *BMP15*

El gen *BMP15* o *GDF-9B*, también llamado *FecX*, se localiza en el cromosoma X de los ovinos (Galloway et al., 2000), tiene una longitud de 1179 pb y está formado por dos exones, los cuales están separados por un intrón; codifica un pre-propéptido de 393 aminoácidos y el péptido maduro activo es de 125 aminoácidos. Se expresa en los folículos hasta la etapa tipo 2 de desarrollo, células del cúmulus, y en ovocitos estructuralmente relacionado al gen *GDF9*, debido a su patrón similar de expresión (Galloway et al., 2000; Strauss y Williams, 2019). La proteína que codifica el gen *BMP15* es miembro de la familia de las proteínas morfogénicas óseas que pertenecen al *TGFβ* (Hanrahan et al., 2004). *BMP15* estimula el crecimiento y diferenciación de las células de la granulosa, las cuales mediante uniones homotípicas de la *Conexina-37*, favorecen el intercambio de nutrientes y señales con el ovocito (Strauss y Williams, 2019).

Cuando *BMP15* se une a su receptor de membrana tipo 2 o *BMPRII* (Figura 1), se activa al receptor tipo I o *ALK6* (receptor activina quinasa tipo 6) para que reconozca y fosforile a las proteínas SMAD, y así, se activen las vías de señalización SMAD 1/5/8 (McNatty et al., 2005; Moore y Shimasaki, 2005). Estas vías de señalización se unen a SMAD4 para que puedan ingresar al núcleo, y una vez dentro, se unen a cofactores específicos para que inicien la transcripción de los genes requeridos por la célula y estimulen la proliferación de las células de la granulosa, crecimiento y desarrollo del folículo preantral y se lleve a cabo la glucólisis en las células del *cumulus*, la esteroidogénesis y la diferenciación celular (Myers y Pangas, 2010; Sanfins et al., 2018).

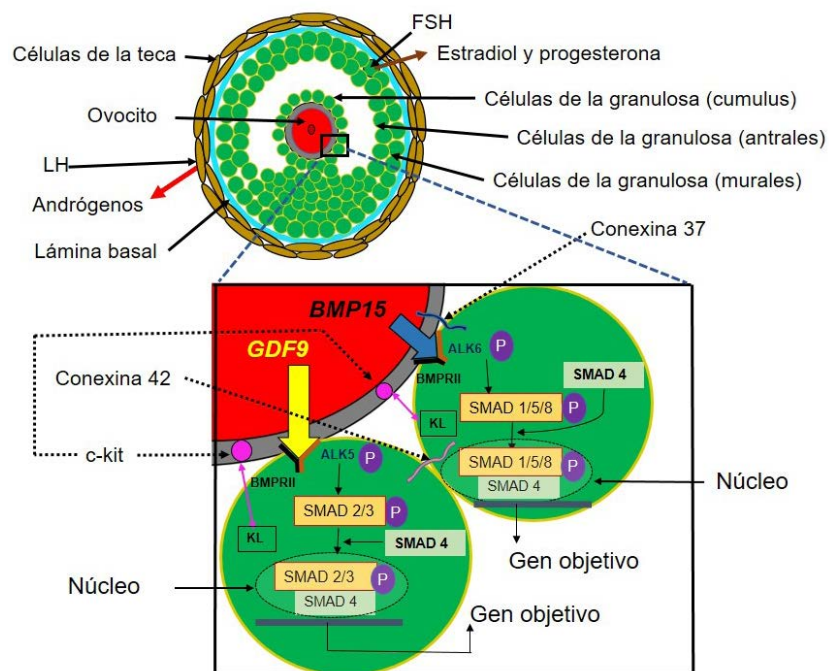


Figura 1. Representación esquemática de señalización parácrina entre el ovocito y las células de la granulosa. Imagen modificada de Gilchrist et al. (2008) y Myers y Pangas (2010).

BMP15 induce la expresión del KL en células de la granulosa para que se lleve a cabo la esteroidogénesis; pero por otro lado, el KL inhibe la expresión del gen *BMP15* en el ovocito (McNatty et al., 2005; Miyoshi et al.,

2012). Así mismo, en presencia del ovocito, tanto el KL como *BMP15*, estimulan la mitosis de las células de la granulosa (Strauss y Williams, 2019) y reducen la producción de progesterona al suprimir la expresión de la enzima reguladora StAR (proteína reguladora aguda de la esteroidogénesis) (De Castro *et al.*, 2016). Los homodímeros *GDF9:GDF9* y *BMP15:BMP15* poseen actividad biológica; sin embargo, los heterodímeros, *GDF9:BMP15* de las proteínas de estos genes, recientemente denominados cumulina, son más bioactivos y actúan como potentes reguladores de las funciones de las células de la granulosa y *cumulus* para mejorar la calidad del ovocito (Sanfins *et al.*, 2018; Strauss y Williams, 2019). En la actualidad en distintas razas de ovinos a nivel mundial se han reportado nueve mutaciones en la región codificante del gen *BMP15* (Cuadro 1). Las ovejas con genotipo heterocigoto incrementan su tasa ovulatoria y prolificidad, mientras que las homocigotas son infértiles, debido a una hipoplasia ovárica, función anormal de las células del *cumulus* y fallas primarias en la foliculogénesis (Hanrahan *et al.*, 2004). No obstante, las ovejas homocigotas de las razas Grivette y Olkuzka, son fértiles y tienen alta tasa ovulatoria y gran tamaño de la camada (Demars *et al.*, 2013).

Receptor del gen *BMPR-1B*

El receptor del gen *BMPR-1B*, gen Booroola (*FecB*) o receptor activina quinasa tipo 6 (ALK6) se localiza en el cromosoma 6 de los ovinos (Mulsant *et al.*, 2001; Souza *et al.*, 2001; Wilson *et al.*, 2001), y es responsable de la alta fecundidad en ovejas Merino Booroola, con un efecto aditivo en tasa ovulatoria y parcialmente dominante en tamaño de la camada (Davis, 2005). Se expresa en el cere-

bro, cerebelo, hipotálamo, hipófisis, riñones, útero y oviducto (Wilson *et al.*, 2001; Tang *et al.*, 2018); sin embargo, su mayor expresión es en las células germinales primordiales del ovario. Este hallazgo sugiere que la forma mutante de *BMPR-1B* interviene en el proceso de formación (Reader *et al.*, 2012), desarrollo y madurez folicular (Tang *et al.*, 2018). La mutación responsable del fenotipo Booroola en las ovejas Merino fue la sustitución de adenina por guanina en la posición 746 y, en la posición 249 de la proteína, la glutamina cambió por arginina (Mulsant *et al.*, 2001; Souza *et al.*, 2001; Wilson *et al.*, 2001); es altamente conservada y favorece la esteroidogénesis en las células de la granulosa (Mulsant *et al.*, 2001). Se ha reportado que la madurez precoz de los folículos, aunado al rápido inicio para responder a la acción de la hormona luteinizante (LH) a través de su receptor GPCR, permite que más folículos preovulatorios, ≥ 1 mm de diámetro, supervivan al efecto inhibitorio de LH cuando se realiza la selección del folículo ovulatorio, lo cual va a permitir contar con más folículos para ovular (Juengel *et al.*, 2013; Guo *et al.*, 2018).

Un estudio proteómico realizado en ovejas Han de cola pequeña con la mutación *FecB* homocigota, reportó que la alta prolificidad provocada por dicha mutación en parte es debida al mayor nivel de expresión de las enzimas nicotinamida adenina dinucleótido deshidrogenasa, enzima adenosíntrifosfato tipo F, fumarato reductasa y componentes del Citocromo C oxidasa, las cuales fomentan mayor actividad oxidativa en las mitocondrias del ovario. Dada la alta actividad oxidativa de carbohidratos y lípidos, en la obtención de energía para el ovocito, se

producen grandes cantidades de especies reactivas de oxígeno; sin embargo, en el fluido folicular de las ovejas con la mutación *FecB*, se detectaron grandes cantidades de antioxidantes como la cisteína (disulfuro glutatión-cisteína y aminoácido γ -glutamilo), así como, altos niveles de los aminoácidos treonina, aspartato, asparagina, lisina, cisteína y arginina, los cuales ayudan a contrarrestar los efectos nocivos de los radicales libres y brindar mejor microambiente nutricional, donde se especula que los antioxidantes detectados en el fluido folicular de ovejas homocigotas a *FecB*, puede tener efectos benéficos en el crecimiento, madurez y calidad de los ovocitos (Miao *et al.*, 2016; Guo *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

El gen *GDF9* promueve la proliferación, organización y diferenciación de las células de la teca y granulosa, es fundamental en la foliculogénesis, potencializa el efecto del *FGF8* en la producción de estradiol, inhibe la apoptosis de las células de la granulosa y disminuye la atresia folicular; además, promueve la expresión del receptor a la FSH en las células de la granulosa. El gen *BMP15* estimula la mitosis, proliferación, crecimiento y diferenciación de las células de la granulosa promueve el crecimiento y desarrollo del folículo preantral, induce la expresión del KL en células de la granulosa, y reduce la producción de P4. El gen *BMPR-1B* favorece la esteroidogénesis en las células de la granulosa, interviene en la formación, desarrollo y madurez precoz de los folículos. En la mayoría de los genes *GDF9* y *BMP15*, las ovejas heterocigotas aumentan su tasa ovulatoria y prolificidad, en tanto que las homocigotas son infértiles.

Cuadro 1. Polimorfismos en genes de la fecundidad *BMPR-1B*, *BMP15* y *GDF9* en razas de ovinos prolíficas a nivel mundial.

Gen	Alelo o SNP	Raza	Cambio en nucleótido	Cambio en aminoácido	Tasa ovulatoria	Prolificidad	País	Referencia	
<i>BMPR-1B</i>	<i>FecB^B</i>	Merino Javanese Han de cola pequeña	p.746 A→G	Gln249Arg	BB: 4.6-7.1 BB: 5.2-7.1 BB: 3.7 BB: 2.7-3.0	BB: 2.0-2.2 BB: 2.0-3.0 BB: 2.1-2.9 BB: 2.6-2.8	Australia Reino Unido Nueva Zelanda Indonesia, China	Mulsant et al. (2001), Souza et al. (2001), Wilson et al. (2001), Davis et al. (2006), Chu et al. (2007), Chu et al. (2011)	
	-----	Mehraban	p.112 C→A p.113 C→G	Thr37Lys	-	M+: 1.3	Irán	Abdoli et al. (2013)	
	<i>FecX^I</i>	Inverdale (Romney)	p.896 T→A	Val299Asp	I+: 2.5-3.2	I+: +0.6	Nueva Zelanda	Galloway et al. (2000)	
	<i>FecX^H</i>	Hanna (Romney)	p.871 C→T	Gln291Term	H+: 2.6-3.2	H+: +0.6	Nueva Zelanda	Galloway et al. (2000)	
<i>BMP15</i>	<i>FecX^B</i>	Belclare (Belclare)	p.1100 G→T	Ser367Ile	B+: 3.3±0.1	B+: 2.4±0.6	Irlanda e Inglaterra	Hanrahan et al. (2004)	
	<i>FecX^G</i>	Galway (Belclare - Cambridge)	p.718 C→T	Gln239Term	G+: 2.7-3.1	-	Irlanda e Inglaterra	Hanrahan et al. (2004)	
	<i>FecX^L</i>	Lacaune	p.962 G→A	Cys321Tyr	L+: 3.3-7.2	L+: 1.75	Francia	Bodin et al. (2007)	
	<i>FecX^R</i>	Aragonesa	p.525-541 del (17 bp)	208Term	R+: 2.6	R+: 1.7	España	Martinez-Royo et al. (2008) Monteagudo et al. (2009)	
	<i>FecX^{Gr}</i>	Grivette	p.950 C→T	Thr317Ile	GrGr: 4.5	GrGr: 2.5	Francia	Demars et al. (2013)	
	<i>FecX^O</i>	Olkuska	p. 1009 A→C	Asn337His	OO: 3.2	OO: 3.0	Polonia	Demars et al. (2013)	
	<i>FecX^{Bar}</i>	Barbara Tunesina	p. 301 G→T; 302_304delCTA; 310insC	Ala101Cys Ter113	+/Bar: 2.0±0.7	+/Bar: 1.4±0.5	Túnez	Lassoued et al. (2017)	
	<i>G1 - G7</i>	(Belclare - Cambridge)	p. 260 G→A	Arg87His (G1), Sin cambio (G2,G3,G5), Glu241Lys (G4), Val332Ile (G6), Val371Met (G7)	-	-	Irlanda e Inglaterra	Hanrahan et al. (2004)	
	<i>GDF9</i>	<i>FecG^H</i>	High fertility (Belclare - Cambridge)	p. 1184 C→T	Ser395Phe	H+: 4.3	-	Irlanda e Inglaterra	Hanrahan et al. (2004)
		<i>FecG^T</i>	Toka islandesa	p.1279 A→>>C	Ser427Arg	T+: +1.2	T+: +0.7	Islandia	Nicol et al. (2009)
<i>FecG^E</i>		Santa Inés	p.1034T→>G	Phe345Cys	EE: 2.2	EE: 1.7	Brasil	Silva et al. (2010)	
<i>FecG^V</i>		Vacaria (Ile de France)	p. 943C→T	Arg315Cys	V+: 2.1	V+: 1.6	Brasil	Souza et al. (2014)	
<i>FecG^{NWS}</i> o <i>FecG^F</i>		Oveja blanca Noruega, Finnsheep	p. 1111G→A	Val371Met	NWSNWS: 2.4 FF: 4.4	NWSNWS: 2.3 FF: 0.46-0.57 más corderos	Noruega Irlanda e Inglaterra	Våge et al. (2013) Mullen y Hanrahan (2014)	

p. = posición en la secuencia nucleotídica, A = Adenina, G = Guanina, C = Citocina, T = Timina, Gln = Glutamina, Arg = Arginina, Thr = Treonina, Lys = Lisina, Val = Valina, Asp = Ácido aspártico, Ser = Serina, Ile = Isoleucina, Cys = Cisteína, Tyr = Tirosina, Asn = Asparagina, His = Histidina, Ala = Alanina, Leu = Leucina, Glu = Ácido glutámico, Met = Metionina, Phe = Fenilalanina, BB = booroola homocigota, M+ = Mehraban heterocigota, H+ = Hanna heterocigota, I+ = Inverdale heterocigota, B+ = Belclare heterocigota, G+ = Galway heterocigota, L+ = Lacaune heterocigota, R+ = raza aragonesa heterocigota, GrGr = Grivette homocigota, OO = Olkuska homocigota, +/Bar = Bárbara tunecina heterocigota, H+ = alta prolificidad heterocigota, T+ = Toka heterocigota, EE = Embraja homocigota, V+ = Vecaria heterocigota NWSNWS = ovejas blanca noruega homocigota, FF = Finnsheep homocigota.

Sin embargo, en algunas razas de ovinos con doble copia mutada tienen una alta tasa ovulatoria y prolificidad. Las variantes genéticas encontradas en estos genes de la fecundidad pueden ser utilizadas en la selección asistida por genes para implementar programas masivos de reproducción y de mejoramiento genético, y mejorar la eficiencia reproductiva y rentabilidad del rebaño.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento en los estudios de doctorado del primer autor, y al Colegio de Postgraduados por el financiamiento de toda la investigación.

LITERATURA CITADA

- Abdoli, R., Zamani, P., Deljou, A., & Rezvan, H. (2013). Association of BMPR-1B and GDF9 genes polymorphisms and secondary protein structure changes with reproduction traits in Mehraban ewes. *Gene*, 524(2), 296–303. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2013.03.133>
- Bodensteiner, K. J., Clay, C. M., Moeller, C. L., & Sawyer, H. R. (1999). Molecular Cloning of the Ovine Growth/Differentiation Factor-9 Gene and Expression of Growth/Differentiation Factor-9 in Ovine and Bovine Ovaries. *Biology of Reproduction*, 60(2), 381–386. <https://doi.org/10.1095/biolreprod60.2.381>
- Bodin, L., Di Pasquale, E., Fabre, S., Bontoux, M., Monget, P., Persani, L., & Mulsant, P. (2007). A novel mutation in the bone morphogenetic protein 15 gene causing defective protein secretion is associated with both increased ovulation rate and sterility in Lacaune sheep. *Endocrinology*, 148(1), 393–400. <https://doi.org/10.1210/en.2006-0764>
- Chu, M., Jia, L., Zhang, Y., Jin, M., Chen, H., Fang, L., ... Li, K. (2011). Polymorphisms of coding region of BMPR-1B gene and their relationship with litter size in sheep. *Molecular Biology Reports*, 38(6), 4071–4076. <https://doi.org/10.1007/s11033-010-0526-z>
- Chu, M. X., Liu, Z. H., Jiao, C. L., He, Y. Q., Fang, L., Ye, S. C., ... Wang, J. Y. (2007). Mutations in BMPR-1B and BMP-15 genes are associated with litter size in Small Tailed Han sheep (*Ovis aries*). *Journal of Animal Science*, 85(3), 598–603. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-324>
- Davis, G. H., Balakrishnan, L., Ross, I. K., Wilson, T., Galloway, S. M., Lumsden, B. M., ... Notter, D. R. (2006). Investigation of the Booroola (FecB) and Inverdale (FecXI) mutations in 21 prolific breeds and strains of sheep sampled in 13 countries. *Animal Reproduction Science*, 92(1–2), 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.06.001>
- Davis, George Henry. (2005). Major genes affecting ovulation rate in sheep. *Genetics Selection Evolution*, 37 Suppl 1, S11–S23. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-37-S1-S11>
- De Castro, F. C., Cruz, M. H. C., & Leal, C. L. V. (2016). Role of Growth differentiation factor 9 and bone morphogenetic protein 15 in ovarian function and their importance in mammalian female fertility - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(8), 1065–1074. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0797>
- Demars, J., Fabre, S., Sarry, J., Rossetti, R., Gilbert, H., Persani, L., ... Bodin, L. (2013). Genome-wide association studies identify two novel BMP15 mutations responsible for an atypical hyperprolificacy phenotype in sheep. *PLoS Genetics*, 9(4), e1003482. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003482>
- Galloway, S. M., McNatty, K. P., Cambridge, L. M., Laitinen, M. P. E., Juengel, J. L., Jokiranta, T. S., ... Ritvos, O. (2000). Mutations in an oocyte-derived growth factor gene (BMP15) cause increased ovulation rate and infertility in a dosage-sensitive manner. *Nature Genetics*, 25(3), 279–283. <https://doi.org/10.1038/77033>
- Gilchrist, R. B., Lane, M., & Thompson, J. G. (2008). Oocyte-secreted factors: regulators of cumulus cell function and oocyte quality. *Human Reproduction Update*, 14(2), 159–177. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmm040>
- Guo, X., Wang, X., Di, R., Liu, Q., Hu, W., He, X., ... Chu, M. (2018). Metabolic effects of FecB gene on follicular fluid and ovarian vein serum in sheep (*Ovis aries*). *International Journal of Molecular Sciences*, 19(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijms19020539>
- Hanrahan, J. P., Gregan, S. M., Mulsant, P., Mullen, M., Davis, G. H., Powell, R., & Galloway, S. M. (2004). Mutations in the genes for oocyte-derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (*Ovis aries*). *Biology of Reproduction*, 70(4), 900–909. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.103.023093>
- Juengel, J. L., Davis, G. H., & McNatty, K. P. (2013). Using sheep lines with mutations in single genes to better understand ovarian function. *Reproduction*, 146(4), 111–123. <https://doi.org/10.1530/REP-12-0509>
- Lassoued, N., Benkhilil, Z., Woloszyn, F., Rejeb, A., Aouina, M., Rekik, M., ... Bedhiaf-Romdhani, S. (2017). FecXBar a novel BMP15 mutation responsible for prolificacy and female sterility in Tunisian Barbarine sheep. *BMC Genetics*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12863-017-0510-x>
- Martinez-Royo, A., Jurado, J. J., Smulders, J. P., Martí, J. I., Alabart, J. L., Roche, A., ... Calvo, J. H. (2008). A deletion in the bone morphogenetic protein 15 gene causes sterility and increased prolificacy in Rasa Aragonesa sheep. *Animal Genetics*, 39(3), 294–297. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2008.01707.x>
- McNatty, K. P., Juengel, J. L., Reader, K. L., Lun, S., Myllymaa, S., Lawrence, S. B., ... Laitinen, M. P. E. (2005). Bone morphogenetic protein 15 and growth differentiation factor 9 co-operate to regulate granulosa cell function in ruminants. *Reproduction*, 129(4), 481–487. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00517>
- Miao, X., Luo, Q., Zhao, H., & Qin, X. (2016). Ovarian proteomic study reveals the possible molecular mechanism for hyperprolificacy of Small Tail Han sheep. *Scientific Reports*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep27606>
- Miyoshi, T., Otsuka, F., Nakamura, E., Inagaki, K., Ogura-ochi, K., Tsukamoto, N., ... Makino, H. (2012). Regulatory role of kit ligand-c-kit interaction and oocyte factors in steroidogenesis by rat granulosa cells. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 358(1), 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2012.02.011>
- Monteagudo, V. L., Ponz, R., Tejedor, M. T., Laviña, A., & Sierra, I. (2009). A 17 bp deletion in the Bone Morphogenetic Protein 15 (BMP15) gene is associated to increased prolificacy in the Rasa Aragonesa sheep breed. *Animal Reproduction Science*, 110(1), 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.01.005>
- Moore, R. K., & Shimasaki, S. (2005). Molecular biology and physiological role of the oocyte factor, BMP-15. *Molecular and Cellular*

- Endocrinology, 234(1), 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2004.10.012>
- Mullen, M. P., & Hanrahan, J. P. (2014). Direct evidence on the contribution of a missense mutation in GDF9 to variation in ovulation rate of Finnsheep. *PLoS ONE*, 9(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095251>
- Mulsant, P., Lecerf, F., Fabre, S., Schibler, L., Monget, P., Lanneluc, I., ... Elsen, J.-M. (2001). Mutation in bone morphogenetic protein receptor-1B is associated with increased ovulation rate in Booroola Mérino ewes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(9), 5104–5109. <https://doi.org/10.1073/pnas.091577598>
- Myers, M., & Pangas, S. A. (2010). Regulatory roles of transforming growth factor beta family members in folliculogenesis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, 2(1), 117–125. <https://doi.org/10.1002/wsbm.21>
- Nicol, L., Bishop, C. S., Pong-Wong, R., Bendixen, C., Holm, L.-E., Rhind, M. S., & Mcneilly, S. A. (2009). Specific GDF9 gene results in sterility in Thoka sheep. *Reproduction*, 138(6), 921–933. <https://doi.org/10.1530/REP-09-0193>
- Orisaka, M., Orisaka, S., Jiang, J.-Y., Craig, J., Wang, Y., Kotsuji, F., & Tsang, B. K. (2006). Growth Differentiation Factor 9 Is Antiapoptotic during Follicular Development from Preantral to Early Antral Stage. *Molecular Endocrinology*, 20(10), 2456–2468. <https://doi.org/10.1210/me.2005-0357>
- Otsuka, F., McTavish, K. J., & Shimasaki, S. (2011). Integral role of GDF-9 and BMP-15 in ovarian function. *Molecular Reproduction and Development*. <https://doi.org/10.1002/mrd.21265>
- Reader, K. L., Haydon, L. J., Littlejohn, R. P., Juengel, J. L., & McNatty, K. P. (2012). Booroola BMPR1B mutation alters early follicular development and oocyte ultrastructure in sheep. *Reproduction, Fertility and Development*, 24(2), 353–361. <https://doi.org/10.1071/RD11095>
- Sadighi, M., Bodensteiner, K. J., Beattie, A. E., & Galloway, S. M. (2002). Genetic mapping of ovine growth differentiation factor 9 (GDF9) to sheep chromosome 5. *Animal Genetics*, 33(3), 244–245. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2052.2002.t01-11-00876.x>
- Sanfins, A., Rodrigues, P., & Albertini, F. D. (2018). GDF-9 and BMP-15 direct the follicle symphony. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 35(10), 1741–1750. <https://doi.org/10.1007/s10815-018-1268-4>
- Silva, B. D. M., Castro, E. A., Souza, C. J. H., Paiva, S. R., Sartori, R., Franco, M. M., ... Melo, E. O. (2010). A new polymorphism in the growth and differentiation factor 9 (GDF9) gene is associated with increased ovulation rate and prolificacy in homozygous sheep. *Animal Genetics*, 42, 89–92. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02078.x>
- Souza, C. J. H., MacDougall, C., Campbell, B. K., McNeilly, A. S., & Baird, D. T. (2001). The Booroola (FecB) phenotype is associated with a mutation in the bone morphogenetic receptor type 1 B (BMPR1B) gene. *Journal of Endocrinology*, 169(2), R1–R6. <https://doi.org/10.1677/joe.0.169R001>
- Souza, C. J. H., McNeilly, A. S., Benavides, M. V., Melo, E. O., & Moraes, J. C. F. (2014). Mutation in the protease cleavage site of GDF9 increases ovulation rate and litter size in heterozygous ewes and causes infertility in homozygous ewes. *Animal Genetics*, 45(5), 732–739. <https://doi.org/10.1111/age.12190>
- Strauss, J. F., & Williams, C. J. (2019). Ovarian Life Cycle. In J. S. R. B. A. Gargiulo (Ed.), *Yen & Jaffe's Reproductive Endocrinology: Physiology, Pathophysiology, and Clinical Management: Eighth Edition (Eighth Ed)*, pp. 167–205.e9. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-47912-7.00008-1>
- Tang, J., Hu, W., Di, R., Liu, Q., Wang, X., Zhang, X., ... Chu, M. (2018). Expression analysis of the prolific candidate genes, BMPR1B, BMP15, and GDF9 in Small Tail Han ewes with three fecundity (FecB gene) genotypes. *Animals*, 8(166), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ani8100166>
- Våge, I. D., Husdal, M., Kent, P. M., Klemetsdal, G., & Boman, A. I. (2013). A missense mutation in growth differentiation factor 9 (GDF9) is strongly associated with litter size in sheep. *BMC Genetics*, 14(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-14-1>
- Wilson, T., Wu, X., Juengel, L. J., Ross, K. I., Lumsden, M. J., Lord, A. E., ... Montgomery, W. G. (2001). Highly prolific Booroola sheep have a mutation in the intracellular kinase domain of bone morphogenetic protein 1B receptor (ALK-6) that is expressed in both oocytes and granulosa cells. *Biology of Reproduction*, 64(4), 1225–1235. <https://doi.org/10.1095/biolreprod64.4.1225>

Costs and competitiveness in swine training farms in two communities in Mexico

Costos y competitividad en granjas porcinas de traspatio en dos comunidades de México

Hernández-Martínez, Juvencio^{1*}; Rebollar-Rebollar, Samuel²; Rodríguez-Licea, Gabriela³;
González-Razo, Felipe de Jesús²; Rebollar-Rebollar, Eulogio²; Ramírez-Abarca, Orsohe¹

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Texcoco. Km. 8.5 Carretera Texcoco-Los Reyes La Paz. Av. Jardín Zumpango s/n. Fracc. El Tejocote, Texcoco, Estado de México. C. P. 56259. ²Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Col. Barrio de Santiago s/n. Temascaltepec, Estado de México. C. P. 51300. ³Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca. Carretera Amecameca-Ayapango Km 2.5, Centro, Amecameca de Juárez, México. C. P. 56900.

*Autor para correspondencia: jhmartinez1412@gmail.com

ABSTRACT

Objective: to determine the profitability and competitiveness of backyard or family farms in the municipalities of Tejupilco and Luvianos, Mexico.

Methodology: the research was carried out in 2019, in the South of the State of Mexico, and was based on information from backyard pig farmers in the municipalities of Tejupilco and Luvianos. The Policy Analysis Matrix was the method used, with which the technical coefficient matrices were prepared and with the prices of the inputs and the product, the private budget matrix was obtained.

Results: Private returns were 36% in both municipalities, while private cost ratios were 0.35 in Luvianos and 0.39 in Tejupilco, so greater competitiveness was observed in the first municipality.

Implications of study: the results of this research are based solely on the analysis of family backyard farms, in which the majority is dedicated to fattening pigs, most of them operating, between 60% and 75 % of its installed capacity.

Conclusion: the indicators obtained in 2018 occurred in a context in which the nominal and constant prices of standing pigs evolved favorably for pig farmers, while the constant prices of the main inputs used in feeding the farmed and fattening farms declined significantly, making backyard farms profitable and competitive.

Keywords: pig family farmers, profitability, private cost relation.

RESUMEN

Objetivo: determinar la rentabilidad y competitividad de las granjas de traspatio o familiar de los municipios de Tejupilco y Luvianos, México.

Metodología: la investigación se realizó en 2019, en el Sur del Estado de México, y se basó en información proveniente de poricultores de traspatio de los municipios de Tejupilco y Luvianos. La Matriz de Análisis de Política fue el método utilizado, con lo que se elaboraron las matrices de coeficientes técnicos y con los precios de los insumos y del producto se obtuvieron la matriz de presupuesto privado.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 93-98.

Recibido: octubre, 2019. **Aceptado:** abril, 2020.

Resultados: Las rentabilidades privadas se ubicaron en 36% en ambos municipios, mientras que las relaciones de costo privado fueron de 0.35 en Luvianos y de 0.39 en Tejupilco, por lo que se observó una mayor competitividad en el primero municipio.

Implicaciones de estudio: los resultados se basan únicamente en el análisis de las granjas de traspatio familiar, en la que la mayoría se dedica a la engorda de cerdos, operando entre un 60% y 75% de su capacidad instalada.

Conclusión: Los indicadores obtenidos en 2018, ocurrieron en un contexto en que los precios nominales y constante del cerdo en pie, evolucionaron favorablemente para los porcicultores, en tanto que los precios de los principales insumos utilizados en la alimentación del pie de cría y engorda descendieron significativamente, por lo que las granjas de traspatio fueron rentables y competitivas.

Palabras clave: porcicultores de traspatio, rentabilidad, relación de costo privado.

excepto en Tejupilco y Luvianos, los cuales en los últimos años se han caracterizado por tener fuertes incrementos, el primero con 118.4% y el segundo 47.2% (SIAP, 2020). En el municipio de Tejupilco, se calcula que una alta proporción del consumo de carne de cerdo es cubierta por la producción del mismo municipio, pero también compite con la producción de Michoacán, Guanajuato y Jalisco.

La porcicultura de traspatio es una actividad encaminada a satisfacer su autoconsumo, pero también para tener ahorros, que generen una fuente secundaria de ingreso y seguridad alimentaria de la familia (Martínez et al., 2012; Rebatta et al., 2014). Las instalaciones de éste tipo de la porcicultura de traspatio sencillas con poca inversión en infraestructura y están adaptados de acuerdo a los recursos económicos del productor (Montero, 2015). En la alimentación de los cerdos en Tejupilco y Luvianos, el producto más utilizado es el concentrado comercial o el de elaboración propia del poricultor; cabe destacar que en la mayoría de éstas granjas se observó una nula utilización de desperdicios alimenticios para la engorda de los cerdos.

La limitada inversión en infraestructura y la atención familiar de las granjas han sido los factores que han contribuido a que siga subsistiendo ante las fluctuaciones de los precios de los insumos y precios del cerdo en pie. Por ello, el análisis de los costos en la producción porcícola de traspatio en los municipios de Tejupilco y Luvianos en el Estado de México, es importante para determinar si esta actividad productiva continúa siendo rentable y competitiva, ya que las relaciones de costo privado son menores a uno.

INTRODUCCION

El cerdo (*Sus scrofa ssp. domestica*) es una de las principales fuentes de proteínas de la población mexicana después del consumo de pollo (*Gallus gallus domesticus* L.). Es ingrediente principal de muchos platos. México es el octavo país de mundo que más carne de cerdo consume, llegando a los 12 kg per cápita en 2017, lo que se traduce en unos 2,1 millones de toneladas de carne porcina (Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México, 2018). De acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020), para cubrir el déficit del consumo en México, se ha tenido que realizar importaciones, principalmente de los Estados Unidos.

Con información del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI, 2011), en México se estima que existen alrededor de 979.3 mil unidades de producción con cría y explotación del cerdo, la cual se realiza en unidades productivas de traspatio y pequeñas granjas caseras (30%), en granjas comerciales semitecnificadas (20%) y en empresas tecnificadas (50%) (Montero y Martínez, 2015). En este sentido, se podrá observar la importancia de la porcicultura de traspatio, la cual continúa siendo una actividad productiva importante en la economía, ya que están encaminadas a tener ahorros y una fuente secundaria de ingreso y seguridad alimentaria de la familia, a través del autoconsumo (Rebatta et al., 2014).

El Estado de México, ocupa el quincuagésimo lugar en la producción nacional de carne de cerdo (SIAP, 2020); en la región Sur del Estado, y particularmente el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) de Tejupilco, destaca por su producción en los municipios de Tejupilco y Luvianos, caracterizados por la predominancia de la porcicultura de traspatio o familiar, la cual desempeña un papel importante en la economía familiar.

En 2018, la mayoría de los municipios que integran este DDR, tuvieron un descenso en la producción de carne de cerdo en canal con respecto al 2009,

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el mes de mayo de 2019, en el DDR de Tejupilco de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) donde se recolectó información con los productores que estuvieron dispuestos a proporcionarla (Cochran, 1985), y que pertenecen a la Asociación de Porcicultores del Sur del Estado de México. La recolección de los datos consideró a los productores de traspatio, 25 de Tejupilco y 20 de Luvianos, levantándose información sobre costos de producción y precios de venta del cerdo en pie; los cuales fueron validados con los distribuidores locales de insumos y de alimentos balanceados (Hernández *et al.*, 2008; Rebollar *et al.*, 2011). En este trabajo se consideró a las explotaciones de traspatio, tomando de referencia a Hernández *et al.* (2008), el cual consideró a aquellas granjas que tienen un tamaño de 9 a 20 vientres, y que en su mayoría compran alimento.

En el análisis de los costos de producción de las granjas de traspatio se utilizó la Matriz de Análisis de Política (MAP) desarrollado por Monke y Pearson (1989). Se elaboraron las matrices de coeficientes técnicos, de los precios de los insumos (comerciables y no comerciables), de los factores internos de producción, del presupuesto privado (precios de mercado) y de los coeficientes auxiliares; donde los insumos comerciables y no comerciables, son aquellos bienes que se pueden importar y exportar, en tanto que los factores internos, son los bienes que no se pueden comercializar a nivel internacional (Salcedo, 2007). Para efectuar el análisis del ingreso y calcular las ganancias, la información se organizó como se muestra en el Cuadro 1.

Los indicadores competitividad de la rentabilidad privada, la relación de costo privado, el valor agregado y el consumo fueron estimadas en base a las relaciones que se indican en el Cuadro 2.

La rentabilidad privada (RP) se utiliza para medir la proporción del ingreso adicional que recibe el productor por cada peso invertido, es el resultado de dividir la ganancia entre los costos de producción. Por su parte, la relación de costo privado

Cuadro 1. Estructura de la Matriz de Análisis de Política.

Concepto	Ingresos Totales	Costos de producción		Ganancias
		Insumos comerciables y no comerciables	Factores Internos	
Precios Privados	A	B	C	D

Fuente: Monke y Pearson (1989).

(RCP) indica el límite de la eficiencia del sistema de producción para mantener el pago de los factores internos, el cual incluye el retorno normal del capital; es decir, es el resultado de la diferencia de los valores iguales a cero, es decir $(A - B - C) = D = 0$ (Martínez *et al.*, 2015; Rebollar *et al.*, 2011; Salcedo, 2007). Si el valor de la RCP < 1, significa que el productor es competitivo y recibe ganancias extraordinarias, esto después de pagar a los factores de la producción. Si la RCP = 1, indica que no se obtienen ganancias extraordinarias, por lo que el productor solo paga a los factores de la producción. Si la RCP > 1 o RCP < 0 muestra que el sistema productivo no permite pagar el valor de mercado de los factores internos, además se tiene un valor negativo que indica que la actividad no es rentable ni competitiva (Rebollar *et al.*, 2011).

El valor agregado (VAIT) es la remuneración de los factores internos de la producción, así como la ganancia que obtiene el productor, su valor refleja el efecto del sistema de producción hacia el interior del propio sector productivo, mientras que el consumo intermedio (CIIT), son todas aquellas erogaciones destinadas a la adquisición de insumos indispensables en otros sectores de la economía (Salcedo, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSION

Costos privados, ingresos y ganancias

La estructura de los costos de producción de las granjas de traspatio, a nivel privado, para un kilogramo de carne en pie, abarcó principalmente, por los insumos comerciables, los factores internos y los insumos indirectamente comerciables (Cuadro 3). Los rangos calculados en la estructura porcentual en este trabajo, se sitúan en el promedio estimado por otros autores. Hernández *et al.* (2008) estimó para las granjas de traspatio, para la misma región en 2006, con un 72.3% para insumos comerciables, 15% para factores internos y 12.7% para insumos no comerciables.

Cuadro 2. Indicadores de rentabilidad y competitividad a precios privados.

Indicador	Variables
Rentabilidad Privada	$CRP = D / (B + C)$
Relación del Costo Privado	$RCP = C / (A - B)$
Valor Agregado en el Ingreso Total	$VAIT = (A - B) / A$
Consumo Intermedio en el Ingreso Total	$CIIT = B / A$

Fuente: Monke y Pearson (1989).

Cuadro 3. Costos privados de producción, ingresos y ganancias de la carne del cerdo en pie el Sur del Estado de México

Concepto	Tejupilco		Luvianos	
	(\$ kg ⁻¹)	(%)	(\$ kg ⁻¹)	(%)
a) Insumos Comerciables	16.85	71.1	17.8	73.5
Alimentación pie de cría	2.31	9.8	2.72	11.2
Alimentación engorda	13.25	55.9	13.78	56.9
Vacunas	0.01	0.0	0.01	0.0
Farmacéuticos	0.44	1.8	0.42	1.7
Desinfectantes	0.02	0.1	0.02	0.1
Detergentes	0.00	0.0	0.00	0.0
Combustibles	0.83	3.5	0.86	3.6
Materiales diversos	0.00	0.0	0.00	0.0
b) Factores Internos	3.61	15.7	3.45	14.2
Personal profesional	0.00	0.0	0.00	0.0
Personal operario	3.63	15.3	3.35	13.8
Créditos	0.00	0.0	0.00	0.0
Uso de agua	0.00	0.0	0.00	0.0
Electricidad	0.09	0.4	0.09	0.4
c) Insumos Indirectamente Comerciables	3.12	13.2	2.96	12.2
Pie de cría	0.78	3.3	0.85	3.5
Vehículos	0.51	2.2	0.51	2.1
Instalaciones	1.83	7.7	1.60	6.6
d) Gastos Diversos	0.00	0.0	0.00	0.0
Costo Total	23.69	100.0	23.21	100.0
Ingreso Total	29.50		30.50	
Ganancia	5.81		6.29	

Autores como Sosa *et al.* (2000), indican que, dentro de los costos de producción, la alimentación ocupó entre 64.72 % y 93.73 %, por lo que un cambio significativo en la cantidad de alimento o un aumento de su precio afecta al costo, y deteriora las ganancias. Magaña *et al.* (2002) registraron que los costos por alimento se ubican entre 65 y 95%, y que la estructura de costos de producción se compone mayoritariamente por los insumos comerciales, los insumos indirectamente comerciales, los factores internos y gastos diversos, en ese orden; en tanto que Bobadilla *et al.* (2015) obtuvieron valores entre 56.3 y 83.8% de los costos constituidos por alimento; la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA, 2006) reporta un rango de 58% a 85% a los alimentos; y Martínez *et al.* (2015), estimaron 86.5% para insumos comerciales, factores internos 6.8%, y 6.7% para insumos indirectamente comerciales.

El Cuadro 3 muestra que la diferencia entre ingresos y costos unitarios generan ganancias positivas para los poricultores de traspatio de Tejupilco y Luvianos, y estas diferencias se lograron gracias a los precios atractivos de los precios de venta del cerdo en pie, que prevalecieron en esta región. Al respecto, cabe indicar que en los últimos seis años los precios pasaron de \$20.20 por kg, a \$30.00, lo cual, en términos nominales significó un aumento de 13.6%, y en términos constantes tuvieron un crecimiento de 3.8%, es

decir, el precio del cerdo supero su poder adquisitivo (OPORPA, 2020; SIAP, 2020). Lo anterior, también se observó, al comparar los costos de producción de las granjas de traspatio calculadas en 2006 por Hernández *et al.* (2008), los cuales tuvieron incrementos nominales que variaron entre 79.5% y 83.4%, los cuales, en términos constantes, representaron descensos del orden de entre 9.3% y 11.3%.

El descenso de los costos se verificó en los descensos ocurridos en los precios de las materias primas en 2018 comparados con los del 2012, las cuales descendieron 4.5% y 7.4%, para el sorgo (*Sorghum bicolor* L.), mientras que para el maíz amarillo (*Zea mays* L.) osciló de 4.6% a 7.4%, y para la pasta de soya (*Glycine max* L.) 1.9%; sin embargo, estos aumentos fueron rebasados por las disminuciones, en términos constantes de 22% y 29.1% (OPORPA, 2020; SIAP, 2020). En este mismo periodo, los precios del cerdo en pie, tuvieron incrementos nominales suficientes, de tal manera que el precio en términos constantes, registró crecimiento positivo de 3.1% (SIAP, 2020; OPORPA, 2020). Lo que generó un escenario atractivo para los poricultores, y por consiguiente obtuvieron ganancias positivas, facilitando que las granjas de traspatio continuaran como actividad productiva. Este tipo de granjas son las que más se han sostenido ante los movimientos ocurridos en los costos de producción, debido a que son de manejo familiar, requieren poca inversión en activos fijos, o simplemente se adaptan a las necesidades de la granja, manteniéndose en el nivel mínimo de operación (Hernández *et al.*, 2008; Montero, 2015; Martínez *et al.*, 2012)

Rentabilidad privada (RP)

En el año de 2018, la rentabilidad privada en las granjas de traspatio de Tejupilco y Luvianos tuvieron el mismo nivel de rentabilidad, y en términos de la inversión realizada por los porcicultores significó que por cada peso invertido las granjas de traspatio obtuvieron \$0.36 pesos (Cuadro 4).

Estos valores de rentabilidad son superiores a los estimados en 2006 por Hernández *et al.* (2008), las cuales fueron de 11% para las de traspatio, 12 % para las granjas semi tecnificadas, y 13% para las tecnificadas. Martínez *et al.* (2015), reportaron rentabilidad de 8% a 12%, pero en algunas unidades de producción reportaron rentabilidades negativas. Bobadilla *et al.* (2013) mencionan valores de 35% para granjas productoras de lechón en el Estado de México.

Relación de costo privado (RCP)

En 2018, la relación del costo privado (RCP) fluctuó entre 0.35 y 0.39, siendo el valor más bajo en Luvianos y el más elevado en Tejupilco, indicando que el primer municipio es más competitivo que el segundo, en términos de uso de factores internos, lo cual puede explicarse por menor pago por estos recursos, ya que no se consideró el costo de oportunidad de éstos, por lo que el valor de los factores internos están subestimadas, tal es caso de la mano de obra y algunos activos como terreno e instalaciones (Cuadro 4). Al respecto, Hernández *et al.* (2008), calcularon para la misma región en 2006, una RCP que osciló entre 0.53 y 0.58, siendo el primer valor para la tecnificada y la segunda para las de traspatio, por lo que supone que los valores actualmente obtenidos indican un aumento de la competitividad. Otros autores como Barrón *et al.* (2000), calcularon relaciones de costos privado de entre 0.84 y 1.68, siendo el más elevado para las granjas pequeñas y el valor más bajo para las granjas grandes, por lo que dedujo que estas últimas fueron más competitivas Magaña *et al.* (2002), estimaron una RCP que fluctuó entre 0.34 y 0.81, señalando que el valor más pequeño es el de mayor eficiencia y competitividad; mientras que Hernández *et al.* (2019) cuantificó relaciones del costo privado favorables menores a la unidad, lo cual significó ganancias positivas para las granjas, manteniéndose como unidades producción rentables y competitivas; éste último autor, indicó que la granja dedicada a la producción de lechón fue la que obtuvo una menor relación del costo privado (RCP), con 0.36, lo que equivale que los factores

internos representaron 36%, y las ganancias 64% dentro del valor agregado.

Valor agregado (VAIT) y Consumo Intermedio (CIIT)

En 2018, el valor agregado (VAIT) y así como en el consumo intermedio obtenido en las granjas de traspatio de los dos municipios fue similar, reflejando un valor agregado inferior, y un elevado consumo intermedio (Cuadro 4). Dichos valores fueron ligeramente mayores a los que calcularon Hernández *et al.* (2008) en el 2006, cuyos valores oscilaron entre 23 y 24%, mientras que para el consumo intermedio estimaron valores que fluctuaron entre 76 y 77%; en tanto que Magaña *et al.* (2002) registraron un valor agregado que fluctuó entre 11.4 y 24%, registrando el valor agregado más bajo en el contexto ejidal tecnificado (propiedad social) y el más elevado en el privado tecnificado, mientras que el consumo intermedio se situó entre 68.4 y 87.4%, siendo el valor agregado mayor en la ejidal semi tecnificado.

CONCLUSIONES

Las granjas de traspatio de Tejupilco y Luvianos, presentaron rentabilidades positivas y relaciones de costos privados (RCP) menores a uno. Los factores que contribuyeron a que los porcicultores tuvieran ganancias, fue que los ingresos superaron a los costos, debido al descenso nominal y constante en el precio de los insumos alimenticios, y por la otra, que los precios del cerdo en pie, en términos constantes, fueron mayores a los registrados en los seis últimos años. Lo anterior, hizo que las granjas de traspatio, continuaran siendo el principal sustento de la economía porcícola de la región, por la poca inversión realizada en la infraestructura, y a que buena parte del manejo de éstas unidades está basada en la utilización de la mano de obra familiar, lo que les ha permitido seguir siendo una actividad rentable y competitiva en esta región.

Cuadro 4. Resumen del presupuesto a precios privados o de mercado por granja porcina en el Sur del Estado de México

Municipio	Concepto	2018
Tejupilco	Rentabilidad privada (%)	0.36
	Relación de costos privado	0.39
	Consumo intermedio en el ingreso total (%)	0.68
	Valor agregado en el ingreso total (%)	0.32
Luvianos	Rentabilidad privada (%)	0.36
	Relación de costos privado	0.35
	Consumo intermedio en el ingreso total (%)	0.68
	Valor agregado en el ingreso total (%)	0.32

LITERATURA CITADA

- Barrón-Aguilar, J.F., García-Mata, R., Mora-Flores, J.S., López-Díaz, S., Pró-Martínez, A. & García-Sánchez, R.C. (2000). Competitividad y efectos de política económica en la producción de cerdo en pie de 13 granjas porcícolas en el estado de Michoacán, 1995. *Agrociencia*, 34, 356-377.
- Bobadilla-Soto, E. E., Espinoza-Ortega, A., Martínez-Castañeda, F. E. (2013). Competitividad y rentabilidad en granjas porcinas productoras de lechón. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(1), 87-92.
- Cochran, William, G. 1984. *Técnicas de Muestreo*. Editorial C.E.C.S.A. México, D. F.
- García-Sánchez, R.C., Matus Gardea, J.A, García-Mata, R., Omaña-Silvestre, J.M. & García-Delgado, G. (2000). Competitividad de nueve granjas porcícolas en Tehuacán, Puebla, en 1995. *Agrociencia*, 34, 99-106.
- Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., Rojo-Rubio, R., García-Salazar, J.A., Guzmán Soria, E., Martínez-Tinajero, J.J. & Díaz-Carreño, M.A. (2008). Rentabilidad privada de las granjas porcinas en el sur del estado de México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*, 24(2), 117-124.
- Hernández-Cruz, R., García-Mata, R., García-Salazar, J.A., Sagarnaga-Villegas, L.M., Mora-Flores, J.S. (2019). Rentabilidad de diez granjas porcícolas en 2018 de Tarimoro, Guanajuato, México. *Agro productividad*, 12 (6), 3-8. doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1118
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. (2009). Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/default.html#Tabulados>
- Magaña-Magaña, M.A, Matus-Gardea, J.A, García-Mata, R., Santiago-Cruz, M.J., Martínez-Damián, M.A. & Martínez-Garza, A. (2002). Rentabilidad y efectos de política económica en la producción de carne de cerdo en Yucatán. *Agrociencia*, 36(6), 737-747.
- Martínez-Medina, I., Val-Arreola, D., Tzintzun-Rascón, R., Conejo-Nava, J.J. & Tena-Martínez, M. J. (2015). Competitividad privada, costos de producción y análisis del punto de equilibrio de unidades representativas de producción porcina. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(2), 193-205. doi: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v6i2.4063>
- Monke A.E. & Pearson, R.S. (1989). The Policy Analysis Matrix for Agricultural Development. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/03_3_pambook.pdf
- Montero, L. E. M. (2015). Características de la producción porcina. En: Montero, L. E. M., Martínez, G. R. G., Herradura, L. M. A. Alternativas para la producción porcina a pequeña escala. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Méx. Recuperado de http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Alternativas_Porcina.pdf
- Montero, L. E. M. y Martínez, G. R. (2015). Situación de la porcicultura a pequeña escala. En: Montero, L. E. M., Martínez, G. R. G., Herradura, L. M. A. Alternativas para la producción porcina a pequeña escala. Universidad Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Méx. p. 15-48. http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Alternativas_Porcina.pdf
- Rebollar-Rebollar, A., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., Guzmán-Soria, E., García-Martínez, A., González-Razo, F. J. (2011). Competitividad y rentabilidad de bovinos en corral en el sur del Estado de México, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 691-698.
- Salcedo, B. S. (2007). Competitividad de la Agricultura en América Latina y el Caribe. Matriz de Análisis de Política: Ejercicios de Cómputo. FAO. Santiago, Chile.
- SEPSA (Secretariado Ejecutivo de Planeación). (2006). Estudio de Competitividad de la Porcicultura en Costa Rica con la Metodología de la Matriz de Análisis de Política (MAP). San José, Costa Rica. Recuperado de http://www.fao.org/ag/againfo/themes/documents/pigs/Estudio_de_Compertividad_de_la_Porcicultura_en_Costa_Rica_MAP.pdf
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera). (2020) Estadísticas de producción anual ganadera. Anuario estadístico de la producción ganadera. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
- SNIIM (Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados). (2018). Recuperado de <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/MenPec.asp?var=Por>
- Sosa-Montes, M., García-Mata, R., Omaña-Silvestre, J. M., López-Díaz, S. & López-López, E. (2000). Rentabilidad de doce granjas porcícolas en la región noroeste del estado de Guanajuato en 1995. *Agrociencia*, 34(1), 107-113.
- Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México. (2018), El mercado de la carne de cerdo en México. Edit. ICEX España Exportación e Inversiones. <http://www.icex.es/icex/GetDocumento/icex/DOC2018802421.html>



Potential impacts of dry SO₂ deposition on crop yields in Mexico; a national scale approach

Impactos potenciales de depósitos secos de SO₂ en rendimientos de cultivos en México; una aproximación a escala nacional

Azuara-García, Guadalupe¹; Palacios-Rosas, Efrén¹; Palacios-Corte, Veranda¹; Rosas-Burgess, Carlos A.¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla, México, C. P. 72592

*Autor para correspondencia: guadalupe.azuara@viep.com.mx

ABSTRACT

Objective: the purpose of this work is to initiate a large scale approach of potential effects of SO₂ on agricultural yields in Mexico as it is one of the major emitting countries of a compound with high impacts on vegetation.

Design/methodology/approximation: it is presented a statistical analysis of correlation (R) and linear regression (R²) between yields of 23 crops and average SO₂ ha⁻¹ concentrations at municipal level by 2011. Crops were differentiated according to its access to water (irrigated and rainfed), its life cycle (annual or perennial), and its sensitivity or resistance to SO₂. The P-value was applied in order to eliminate randomness in correlations. Significant correlation was observed in nine crops which accomplished simultaneously R≥20%; R²≥0.05; and P-value<0.05: plum, feed oat (green), feed oat (dried), oat (grain), feed barley (green), feed barley (dried), feed corn (green), melon and grape.

Results: the average yields of the correlated crops were compared in three spatial contexts: national, municipalities with SO₂>0, and municipalities with the highest SO₂ concentrations. For the latter, the average yields of the resistant crops in the rainfed modality were 1.7 to 5.2 times greater than the national average, whereas for the sensitive crops, the yields were 12.9% to 57.8% lower. In the irrigated modality, the resistant crops obtained an increase of 59%, meanwhile sensitive crops throw yields 22% to 51.7% lower.

Findings/conclusions: for the analyzed crops, it is suggested a proportionally greater positive impact in yields.

Keywords: sulfur dioxide, contamination, potential effects.

RESUMEN

Objetivo: iniciar una aproximación de gran escala de efectos potenciales del SO₂ en rendimientos de cultivos por el alto impacto de éste en la vegetación y por los grandes volúmenes que México emite del compuesto a nivel global.

Diseño/metodología/aproximación: se realizó un análisis estadístico de correlación (R y R²) entre rendimientos (23 cultivos) y concentraciones SO₂ ha⁻¹ a nivel municipal para 2011. Los cultivos se diferenciaron de acuerdo a su modalidad (temporal y riego), ciclo (anual y perenne) y condición de resistencia o sensibilidad al SO₂. Se aplicó la prueba P-valor para eliminar aleatoriedad.

Resultados: se obtuvo correlación significativa en nueve cultivos (ciruela, avena forrajera verde y seca, avena grano, cebada forrajera verde y seca, maíz forrajero verde, melón y uva) que cumplieron simultáneamente las condiciones de $R \geq 20\%$; $R^2 \geq 0.05$; y $P\text{-valor} < 0.05$. En ellos se realizó un comparativo de rendimientos promedio en tres ámbitos: nacional, municipios con $SO_2 > 0$, y municipios con las mayores concentraciones de SO_2 . Para este último grupo, comparado con el promedio nacional, los rendimientos de los cultivos resistentes en la modalidad de temporal fueron entre 1.7 y 5.2 veces más altos, y para los sensibles se observaron promedios de 12.9% a 57.8% más bajos. En la modalidad de riego, se observaron promedios 51% más altos en los resistentes, y de un 22% a un 51.7% menores en los sensibles.

Hallazgos/conclusiones: se observó un efecto positivo proporcionalmente mayor que el negativo en rendimientos de cultivos resistentes y sensibles, respectivamente.

Palabras clave: dióxido de azufre, contaminación, efectos potenciales.

Aunque no se pueden generalizar impactos negativos o positivos de las concentraciones de SO_2 depositado debido a que su proceso oxidativo-reductor depende de la especie vegetal, el contenido de azufre en el suelo, la concentración y duración de la exposición, así como de la etapa del desarrollo de la planta (Agrawal, 2003), a nivel internacional se ponderan los efectos benéficos del compuesto como aporte nutricional fundamental de la vegetación, esto, una vez metabolizado para completar la demanda de azufre como nutriente (Agrawal, 2003) en los lugares con suelos naturalmente deficitarios de S y donde las prácticas agronómicas remueven grandes cantidades de azufre a través de la exportación de biomasa (Lucheta & Lambais, 2012). De tal manera que otro efecto positivo del SO_2 depositado es la recuperación de suelos sódicos o alcalinos (Corrales-Maldonado *et al.*, 2014), mientras que grandes acumulaciones provocan la acidificación de los mismos con efectos nocivos para la agricultura (Rennenberg, 1984).

La dualidad de México consiste en que además de ser un gran emisor de SO_2 , también es un país con vastas extensiones de suelos deficitarios de S al norte, sur y sureste del país; en el primer caso se trata de la mayor proporción nacional de zonas áridas y semiáridas, para las cuales se han propuesto alternativas de fertilización con azufre (Corrales-Maldonado *et al.*, 2014). En términos de la medición de las emisiones, México carece de inventarios sistemáticos, periódicos y actualizados, no obstante, existe un Inventario nacional de emisiones de buques (INEB) elaborado por (Bandemehr *et al.*, 2015) y mejorado por

INTRODUCCIÓN

La presencia del SO_2 en la atmósfera, emitido por vulcanismo o por procesos antropogénicos, principalmente de combustión de fósiles sulfurados como carbón, petróleo, gas natural, etc., constituye un gas nocivo para la salud humana (OMS, 2002, 2005) El SO_2 , una vez removido de la atmósfera mediante deposición húmeda y seca -después de un tiempo de vida de aproximadamente 25 horas (Seinfeld & Pandis, 2006), y sigue transformándose en suelos y vegetación. En 2018, México se ubicó como el cuarto país con más emisiones antropogénicas de dióxido de azufre (con 1897 kt año^{-1}) a nivel internacional (Dahiya & Myllyvirta, 2019), y su contribución global ha sido alta desde 2005, de acuerdo con el Ozone Monitoring Instrument (OMI) de la NASA (Global SO_2 pollution map - Google My Maps, n.d.). A esos volúmenes se deben sumar al país las emisiones de origen volcánico, que llegaron a 432 kt anuales en 2018 (18.5% del total de ese año) y constituyen casi una cuarta parte de las emisiones de México de 2005 a la fecha.

El SO_2 es la principal forma de azufre atmosférico que afecta la vegetación; a bajas concentraciones presenta efectos benéficos en la productividad vegetal pero ante grandes ingestas causa efectos dañinos en el desarrollo de las plantas (Agrawal, 2003); de ahí la importancia de evaluar sus impactos en la agricultura a nivel nacional por implicaciones potenciales en la seguridad alimentaria.

Como se ha demostrado desde hace más de un siglo, el azufre (S) es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, y aunque éste se encuentra de forma abundante en el planeta, su distribución geográfica es desigual y se expresa en suelos con deficiencia de S (Lucheta & Lambais, 2012); por tal razón, no todos los suelos satisfacen las necesidades de azufre de las plantas en la concentración y forma y apropiada, convirtiéndose el SO_2 en una fuente adicional de S para la vegetación que crece en suelos deficitarios de dicho nutriente. (Rennenberg, 1984).

(Mora et al., 2018) en combinación con la modelación de la calidad del aire, cuyos resultados de concentraciones en el territorio nacional se utilizan en el presente trabajo para evaluar los impactos del dióxido de azufre en los cultivos. El objetivo de este estudio, fue identificar la correlación entre concentraciones de SO_2 depositado en suelo, y los rendimientos de cultivos en México, a una desagregación espacial municipal para observar efectos potenciales benéficos o perjudiciales del SO_2 en la agricultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cartográficos. Los datos de las concentraciones de SO_2 se tomaron de los resultados obtenidos por (Mora et al., 2018). Los valores de rendimientos provienen del Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) (Programa Gobierno en Línea, 2016) para el año correspondiente con el inventario (2011) en su desagregación municipal. El formato espacial de los resultados de la modelación de las emisiones fue en celdas de 0.25×0.25 grados (aprox. $27.7 \text{ km} \times 27.7 \text{ km}$) teniendo por unidad de medida mol m^{-2-1} , por lo que un primer paso para establecer la comparabilidad de ambos valores, consistió en transformar las concentraciones de SO_2 por celda a promedios municipales de SO_2 por hectárea (gr ha^{-1}) con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG), aplicando un *ajuste espacial* para garantizar el traslape cartográfico, ya que se encontró un desplazamiento importante del dominio modelado con la cartografía nacional (INEGI, 2018) en el mismo sistema de coordenadas geográficas (WGS, 1984). Posteriormente se realizaron *estadísticos zonales* en el SIG para obtener valores de concentración promedio de SO_2 con-

sistentes por municipio en formato vectorial. Derivado del procedimiento espacial, se identificaron 998 municipios con presencia de depósitos secos de SO_2 ($\text{SO}_2 > 0$) considerados como el área de estudio (AE), que ocupan una superficie de $1,641,940.6 \text{ km}^2$ equivalente al 83.9% del territorio nacional (Figura 1).

Estadísticos. Se realizaron dos aproximaciones estadísticas: Un análisis bivariado entre concentraciones promedio de SO_2 (en g ha^{-1}) y rendimientos de cultivos (t ha^{-1}) para inferir una posible vinculación entre ambas variables a través del coeficiente de correlación (R) y de la regresión lineal (R^2). Adicionalmente, con el propósito de eliminar la aleatoriedad a los resultados de las correlaciones, se aplicó la prueba P-valor.

La segunda aproximación estadística consistió en un análisis comparativo de rendimientos por cultivo (aquellos que resultaron con correlaciones significativas y no aleatorias) para tres conjuntos espaciales: promedio nacional, promedio del AE, y promedio de los municipios con muy altas concentraciones (MMAC) de SO_2 para 2011.

La selección de los cultivos de este trabajo partió de la clasificación identificada en la literatura (Callisaya, 2015; Castillo, 2010), quienes identifican cultivos sensibles (CS) y resistentes (CR) a concentraciones de SO_2 . En esta aproximación de gran escala se consideraron inicialmente 23 cultivos en los que se hace la distinción entre los anuales (A) y perennes (P), conforme al Cuadro 1.

Los cultivos se diferenciaron de acuerdo a su modalidad de acceso al agua (Temporal (Te) y Riego (Ri)), de tal modo que se pudiera identificar para cada cultivo el impacto de la irrigación en la variabilidad de los rendimientos, y si éste modificaba las correlaciones.

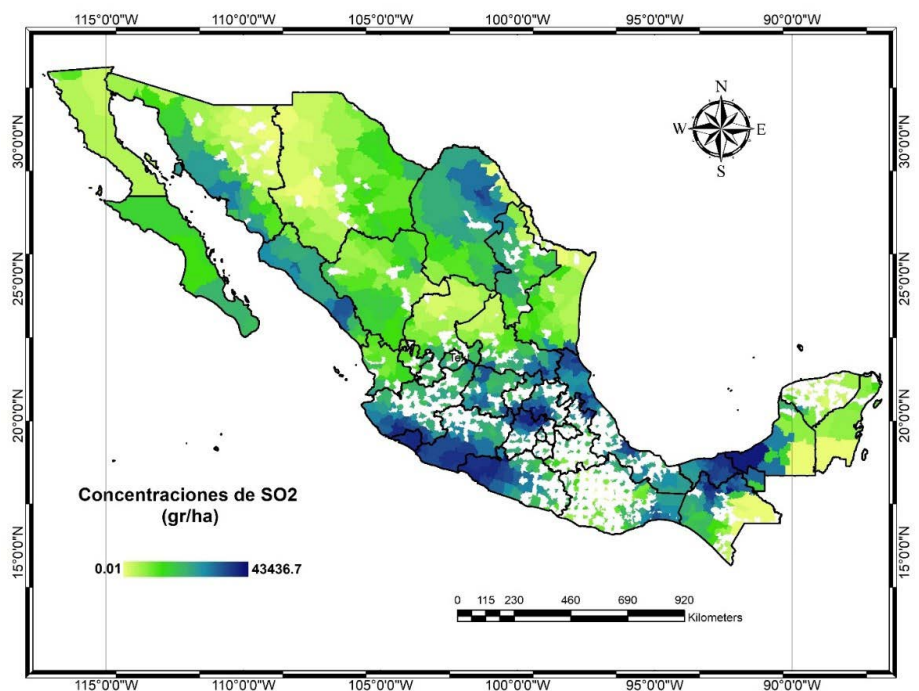


Figura 1. Distribución de las concentraciones de SO_2 por municipio en México en g ha^{-1} .

Cuadro 1. Conjunto inicial de cultivos de acuerdo y su sensibilidad a al SO₂ conforme a literatura y su ciclo de cultivo.

Nombre científico	Cultivo	Ciclo	Sens/	Nombre científico	Cultivo	Ciclo	Sens/
<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa FV*	P	CS	<i>Pisum sativum</i>	Arvejón	A	CS
<i>Prunus domestica</i>	Ciruela	P	CS	<i>Avena sativa</i>	Avena FS**	A	CS
<i>Juglans regia</i>	Nuez	P	CS		Avena FV*	A	CS
<i>Musa paradisiaca</i>	Plátano	P	CS		Avena grano	A	CS
<i>Vitis</i>	Uva	P	CS	<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada FA***	A	CS
<i>Cucurbita pepo</i>	Calabacita	A	CR		Cebada FV*	A	CS
<i>Cucurbita maxima</i>	Calabaza	A	CR		Cebada grano	A	CS
<i>Zea mays</i>	Maíz FV*	A	CR	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol	A	CS
	Maíz grano	A	CR	<i>Vicia faba</i>	Haba grano	A	CS
<i>Cucumis melo</i>	Melón	A	CR		Haba verde	A	CS
<i>Cucumis sativus</i>	Pepino	A	CR	<i>Triticum aestivum</i>	Trigo grano	A	CS
<i>Daucus carota</i>	Zanahoria	A	CR				

Sens/= Sensibilidad, *FV = Forrajero verde, **FS = Forrajero seco, ***FA = Forrajero achicalado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del Coeficiente de correlación (R)

Modalidad temporal: Se obtuvieron valores muy altos de correlación (>75%) en zanahoria y cebada FS; correlación alta (50 a 75%) en alfalfa FV, avena SF y melón; correlación media (25 a 50%) en cinco cultivos, y débil correlación (de hasta 25%) en los restantes 12 cultivos, como se describe en el Cuadro 2. El cultivo de la uva no tuvo observaciones suficientes (N.D) en esta modalidad para 2011.

Modalidad riego: Se observó un solo cultivo con correlación muy alta (alfalfa FV); correlación alta en tres cultivos (avena grano, cebada FV, y haba grano); correlación media en tres (uva, avena FV y cebada grano); y correlación débil en 15 cultivos. El cultivo arvejón no tuvo suficientes observaciones (Cuadro 2).

Resultados de la regresión lineal (R²)

Modalidad Temporal: de acuerdo con el Cuadro 2, los valores significativos (≥0.05) se presentaron en 12 cultivos: alfalfa FV, ciruela, arvejón, avena FS, calabaza, cebada grano, cebada FV, haba verde, maíz FV, melón, pepino y zanahoria. Modalidad Riego: Ocho cultivos presentaron valores significativos: va, avena FV, avena grano, calabaza, cebada FV, cebada grano, haba grano y maíz FV.

Resultados de la prueba P-Valor

Los cultivos con valores <0.05 en P fueron: ciruela, avena FS, cebada FS y cebada FV, maíz FV y melón, todos ellos de temporal. En Riego: uva, avena FV, avena grano, calabacita, cebada FV y maíz FV. Con los resultados obtenidos, los cultivos que tanto en riego como en tem-

poral cumplieron simultáneamente las siguientes condiciones estadísticas: 1) P-valor<0.05; 2) R²≥0.05; y 3) R≥20%, fueron considerados como correlacionados en este estudio.

En la modalidad de temporal se trató de ciruela, avena FS, cebada FA, cebada FV, maíz FV y melón. En la modalidad de riego se registraron uva, avena FV, avena grano, cebada FV y maíz FV conforme al Cuadro 2. La cebada FV y el maíz FV fueron cultivos consistentes en las correlaciones de ambas modalidades de acceso al agua.

Resultados del comparativo de rendimientos. Se implementó para los cultivos de acuerdo a su modalidad y a su sensibilidad o resistencia al SO₂. El grupo MMAC mostró con mayor claridad la tendencia negativa o positiva de los rendimientos de los cultivos sensibles y resistentes, respectivamente, respecto del promedio nacional. El número de los municipios con muy altas concentraciones de SO₂ varía de acuerdo al cultivo; para definir las clases de dicho grupo por cultivo se utilizó el método *natural breaks* (que las estableció a partir de las diferencias relativamente grandes entre los valores de concentración de dióxido de azufre); considerando la primera, o la primera y segunda clases delimitadas, con el objetivo de contar con suficientes municipios en la comparación, obteniendo los siguientes valores: en Temporal los CS de los MMAC tuvieron en melón y ciruela rendimientos 12.9% y 57.8% menores que su media nacional respectivamente; mientras que los CR fueron mayores en 2.6, 5.2, 1.7 y 2.2 veces el promedio nacional para avena FS, cebada FA, cebada FV y maíz FV respectivamente, (Figura 2a, b). En Riego: el CS avena grano registró rendimientos pro-

Cuadro 2. Valores de Coeficiente de correlación (R), Regresión lineal (R²) y prueba P-valor entre concentraciones de SO₂ y rendimientos por cultivo y modalidad para 2011.

Ciclo	Cultivo	Nombre científico	Temporal			Riego		
			R	R ²	P-valor	R	R ²	P-valor
P	Alfalfa FV*	<i>Medicago sativa</i>	-65.5	0.429	0.16	-0.85	0	0.9
P	Ciruela	<i>Prunus domestica</i>	-22.4	0.05	0.03	-6.7	0.005	0.8
P	Nuez	<i>Juglans regia</i>	-9.7	0.009	0.7	4.3	0.0018	0.6
P	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	-0.1	0	0.9	16.6	0.028	0.2
P	Uva	<i>Vitis</i>	N.D	N.D	N.D	36.6	0.134	0.04
A	Arvejón	<i>Pisum sativum</i>	-36	0.13	0.28	N.D	N.D	N.D
A	Avena FS**	<i>Avena sativa</i>	53.4	0.286	0.07	-19.2	0.037	0.57
A	Avena FV*		13.9	0.019	0.07	32.8	0.108	0.0000001
A	Avena grano		3	0.009	0.9	-50.2	0.252	0.017
A	Calabacita	<i>Cucurbita pepo</i>	-21.7	0.047	0.2	-19.5	0.038	0.004
A	Calabaza	<i>Cucurbita maxima</i>	-25.3	0.064	0.2	-23.2	0.054	0.3
A	Cebada FA***	<i>Hordeum vulgare</i>	93.8	0.88	0.02	8.8	0.007	0.9
A	Cebada FV*		36.6	0.134	0.026	67.9	0.461	2.00E-10
A	Cebada grano		-6.7	0.005	0.6	-26.4	0.07	0.1
A	Frijol	<i>Phaseolos vulgaris</i>	2.5	0	0.56	7.8	0.006	0.1
A	Haba grano	<i>Vicia faba</i>	-11.6	0.014	0.59	-59.3	0.352	0.07
A	Haba verde		23.3	0.054	0.3	5.7	0.0033	0.7
A	Maíz FV*	<i>Zea mays</i>	28.7	0.082	0.003	22.4	0.05	0.01
A	Maíz grano		-1.8	0.0003	0.6	2.1	0.00005	0.6
A	Melón	<i>Cucumis melo</i>	-69.7	0.486	0.00008	4.2	0.0018	0.66
A	Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	28.8	0.083	0.14	-5.6	0.0032	0.5
A	Trigo grano	<i>Triticum aestivum</i>	4.4	0.0019	0.7	4.9	0.0024	0.54
A	Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	81.7	0.667	0.09	-15.2	0.023	0.29

medio 51% más bajos en los MMAC que el promedio del país. Los CR también mostraron rendimientos promedio mayores en 22%, 51.7%, 43% y 27% en uva, avena FV, cebada FV, y maíz FV respectivamente, que la media nacional (Figura 2c, d).

La cebada en sus tres cultivos (grano, FV y FS) resultó ser CR en este estudio, en contraste con las clasificaciones previas; en sentido inverso, el cultivo melón en ambas modalidades (Te y Ri), considerado previamente como resistente, resultó CS.

En nueve de los 23 cultivos analizados se verificó correlación para el año 2011, lo que sugiere que aún

con diferencias de suelos y concentraciones de SO₂ en el territorio nacional, existe un impacto en ambos sentidos (positivo y negativo) en los cultivos. El conjunto de los MMAC permite corroborar dichos impactos; se observa que el efecto positivo en los CR es proporcionalmente mayor, en términos de incremento de los rendimientos, que el efecto negativo que sufrieron los CS respecto de la media nacional. La modalidad de acceso al agua indicó que el efecto positivo del SO₂ es mayor para los CR de temporal que para los CR irrigados como lo mostraron la cebada FV y el maíz FV al estar presentes en las dos modalidades. Mientras el incremento del rendimiento de la cebada FV res-

pecto de la media nacional fue del 43% en riego, el aumento fue de 71% en temporal, es decir de casi el doble que el registrado por la cebada irrigada; por su parte, el maíz FV obtuvo un aumento de 27% en sus rendimientos en riego, en tanto que el incremento en temporal fue de 222%, al menos ocho veces mayor que el primero comparado con el promedio nacional.

En lo que correspondió a los rendimientos promedio de cultivos correlacionados del AE, no se evidenciaron grandes diferencias respecto de los rendimientos promedio nacionales; sin embargo, los CS mostraron más consistencia en cuanto al impacto negativo del SO₂

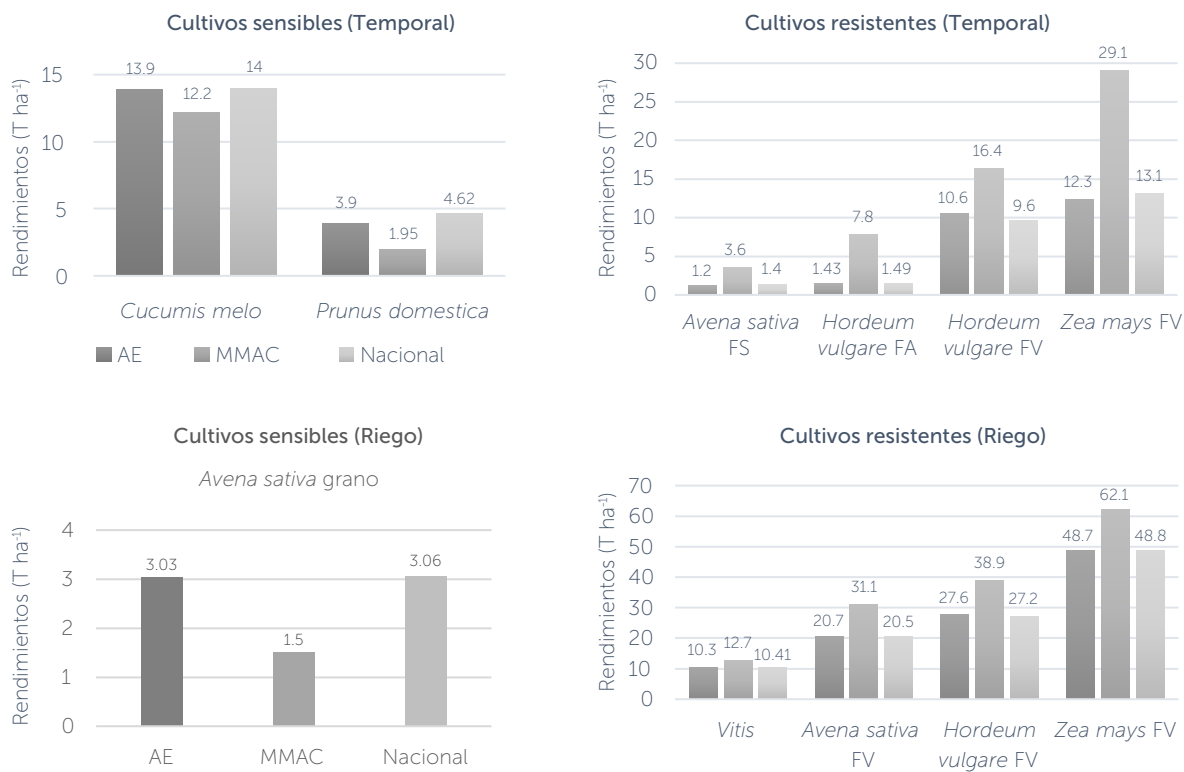


Figura 2. Rendimientos promedio de cultivos por modalidad: a) CS y b) CR de temporal; y c) CS y d) CR de riego, por ámbitos de comparación (Nacional, AE y MMAC).

al obtener, en todos los casos, rendimientos ligeramente inferiores, destacando la ciruela con 16% menor rendimiento.

En contraparte, sólo el 38% de los CR correlacionados (cebada FV de temporal y de riego, y la avena FV de riego) obtuvieron rendimientos mayores en el AE respecto del promedio nacional posiblemente debido a las diferencias de azufre en los suelos, concentraciones de SO₂ depositado o incluso condiciones de acidificación de suelos, que aún deficitarios del nutriente, no pueden absorber el aporte del SO₂. Lo que requiere un análisis detallado en sus distribuciones geográficas específicas.

Los cultivos perennes resultaron más afectados a muy altas concentraciones de SO₂, probablemente por un efecto acumulativo en suelo, o por mayor exposición de SO₂ en las partes aéreas de la planta que resultaría significativo complementar a partir su mapeo. Así mismo, es necesario ampliar la ventana temporal de análisis estadístico para confirmar o descartar correlación en aquellos cultivos con valores significativos en R y R², pero con altos valores de aleatoriedad. De igual manera, es necesario profundizar el estudio en las zonas de concentraciones medias y bajas de SO₂ a nivel cartográfico y estadístico con el propósito de identificar zonas con

suelos deficitarios de azufre y en las que pudiera resultar fundamental la presencia de SO₂ depositado.

El signo de los valores de las correlaciones obtenido respecto de su previa clasificación sólo se pudo verificar plenamente (Ri y Te) en seis cultivos: alfalfa FV, ciruela, maíz FV, arvejón, cebada grano y haba grano; en ocho hubo correspondencia al menos en una modalidad, mientras que, en nueve, el sentido de la correlación fue contrario. Se sugiere que esta divergencia también se explica por la diferenciación de concentraciones de SO₂ y contenidos de S en los suelos del país. El cultivo maíz para grano no presentó impactos negativos o positivos significativos, pero dada la amplia distribución del cultivo en el territorio nacional, es probable que existan zonas en las que sea importante la presencia del SO₂. Los cultivos forrajeros, fundamentalmente cíclicos, resultaron ser los más beneficiados de altas concentraciones de dióxido de azufre.

Las futuras concentraciones de SO₂ atmosférico antropogénico tienen una tendencia decreciente, fundamentalmente a causa del previsible agotamiento de los combustibles fósiles más que por la aplicación de normatividad (que sí generó disminuciones de SO₂ en Europa y Estados Unidos (Bauters & Bauters, 2016), de tal modo,

que las formas de compensación de S como nutriente de cultivos serán un tema de discusión en la producción agrícola. Para poder hacer esas comparaciones, hacen falta datos actuales y permanentes de emisiones, los cuales pueden ahora ser evaluados a partir de la modelación con información remota disponible.

CONCLUSIONES

Por primera vez se realiza una aproximación de escala nacional de impactos potenciales del SO₂ en rendimientos de cultivos en México, aplicando un análisis estadístico de correlación (R y R²) entre rendimientos (de 23 cultivos) y concentraciones de SO₂ en depósitos secos por hectárea a nivel municipal. El efecto benéfico de altas concentraciones de SO₂ en los cultivos resistentes es proporcionalmente más grande en temporal que en riego; en el caso de la cebada FV y maíz FV dichos incrementos son de 1.7 y 8 veces mayores respectivamente, que los obtenidos en riego. En ambas modalidades, los cultivos forrajeros resultaron más beneficiados de altas concentraciones de SO₂. Los cultivos sensibles están asociados principalmente al ciclo perenne. La importancia del SO₂ como fuente adicional de azufre en los cultivos debe ser evaluada a mayor profundidad en México ante posibles escenarios de reducción de las emisiones antropogénicas del compuesto y a la presencia extendida en el país de suelos deficitarios del azufre como macronutriente.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el financiamiento de estancia posdoctoral 2019-2020 al CA- 321 del Instituto de Ciencias de la BUAP.

LITERATURA CITADA

Agrawal, M. (2003). Plant Responses to Atmospheric Sulphur. *Sulphur in Plants*, 279–293. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0289-8_15

Bandemehr, A., Muehling, B., Corbett, J., & Comer, B. (2015). U.S.-Mexico Cooperation on Reducing Emissions from Ships through a Mexican Emission Control Area: Development of the First National Mexican Emission Inventories for Ships Using the Waterway Network Ship Traffic, Energy, and Environmental Model (ST Issue May). <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100MPDM.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2011+Thru+2015&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=>

Bauters, C., & Bauters, G. (2016). Air pollution. *Presse Medicale*, 45(1), 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2015.03.029>

Callisaya, I. (2015). Sensibilidad de las especies vegetales a los principales contaminantes atmosféricos. *Apthapi*, 1(1), 94–104. <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/136/136>

Castillo, C. (2010). El Dióxido de Azufre y sus Efectos sobre las Plantas. *La Estafa de La Certificación Ecológica*. <https://estafaecologica.wordpress.com/2010/09/22/el-dioxido-de-azufre-y-sus-efectos-sobre-las-plantas/>

Corrales-Maldonado, C. G., Vargas-Arispuro, I., Vallejo-Cohén, S., & Martínez-Téllez, M. A. (2014). Deficiencia De Azufre En Suelos Cultivables Y Su Efecto En La Productividad. *BIOTecnia*, 16(1), 38. <https://doi.org/10.18633/bt.v16i1.32>

Dahiya, S., & Myllyvirta, L. (2019). emisiones globales de SO₂ (K. Ford, N. Sivalingam, S. Ayech, & A. Jacobsen (Eds.)). *Greenpeace*. <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/3080/base-de-datos-de-puntos-criticos-de-emisiones-globales-de-so2/>

Global SO₂ pollution map - Google My Maps. (n.d.). Retrieved April 11, 2020, from https://www.google.com/maps/d/u/1/viewer?mid=1qkTf-y6jxARFtkU5MHaJv_ZA7T_pJDmv&ll=28.77966570156898%2C7.156781313121996&z=2

INEGI. (2018). Marco Geoestadístico. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>

Lucheta, A. R., & Lambais, M. R. (2012). Sulfur in agriculture. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 36(5), 1369–1379. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832012000500001>

Mora, M., Alcántara, J., Azuara, G., Pérez-Avilés, R., Ramírez-Bravo, E., Barreiro, S., & Ortiz, B. (2018). Implicaciones del aumento de emisiones de bióxido de azufre provenientes de barcos sobre algunos elementos de la biodiversidad del territorio nacional.

OMS. (2002). Informe sobre la salud en el mundo 2002: Reducir los riesgos y promover una vida sana. Organización Mundial de La Salud OPS, 175.

OMS. (2005). Actualización mundial 2005. 1–21.

Programa Gobierno en Línea. (2016). Datos Abiertos. In 2016 (p. 35). <https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/SIVICAP-2016/rj6b-fmu2>

Rennenberg, H. (1984). The Fate of Excess Sulfur in Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 35(1), 121–153. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.35.060184.001005>

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2006). *ATMOSPHERIC From Air Pollution to Climate Change SECOND EDITION*. John Wiley & Sons, Inc. https://www.academia.edu/35730031/ATMOSPHERIC_CHEMISTRY_AND_PHYSICS_From_Air_Pollution_to_Climate_Change_SECOND_EDITION



Effect of transport on welfare indicators in beef cattle; an analysis

Efecto del transporte en los indicadores de bienestar en bovinos productores de carne; un análisis

Calderón-Alonso Alma, C., Romo-Valdez, Ana M., Romo-Rubio, Javier, A., Ríos-Rincón, Francisco, G.*

Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Culiacán, Sinaloa, México, C.P. 80246.

*Autor para correspondencia: fgrios@uas.edu.mx

ABSTRACT

Objective: Review different factors related to cattle transport associated with welfare indicators.

Approach: During transport, cattle is subject to stressors. This document reviews the effects of transport on the welfare indicators of cattle and the effects of temperature, load density, duration of travel, resting frequency, water and food provision among others.

Results: The transport of cattle, contributes to the effective supply chain for the livestock industry; by reviewing the various aspects that make up the logistics of transporting livestock to reception center and processing plants, the improvement in welfare indicators will be the result of having implemented procedures in accordance with livestock physiology, environmental conditions, and type of vehicle, among others no less important.

Implications: The implementation and supervision of livestock transport procedures imply a reduction of mortality as well of injuries and therefore favourably results in the welfare of the cattle and finally in the economy of the producers.

Conclusions: Providing welfare conditions reduces the risks of morbidity and mortality, as well as weight loss in the animal during transport; in addition to avoiding bruises and wounds, which together with the physiological changes caused by stress, reduce the quality of the carcass and meat.

Keywords: bovine, welfare indicators, transport, welfare, cattle.

RESUMEN

Objetivo: Revisar distintos factores relacionados con el transporte de ganado bovino asociados a los indicadores de bienestar.

Aproximación: Durante el transporte los bovinos son sometidos a factores desencadenantes de estrés. En este documento se revisan los efectos del transporte en los indicadores de bienestar del ganado bovino y los efectos de la temperatura, la densidad de carga, duración del viaje, frecuencia de descanso, agua y alimento, entre otros.

Resultados: El transporte de ganado bovino por vía terrestre contribuye a que la cadena de suministros funcione de manera efectiva; al revisar los diversos aspectos que integran la logística del transporte del ganado hacia los centros de recepción y plantas de procesamiento, la mejora de los indicadores de bienestar serán el resultado de haber implementado procedimientos acordes con la fisiología del ganado, condiciones ambientales, tipo de vehículo, entre otras no menos importantes.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio, 2020, pp: 107-111.

Recibido: diciembre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

Implicaciones: La implementación y supervisión de procedimientos de transporte de ganado implica menor mortalidad, reducción de lesiones y por lo tanto redundan favorablemente en el bienestar de los bovinos y en la economía de los productores.

Conclusiones: Proveer condiciones de bienestar reduce los riesgos de morbilidad y mortalidad, así como de pérdida de peso en el animal durante el transporte; además de evitar contusiones y heridas, que, junto con los cambios fisiológicos provocados por el estrés, reducen la calidad de la canal y de la carne.

Palabras clave: bienestar: transporte, indicadores, bovino.

INTRODUCCIÓN

La producción de ganado bovino para carne se desarrolla en diferentes contextos agroclimáticos, tecnológicos, de sistemas de manejo, tamaño y finalidad de la unidad de producción, y comprende principalmente la producción de ganado para abasto, la cría de becerros para la exportación y pie de cría (Schwentenius *et al.*, 2014). En México, el sistema intensivo de producción de carne bovina depende del suministro de becerros para su funcionamiento integral, por lo regular, estos proceden de diversas regiones agroclimáticas del país, y deben ser transportados de forma masiva a los corrales de engorda. La logística y el transporte de bovinos tienen una importancia vital para el bienestar animal y la eficiencia productiva; en este sentido, la globalización del comercio, asociado a una creciente demanda de proteína de origen animal ha dado lugar a un considerable aumento en el número de animales que son transportados con diversos fines en todo el mundo, lo que ha agudizado problemas de bienestar en los diversos puntos de la cadena de suministros (Miranda-de la Lama, 2013). Existen una variedad de factores que desencadenan reacciones inevitables en el bovino que se traducen en estrés psicológico, desafíos fisiológicos, fatiga, riesgo de lesiones y muerte (Fisher *et al.*, 2009). Con base en lo anterior, el objetivo del presente análisis, fue revisar distintos factores relacionados con el transporte de ganado bovino asociados a los indicadores de bienestar, por ello, en este documento se revisan los efectos del transporte en los indicadores de bienestar del ganado bovino y los efectos de la tempe-

ratura, la densidad de carga, duración del viaje, provisión de descanso, agua y alimento entre otros.

Transporte de animales por vía terrestre

Las preocupaciones referentes al bienestar animal durante el transporte incluyen factores, tales como el potencial de experimentar estrés, lesiones, cansancio, mortalidad y morbilidad, debidas al acceso limitado de agua y alimento, exposición a condiciones climáticas cambiantes, exposición a ruidos, vibraciones, agentes patógenos, manejo deficiente y mezcla con animales no familiares (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012).

Características de los vehículos

Los vehículos utilizados para el transporte de ganado deben ser diseñados especialmente para transportar bovinos en condiciones micro ambientales aceptables, salvaguardando su integridad física (Miranda-de la Lama, 2013). Los pisos deben ser antideslizantes para reducir el riesgo de caídas; se sugiere que el material sea metálico, para facilitar las operaciones de limpieza y descontaminación (Lapworth, 2008). Otra característica importante es que el piso tenga ligera inclinación, para ayudar al equilibrio de los animales durante el viaje. En vehículos o contenedores con techo, el espacio mínimo entre el piso y techo, debe ser aproximadamente un tercio más alto que la altura promedio a la cruz de los bovinos del embarque, por ejemplo, bovinos con altura promedio a la cruz de 1.50 m, el espacio interior del piso al techo será de 2.0 m (NOM-051-ZOO-1995).

Consideraciones previas a la carga

Una condición indispensable para el transporte, es conformar lotes de bovinos que sean uniformes en tamaño y sexo; mezclar bovinos grandes con chicos genera el riesgo de que estos últimos resulten aplastados o pisoteados (Alende, 2009). Tampoco es recomendable la mezcla de bovinos que no estén familiarizados entre sí, ya que esto conduce a un aumento en las peleas y montas entre ellos (Manteca, 2009). La presencia de bovinos astados en el rebaño aumenta la incidencia de lesiones superficiales y profundas en las reses (Alende, 2009; Ghezzi *et al.*, 2008). La carga de los bovinos al camión es un evento estresante en sí mismo. Se ha registrado que la frecuencia cardíaca de los bovinos aumenta considerablemente cuando tienen que subir una rampa (Chacón *et al.*, 2005), indicando nerviosismo y agitación. Las rampas de carga y descarga deben tener una pendiente suave, nunca mayor a 20° (Grandin, 2000; María, 2008), ya que pendientes mayores generan temor, retrasan el

trabajo y generan amontonamientos de bovinos en la entrada del embarcadero. En opinión de algunos autores, se ha sugerido que el estrés experimentado durante el transporte es el resultado de un mal manejo durante la carga y descarga en lugar del transporte en sí mismo (Camp et al., 1981; Cole et al., 1988).

Densidad de carga durante el viaje

Se refiere al espacio que los bovinos tienen disponible dentro del compartimento de una jaula transportadora, y es expresado en razón de kg/m^2 o m^2/bovino (Schwartzkopf-Genswein et al., 2008). Petherick y Phillips (2009) y González et al. (2012) concluyeron que un coeficiente alométrico (valor de k) calculado como m^2 por bovino/peso corporal^{0.6667}, era el mejor indicador del espacio disponible del animal, porque no requiere considerar el peso del bovino para hacer comparaciones entre estudios. Como se ha mencionado anteriormente, factores como: presencia de cuernos, edad y condición del bovino, distancia de transporte, clima y tamaño del compartimento del tráiler deben ser considerados a la hora de cargar ganado (Schwartzkopf-Genswein et al., 2008; Swanson y Morrow-Tesch, 2001). La alta densidad no permite a los bovinos viajar cómodamente, debido al espacio reducido que les impide situarse en alguna área cómoda para mantener el balance, lo cual es más grave en viajes largos (Gallo y Tadich, 2005). Se ha indicado que los niveles sanguíneos de creatina quinasa aumentan cuando la densidad de carga es alta, lo que indica alto grado de daño muscular (Tarrant et al., 1988). A menor espacio asignado por bovino, es mayor la incidencia de contusiones, caídas y lesiones (Ferguson y Warner, 2008; Gallo y Tadich, 2005). Cuando la densidad es baja, los bovinos pueden recostarse y moverse; sin embargo, si las técnicas de conducción y la carretera son malas, es probable que el conductor pierda el balance del vehículo (Eldridge y Winfield, 1988) y aumente la presencia de contusiones. Romero et al. (2010) estableció las siguientes densidades de carga: Espacio/animal (m^2): terneros (50 y 70 kg de peso vivo; 0.23 y 0.28 m^2 , respectivamente), y en bovinos adultos (300, 500, 600 y 700 kg; 0.84, 1.27, 1.46 y 1.75 m^2 , respectivamente).

Duración del viaje

Es definido como el tiempo en el que están confinados los bovinos en un vehículo de transporte (Tucker et al., 2015). La duración del viaje es uno de los tópicos más discutidos en términos de bienestar animal debido a que se asume que las largas distancias afectan el estatus fisiológico y conductual de los bovinos (Miranda-de

la Lama, 2013). A medida que la distancia aumenta, se eleva el consumo de glucógeno y es mayor el riesgo de reses caídas durante el viaje (Broom, 2008). Además, viajes más largos suponen un tiempo más prolongado de privación de agua, generando condiciones de mayor deshidratación y hemoconcentración, sobre todo en la estación calurosa (Tadich et al., 2005). González et al. (2012) observaron que viajes con duración mayor a 30 h aumentan la probabilidad de que el ganado se vuelva no ambulatorio, cojo o muera durante el viaje; también observaron, que la reducción de peso en el ganado aumenta rápidamente en condiciones climáticas altas, por lo anterior concluyen que viajes con duración mayor a treinta horas deben evitarse durante estas condiciones climáticas particulares.

Condiciones ambientales

La temperatura termo neutral de los bovinos productores de carne puede ser muy variada; en bovinos jóvenes la zona de confort oscila de 7 a 26 °C, mientras que en vacas maduras y bovinos pesados el rango es de -17 °C en invierno y 23 °C durante el verano, y se relaciona estrechamente con la condición corporal, nutrición, y estado de salud, que presenten los bovinos; y llegan a tener dificultad para tolerar temperaturas superiores a los 27 °C, especialmente cuando los valores de humedad relativa son mayores a 40% (Mader et al., 2007). La temperatura de la jaula transportadora ha sido identificada como uno de los factores más estresantes durante el transporte de animales (Mitchell y Kettlewell, 1998), toda vez que la temperatura corporal del ganado bovino adulto sano fluctúa entre 37.8 y 40 °C; en consecuencia, el bovino manifiesta incapacidad para disipar el calor metabólico, tanto por efecto de la temperatura ambiental extrema, como por el hacinamiento de los bovinos en el camión. De igual forma, condiciones de alta humedad ambiental contribuyen al incremento del estrés calórico (Mitchell y Kettlewell, 1998). Estimaciones teóricas realizadas por Kettlewell et al. (2001), indican que en un remolque típico (13×6 m=78 m^2), con densidades recomendadas, con peso aproximado de 500 kg para bovinos, el calor producido en el interior sería de 13400 watts, por lo cual un sistema de ventilación es una necesidad operativa vital (Miranda-de la Lama, 2013).

Tipo de ventilación

Para mitigar el exceso de temperatura y humedad relativa, las jaulas especializadas para transporte de ganado bovino, disponen de dos sistemas de ventilación: a) la ventilación pasiva (aberturas) y b) la activa (ventiladores).



La pasiva está dada por la cantidad de aberturas a lo largo del chasis, aunque en algunos modelos hay dispositivos para bloquear estas aberturas (Dalley *et al.*, 1996).

Provisión de descanso, agua y alimento

El estrés producido durante un largo viaje puede ser disminuido proporcionando períodos de descanso, y proveyendo agua y alimento durante el transporte (Cooke *et al.*, 2013). Dichos autores observaron que el ganado que había sido transportado continuamente el peso disminuyó en 10.17%, mientras que al ganado que se le proporcionaron dos sesiones de descanso (dos horas sesión) durante un viaje de 24 h, registraron disminución del 5.82%; administrando agua y alimento *ad libitum*.

Pérdidas de peso

La pérdida de peso vivo durante el transporte, que ocurre principalmente en las primeras 15 h, está dada básicamente por disminución de contenido intestinal y dependerá del tipo de alimentación y del tiempo de viaje (Knowles, 1998). Tiempo de transporte de 2 a 48 h han dado como resultado reducciones de entre 0 a 8% del peso corporal (Lofgreen *et al.*, 1975).

Morbilidad y mortalidad durante el transporte

Las pérdidas más comunes pueden dividirse en tres categorías: bovinos heridos, enfermos, y muertos en el viaje (Pilcher *et al.*, 2011). La mortalidad durante el transporte es un indicador indiscutible de bienestar, porque es esperado que cada animal que murió durante el transporte haya experimentado un alto grado de sufrimiento antes de su muerte (Nielsen *et al.*, 2011); y entre las causas principales están, la sobrecarga,

pisoteo por caídas, asfixia por malas condiciones de ventilación, deshidratación y fiebre de embarque (Gallo y Tadich, 2005). Se ha indicado, que una de las afecciones relacionadas con el transporte son las enfermedades respiratorias bovinas, como el Complejo Respiratorio Bovino (Broom, 2005).

CONCLUSIONES

Aún en las mejores condiciones, el transporte de animales es el episodio más estresante en la cadena de producción. Pocos estudios han evaluado el efecto de la adición de tiempos de descanso para proveer alimento y agua al ganado, para reducir el impacto que tiene el transporte en indicadores conductuales y productivos del ganado. Proveer condiciones de bienestar reduce los riesgos de morbilidad y mortalidad y pérdida de peso en el animal durante el transporte; además de evitar contusiones y heridas, que junto con los cambios fisiológicos provocados por el estrés, reducen la calidad de la canal y de la carne.

LITERATURA CITADA

- Alende, M., Volpi, L.G., & Pordomingo, A.J. (2009). Aspectos relativos al transporte de bovinos por carretera: Bienestar animal. Sitio argentino de producción animal, 1-7. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/comercializacion/51-ransporte.pdf
- Broom, D. (2005). The effects of land transport on animal welfare. *Revue scientifique technical Office Internationale des Epizooties*, 24(2): 683-691. <https://doi.org/10.20506/rst.24.2.1605>
- Broom, D. (2008). The welfare of livestock during road transport. In book: Long Distance Transport and the Welfare of Farm Animals, Edition: 1 Publisher: Wallingford: CAB. Editors: M. Appleby, V. Cussen, L. Garcés, L. Lambert, J. Turner, pp. 157-181. <https://doi.org/10.1079/9781845934033.0157>
- Camp, H., Stevens, G., Stermer, A., & Anthony, P. (1981). Transit factors affecting shrink, shipping fever, and subsequent performance of feeder calves. *Journal of Animal Science*, 52, 1219-1224. <https://doi.org/10.2527/jas1981.5261219x>
- Chacón, G., García-Belenguer, S., Villarroel, M. & María, G.A. (2005). Effect of transport stress on physiological responses of male bovines. *German Veterinary Journal*, 112: 465-469. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0108>
- Cole, A., Camp, H., Rowe, D., Stevens, G., & Hutcheson, P. (1988). Effect of transport on feeder calves. *American Journal of Veterinary Research*, 49:178-183. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3348528>
- Cooke, F., Guarnieri, A., Cappellozza, I., & Bohnert, D. W. (2013). Rest stops during road transport: Impacts on performance and acute-phase protein responses of feeder cattle. *Journal of Animal Science*, 91(11):5448-5454. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6357>
- Dalley, J., Baker, J., Yang, X., Kettlewell, J. & Hoxey, P. (1996). An investigation of the aerodynamic and ventilation characteristics of poultry transport vehicles. Part III: Internal flow field calculations. *J Agric Eng Res*, 65:115-127. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0084>
- Eldridge, A. & Winfield G. (1988). The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. *Aust J Expt Agric*, 28: 695-698. <https://doi.org/10.1071/EA9880695>
- Ferguson, D.M., & Warner, R.D. (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80(1): 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.004>
- Fisher, D., Colditz, G., Lee, C., & Ferguson, M. (2009). The influence of land transport on animal welfare in extensive farming systems. *Journal of Veterinary Behavior*, 4(4): 157-162. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2009.03.002>
- Gallo, C. y Tadich, N. (2005). Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y calidad de la carne. *Agro-ciencia* 21:37-49. ISSN 0716 - 1689
- González, L. A., Schwartzkopf-Genswein, K. S., Bryan, M., Silasi, R., & Brown, F. (2012). Factors affecting body weight loss during commercial long haul transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science*, 90(10):3630-3639. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4786>

- Grandin, T. (2000). El transporte de ganado: guía para las plantas de faena. www.grandin.com/spanish/transporte.genado.html
- Kettlewell, J., Hoxey, P., Hampson, J., Green, R., Veale, M. & Mitchell A. (2001) Design and operation of a prototype mechanical ventilation system for livestock transport vehicles. *J Agric Eng Res*; 79: 429-439. <https://doi.org/10.1006/jaer.2001.0713>
- Knowles T.G. (1998). A review of the road transport of slaughter sheep. *Veterinary Record*, 143:212-219. https://www.researchgate.net/publication/13514952_A_review_of_the_road_transport_of_slaughter_sheep
- Lapworth W. (2008). Engineering and design of vehicles for long distance road transport of livestock: the example of cattle transport of Northern Australia. *Vet Ital*; 44 (1): 215-222. http://www.izs.it/vet_italiana/2008/215_222.pdf
- Lofgreen, P., Dunbar, G., Addis D., & Clark J. (1975). Energy level in starting rations for calves subjected to marketing and shipping stress. *J. Anim. Sci.* 41:1256-1265. <https://doi.org/10.2527/jas1975.4151256x>
- Mader T., Griffin D., Hahn L. (2007). Managing feedlot heat stress. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g1409/build/g1409.htm>
- Manteca, X. (2009). Physiology and disease. En Long distance transport and welfare of farm animals. Appleby, M.C., Cussen, V.A., Garcés, I., Lambert, I.A. and Turner, J. 2008, Ed. CAB International. Oxfordshire, UK. ISBN-13: 978-1845934033
- María, G.A. (2008). Meat quality. En: Long distance transport and welfare of farm animals. Appleby, M.C., Cussen, V.A., Garcés, I., Lambert, I.A. and Turner, J. 2008 Ed. CAB International. Oxfordshire, UK. ISBN-13: 978-1845934033
- Miranda-de la Lama, G.C. (2013). Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, 44(1): 31-56. <http://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v44n1/v44n1a4.pdf>
- Mitchell, A. & Kettlewell, J. (1998). Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems! *Poultry Sci*; 77: 1803-1814. <https://doi.org/10.1093/ps/77.12.1803>
- Nielsen B.L., Dybkjær L. and Herskin M.S. (2011). Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare. *Animal*, 5(3): 415-427. <https://doi.org/10.1017/S1751731110001989>
- NOM-051-ZOO-1995. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_bioet/051zoo_movilizacion.pdf
- Petherick, J. C., & Phillips, C. J. C. (2009). Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles. *Applied Animal Behaviour Science*, 117: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.09.008>
- Pitcher, C.M., Ellis, M., Rojo-Gómez, A., Curtis, S.E., Wolter, B.F., Peterson, C.M., Peterson, B.A., Ritter, M.J., Brinkmann, J. (2011). Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses of market-weight pigs. *J. Anim. Sci.*, 89:3809-3818. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3143>
- Romero, H., Uribe, F. & Sánchez, A. (2010). El transporte terrestre de bovinos y sus implicaciones en el bienestar animal: revisión. *Biosalud (Manizales)*, 9(2):67-82. <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v9n2/v9n2a08.pdf>
- Schwentesius R. R., Carrera C. B., & Gómez C.M.A. (2014). La Ganadería Bovina de Carne en México: Un Recuento Necesario Después de la Apertura Comercial. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. https://www.researchgate.net/publication/280100179_La_Ganaderia_Bovina_de_Carne_en_Mexico_Un_Recuento_Necesario_Después_de_la_Apertura_Comercial
- Schwartzkopf-Genswein K.S., Haley, B., Church, S., Woods, J. & O'Byrne, T. (2008). An education and training programme for livestock transporters in Canada. *Vet Ital*, 44(1): 273-283. http://www.izs.it/vet_italiana/2008/44_1/273.pdf
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Faucitano, L., Dadgar, S., Shand, P., González, L.A. & Crowe, T.G. (2012). Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: a review. *Meat Science*, 92(3): 227-243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.010>
- Swanson, J. C., & Morrow-Tesch, J. (2001). Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. *Journal of Animal Science*, 79:E102-E109. <https://doi.org/10.2527/jas2001.79e-supple102x>
- Tadich, N., Gallo, C., Bustamante, H., Schwerter, M., & van Schaik G. (2005). Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livest Prod Sci*, 93:223-233. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.10.004>
- Tarrant, P.V., Kenny F.J. & Harrington D. (1988). The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behaviour blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. *Meat Sci.*, 24:209-222. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(88\)90079-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(88)90079-4)
- Tucker, B., Coetzee, F., Stookey, M., Thomson, U., Grandin, T., & Schwartzkopf-Genswein, S. (2015). Beef cattle welfare in the USA: identification of priorities for future research. *Animal health research reviews*, 16(2):107-124. <https://doi.org/10.1017/S1466252315000171>

Ximena, variety of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) to decorate indoor spaces

Ximena, variedad de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) para decorar espacios de interior

Canul-Ku, Jaime^{1*}; García-Pérez, Faustino¹; Barrios-Gómez, Edwin J.¹; Rangel-Estrada, Sandra E.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Zacatepec, Morelos, México, C. P. 62780.

*Autor para correspondencia: canul.jaime@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: to describe the variety of Ximena poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) based on UPOV guidelines and to evaluate its behavior with a cooperating producer in Morelos, Mexico.

Design/methodology/approach: the variety was generated by the genotechnical methods of hybridization, recurrent selection and use of the grafting method. The varietal description was made based on the document of the Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). The experimental design used was a completely randomized, with ten repetitions. Vegetative and bract characters of the plant were recorded. The information was studied by analysis of variance and Tukey means comparison test ($P \leq 0.05$).

Results: Ximena is tall, large, with intermediate branching. The leaf is oval, long and wide with a medium length petiole. Elliptical bracts, red color, without torsion and roughness between the nerves. The width of the top is medium, yellow ciatio glands, and without any deformation. Ximena's response was statistically similar to the two controls in stem diameter, number of internodes, leaf width, leaf petiole length and bract. Instead, it was statistically superior in bract length, bract canopy width, and diameter of ciatio.

Limitations on study/implications: The variety is maintained as an original plant, from which commercial crops will be established. Therefore, it requires adequate nutrition and conditions that do not allow its floral differentiation.

Findings/conclusions: Ximena's behavior and archetype was comparable to that of commercial varieties, it has aesthetic characteristics that the market demands, it can be competitive and it is considered a candidate to diversify the offer of poinsettias plants in the Christmas season.

Keywords: bract, leaf, archetype.

RESUMEN

Objetivo: describir la variedad de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) Ximena, en base a directrices de la UPOV y evaluar su comportamiento con un productor cooperante en el estado de Morelos.

Diseño/metodología/aproximación: la variedad se generó mediante los métodos de hibridación, selección recurrente y uso de la técnica de injerto. La descripción varietal se realizó en base al documento de la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con diez repeticiones. Se registraron caracteres



Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 113-117.

Recibido: diciembre, 2019. **Aceptado:** mayo, 2020.

vegetativos y de bráctea de la planta. La información se analizó con varianza y prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados: Ximena presenta porte alto, de amplitud grande con ramificación intermedia. La hoja de forma oval, larga y ancha con peciolo de longitud media. Brácteas de forma elíptica, color rojo, sin torsión y rugosidad entre los nervios. La anchura de la cima es media, glándulas del ciatio de color amarillo de tamaño medio sin alguna deformación. La respuesta de Ximena fue estadísticamente similar a los dos testigos en diámetro del tallo, número de entrenudos, ancho de hoja, longitud de peciolo de hoja y bráctea. En cambio, fue superior estadísticamente en longitud de bráctea, amplitud de dosel de bráctea y diámetro de ciatio.

Limitaciones del estudio/implicaciones: la variedad se mantiene como planta madre, a partir de la cual se van a establecer cultivos comerciales. Por lo que, requiere adecuada nutrición y condiciones que no permitan su diferenciación floral.

Hallazgos/conclusiones: el comportamiento y arquetipo de Ximena fue comparable a la de variedades comerciales, posee características estéticas que demanda el mercado, puede ser competitiva y se considera candidata para diversificar la oferta de plantas de nochebuena en la temporada de navidad.

Palabras clave: bráctea, hoja, arquetipo.

INTRODUCCIÓN

En México existen varios cultivos ornamentales que sobresalen por su valor de venta, superficie cultivada, volumen de producción, demanda en el mercado (nacional e internacional), preferencias del consumidor, fuga de divisas por adquisición de material vegetativo, pago de regalías por derecho de uso de la variedad y cantidad de mano de obra que ocupa en los diferentes eslabones de la cadena productiva. Uno de los cultivos que sobresale es la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch), la cual se considera símbolo de las fiestas navideñas. Esta se cataloga como una planta ornamental con alto grado de preferencia, se comercializa en un periodo de tiempo corto, su valor de venta es considerable y utiliza elevada cantidad de mano de obra en el proceso de cultivo y comercialización.

La demanda anual de planta de nochebuena en México es de aproximadamente 20 millones en diferentes tamaños de maceta, las cuales varían de tres hasta doce pulgadas. El valor de producción es de alrededor de 718 millones 372 mil pesos. En el periodo comprendido de 2016 a 2019 la producción tuvo un incremento del 15%. Los principales estados productores son Morelos, con seis millones 424 mil plantas; Michoacán, tres millones 922 mil; Ciudad de México, tres millones 575 mil; Puebla, dos millones 639 mil; Jalisco, un millón 716 mil; Estado de México, 820 mil, y Oaxaca, 14 mil 500 plantas (SIAP, 2018). En el estado de Morelos los municipios de Cuernavaca y Yautepec producen aproximadamente la misma cantidad de planta que el estado de Michoacán y la Ciudad de México (SIAP, 2018). La producción mundial de nochebuena se aproxima a 500 millones de plantas con el mismo comporta-

miento, hacia un aumento constante debido a su potencial económico y comercial en varios países de Europa, Asia y Norteamérica (Islam y Joyce, 2015).

En México, la producción de nochebuena se basa en aproximadamente 100 variedades generadas por empresas extranjeras. Lo anterior, significa dependencia varietal (Márquez-Márquez *et al.*, 2017), así el productor cultiva lo que las empresas ofertan de material vegetativo, sin tener en cuenta los gustos y las preferencias del consumidor, menos las condiciones ambientales de los centros de producción.

Las nuevas variedades mejoradas que se introducen al país carecen de evaluaciones previas en vivero de productores, lo cual conduce a un crecimiento y desarrollo anormal, pigmentación de brácteas fuera del periodo comercial, por lo que las plantas no tienen la calidad comercial y se traduce en pérdidas económicas. El precio del material vegetativo para el establecimiento del cultivo incluye el pago de regalías, lo cual causa aumento en los costos de producción (Canul-Ku *et al.*, 2017).

El mejoramiento genético de especies ornamentales implementados por organismos oficiales del gobierno es casi nulo. Esto lo realizan, por lo general empresas provenientes del extranjero. La nochebuena sigue la misma tendencia; todas las variedades comerciales que se cultivan en la actualidad fueron creadas en el exterior.

Ante esta situación y para resolver parte de la demanda de nuevas variedades de origen mexicano (Canul-Ku *et al.*, 2018), el Instituto

Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha implementado el Programa de Mejora Genética de Nochebuena en el Campo Experimental Zacatepec, Morelos. Los criterios aplicados a la mejora genética están enfocados a caracteres relacionados a hoja, bráctea y arquitectura de planta, principalmente (Canul-Ku et al., 2017). Las estrategias seguidas fueron: partir de una base genética nacional amplia (Canul et al., 2013), recombinar materiales con los mejores atributos estéticos que demanda el mercado (Canul-Ku et al., 2017), reducir el porte, mejorar la ramificación (Canul-Ku et al., 2018) y la arquitectura de la planta mediante injerto (García-Pérez et al., 2017). El objetivo del presente trabajo fue describir varietalmente el material mejorado de nochebuena Ximena en base a directrices y evaluar su comportamiento con un productor cooperante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de generación de la variedad fue mediante hibridación, seguida de selección recurrente y finalmente uso de la técnica de injerto. En 2011 se llevó a cabo la cruce simple manual entre los progenitores NIS2P6 y NFMOR aplicando la técnica de hibridación en nochebuena generada por Canul-Ku et al. (2015). La progenie F_1 resultante de dicha cruce (semilla) se evaluó en 2012. Las semillas se sembraron en charolas de poliestireno de 50 cavidades y se usó el sustrato comercial Sunshine Mix[®] Núm. 3. Cuando la planta llegó a la cuarta hoja verdadera se trasplantó en macetas de ocho pulgadas con sustrato hecha a base de ocochal (hojarasca de ocote descompuesta), atocle (suelo de vega de río) y polvillo de coco en block $\frac{3}{4}$ Pelemix[®] en proporción 60:20:20 v/v/v. El cultivo se manejó en base al paquete tecnológico de nochebuena (García et al., 2017). En etapa de pigmentación de brácteas se seleccionaron los individuos sobresalientes siguiendo los criterios de biotipo establecido por Canul et al. (2017). En 2013 se incrementó el tamaño de población vía propagación vegetativa, mediante esquejes. Esta forma de propagación permite mantener la identidad fenotípica y genética de la planta, ya que los caracteres expresados en la progenie híbrida serán establemente hereda-

dos y mantenidos genéticamente en los esquejes usados para el establecimiento de nuevos ciclos de cultivo (Islam et al., 2013). De 2014 a 2017 se realizaron cuatro ciclos de selección recurrente. Los criterios de selección se enfocaron a caracteres relacionados a hoja, bráctea y arquitectura de planta, aspectos que le proporcionan estética y valor comercial (Canul-Ku et al., 2017). En 2018 esquejes del genotipo avanzado (púa) se injertaron sobre una variedad comercial (patrón) mediante la técnica de cuña. Al año siguiente la nueva planta produjo esquejes y estos formaron la variedad Ximena. La descripción varietal se realizó en base a directrices de la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2008).

En 2018 se establecieron en maceta de seis pulgadas (1.61 L y 11 cm de altura) 10 plantas (cada planta como unidad experimental, repeticiones) de la nueva variedad Ximena y como testigos se usaron las variedades comerciales Carrousel[®] y Luv Pink[®] en la localidad de Tetela del Monte (18° 58' N, 99° 15' O y 2000 m de altitud) en Morelos. El diseño experimental empleado fue completamente al azar. Se realizó una poda y no se aplicaron reguladores de crecimiento, de acuerdo a las directrices de la UPOV (2008). Se registraron caracteres vegetativos y bráctea de distribución continua. Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias mediante Tukey ($P \leq 0.05$) con el programa estadístico SAS versión 8.1 (SAS, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características

La variedad de nochebuena Ximena presenta porte alto, de amplitud grande con ramificación intermedia. La hoja es de forma oval, larga y ancha con peciolo de longitud media. La forma de la base de la hoja es cuneiforme con el haz de un solo color. La bráctea es de forma elíptica, color rojo, sin torsión y rugosidad entre nervaduras. La anchura de la cima es media, glándulas del ciatio de color amarillo de tamaño medio sin alguna deformación (UPOV, 2008). Es una variedad de ciclo intermedio, de acuerdo a la respuesta con el cambio de estación que ocurre aproximadamente el 21 de septiembre.



Figura 1. Variedad Ximena en etapa de pigmentación de brácteas, lista para su venta al mercado.



Comportamiento

Se realizó la evaluación del material generado y dos variedades comerciales consideradas como testigos. En el Cuadro 1 muestra que la respuesta del material mejorado fue estadísticamente similar en cinco caracteres: diámetro del tallo, número de entrenudos, ancho de hoja, longitud de peciolo de hoja y bráctea. En longitud de bráctea, amplitud de dosel de bráctea y diámetro de ciatio Ximena fue estadísticamente superior a los dos testigos. Mientras que, en longitud de hoja y ancho de bráctea fue similar a Carrousel® y mayor a Luv Pink®. Por otro lado, el mercado de nochebuena demanda plantas de porte bajo, Ximena cumple este requisito ya que fue menor a Luv Pink® y similar a Carrousel®.

El comportamiento de la variedad Ximena fue similar a la de variedades comerciales, esto es indicativo de que posee las características estéticas que demanda el mercado, lo que indica que puede ser competitiva y candidata para diversificar la oferta de plantas en la temporada de navidad. Esta variedad se generó para las diferentes áreas productoras de nochebuena en México, ya que no presenta problemas de adaptación ni pigmentación de brácteas por consiguiente se considera que no se tendrían pérdidas económicas. El manejo de la variedad con la tecnología de productores cooperantes mostró excelentes resultados, con buena calidad comercial de planta, libre de plagas y enfermedades mediante aplicaciones preventivas de plaguicidas.

El registro ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS-SADER) en México, se en-

cuentra en trámite y es con la finalidad de obtener el título de obtentor de la variedad Ximena y su registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV). En el Campo Experimental Zacatepec, INIFAP-Morelos se encuentra disponible plante madre de nochebuena, ya que su propagación es mediante esquejes para explotación comercial.

CONCLUSIONES

La variedad de nochebuena Ximena presenta porte alto, de amplitud grande con ramificación intermedia. Hoja de forma oval, larga y ancha con peciolo de longitud media. Brácteas de forma elíptica, color rojo, sin torsión y rugosidad entre los nervios. Se considera una variedad de ciclo intermedio. Su respuesta fenotípica fue similar al de dos variedades comerciales, con viabilidad de competencia en México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen ampliamente al INIFAP por el apoyo económico otorgado a diferentes proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología, mediante recursos fiscales, el cual hizo posible la generación de la variedad denominada Ximena.

LITERATURA CITADA

- Canul, K. J., García, P. F., Osuna, C. F., Ramírez, R. S., Barrios, G. E. (2013). Recursos genéticos de nochebuena en México, colecta de germoplasma para mejoramiento genético. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México* 1:20-26.
- Canul-Ku, J., García-Pérez, F., Barrios-Gómez, E. J., Campos-Bravo, E., Osuna-Canizalez, F., Ramírez-Rojas, S. G., Rangel-Estrada, S. E. (2015). Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Agroproductividad* 8:32-37.

Cuadro 1. Comparación de medias de caracteres evaluados de la variedad Ximena y dos testigos comerciales de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch).

Caracter	Ximena	Carrousel®	Luv Pink®	DMSH	CV%
Altura de planta (cm)	23.19 b	22.84 b	28.67 a	2.95	10.70
Diámetro de tallo (mm)	10.35 a	10.89 a	11.87 a	1.99	16.26
Número de entrenudos	15.50 a	16.40 a	17.10 a	2.41	13.32
Longitud de hoja (cm)	8.7 a	7.97 ab	7.59 b	1.01	11.28
Ancho de hoja (cm)	5.04 a	5.24 a	4.47 a	0.77	14.20
Longitud de peciolo de hoja (cm)	2.10 a	1.85 a	2.15 a	0.56	24.98
Ancho de bráctea (cm)	4.62 ab	4.76 a	3.80 b	0.84	17.33
Longitud de bráctea (cm)	9.55 a	7.47 b	7.25 b	1.24	13.82
Longitud de peciolo de bráctea (cm)	1.62 a	1.58 a	1.50 a	0.40	23.08
Amplitud de dosel de bráctea (cm)	25.02 a	16.58 b	17.11 b	2.54	11.74
Diámetro de ciatio (cm)	2.72 a	1.63 b	1.52 b	0.59	27.38

DMSH=Diferencia mínima significativa honesta, CV=Coeficiente de variación, ¹Valores con letras diferentes dentro de hileras indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

- Canul-Ku, J., García-Pérez, F., Barrios-Gómez, E. J., Rangel-Estrada, S. E., Ramírez-Rojas, S. G., Osuna-Canizalez, F. (2017). Variación generada mediante recombinación genética en *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch. *Agroproductividad* 10:13-17.
- Canul-Ku, J., García-Pérez, F., Barrios-Gómez, E. J., Rangel-Estrada, S. E. (2018). Formación de híbridos clonales en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch). *Revista Fitotecnia Mexicana* 41:311-316.
- García-Pérez, F., Rangel-Estrada, S. E., Canul-Ku, J., Osuna-Canizalez, F., Ramírez-Rojas, S. G., Portas-Fernández, B. (2017). Técnicas de injertos entre genotipos de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch. *Agroproductividad* 10:18-23.
- García, P. F., Osuna, C. F., Ramírez, R. S., Canul, K. J. (2017). Producción de nochebuena, *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch. In: *Agenda Técnica Agrícola Morelos*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) pp:131-141.
- Islam, M. A., Lütken, H., Haugslie, S., Blystad, D., Torre, S., Rolcik, J., Rasmussen, S. K., Olsen, J. E., Clarke, J. L. (2013). Overexpression of the AtSH1 gene in poinsettia, *Euphorbia pulcherrima*, results in compact plants. *Plos One* 8(1):e53377. doi:10.1371/journal.pone.0053377.
- Islam, M. A., Joyce, D. C. (2015). Postharvest behavior and keeping quality of potted: a review. *Research in Agriculture, Livestock and Fisheries* 2:185-196.
- Márquez-Márquez, J. M., Canul-Ku, J., Sánchez-Abarca, C., Barrios-Gómez, E. J., García-Pérez, F., López-Herrera, E. (2017). Evaluación de progenies de cruce doble de flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch) en Morelos, México. *Interciencia* 42:388-392.
- SAS. (2000). *SAS® Procedure Guide, Version 8*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1643 p.
- SIAP. (2018). *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Noviembre 2019).
- UPOV, Unión para la Protección de los Organismos Vegetales. (2008). *Flor de Pascua, Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, homogeneidad y estabilidad. Ginebra, Suiza. 36 p.

