








De las montañas al valle: el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) en Coahuila, México

From the mountains to the valley: the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) in Coahuila, Mexico

Eber G. Chavez-Lugo¹ , Erika J. Cruz-Bazan¹ , Arturo Cruz-Anaya² , Juan Antonio Encina-Domínguez¹  y Jorge E. Ramírez-Albores^{3*} 

¹ Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México

² PROFAUNA A.C. (Protección de la Fauna Mexicana A.C.). Emilio Castelar 956, Col. Centro, Saltillo, Coahuila, México

³ Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México

* Autor de correspondencia: jorgeramirez22@hotmail.com

Resumen

El Águila Real (*Aquila chrysaetos*) es una rapaz amenazada a nivel nacional, que se distribuye desde el norte del país hasta el centro de México. Sin embargo, existen escasos reportes de su presencia dentro del rango de distribución en México, como es el caso para Coahuila. Hicimos observaciones en campo en la región sureste de Coahuila durante el periodo de 2017 al 2023, complementada con una revisión de los registros de monitoreo en campo en diferentes bases de datos. Con estos registros, generamos una modelación de idoneidad ambiental para *Aquila chrysaetos* utilizando el algoritmo MaxEnt para identificar zonas prioritarias para la conservación que no se encuentran dentro de un área natural protegida. Los registros encontrados de individuos de *A. chrysaetos* evidenciaron en gran medida que la mayor probabilidad de ocurrencia se encuentra en la parte noroeste y sureste de Coahuila en zonas de matorral desértico y pastizal natural. El modelo de idoneidad climática indicó que las zonas prioritarias para conservación se ubicaron adyacentes a las áreas naturales como Maderas del Carmen, Sierra de Arteaga, Sierra de Zapalinamé, Ocampo y Don Martín. Nuestra modelación de la idoneidad climática para *A. chrysaetos* nos permitió identificar zonas prioritarias para la conservación que no se encuentran dentro de un área natural protegida, lo que implica que estas zonas idóneas para que habite *A. chrysaetos* sean consideradas prioritarias para la conservación de la especie.

Palabras clave: Accipitridae, conservación, Rancho Experimental Los Ángeles, rapaces, Sierra de Zapalinamé.

Abstarct

The Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) is a nationally threatened raptor, which is distributed from the north of the country to central Mexico. However, there are few reports of its presence within the distribution range in Mexico, as is the case for Coahuila. We carried out field observations in southeastern Coahuila during the period from 2017 to 2023, complemented by a review of field monitoring records in different databases. With these records, we generated environmental suitability modeling for the Golden Eagle using the MaxEnt algorithm to identify priority areas for conservation that are not located within a protected area. Monitoring records of the Golden Eagle largely demonstrated that the highest probability of

INFORMACIÓN SOBRE EL ARTÍCULO

Recibido:

28 de junio del 2023

Aceptado:

27 de noviembre del 2023

Editora Asociada:

Marisela Martínez Ruiz

Contribución de cada uno de los autores:

ACA, EGCL y EJCB: Registro fotográfico, identificación de la especie. ACA, EGCL, EJCB, JERA y JAED: trabajo en campo, revisión del manuscrito. JERA: Elaboración del manuscrito.

Cómo citar este documento:

Chavez-Lugo EG, Cruz-Bazan EJ, Cruz-Anaya A, Encina-Domínguez JA, Ramírez-Albores JE. 2023. De las montañas al valle: el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) en Coahuila, México. Huitzil Revista Mexicana de Ornitología 24(2):e-661. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2023.24.2.748>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

occurrence is found in the northwest and southeast portion of Coahuila in areas of desert scrub and natural grassland. The climate suitability model indicated that priority areas for conservation are located adjacent to protected areas such as Maderas del Carmen, Sierra de Arteaga, Sierra de Zapalinamé, Ocampo and Don Martín. Our modeling of climatic suitability for the Golden Eagle allowed us to identify priority areas for conservation that are not located within a natural protected area, which implies that these areas suitable for the Golden Eagle to inhabit should be considered priority areas for the species' conservation.

Keywords: Accipitridae, conservation, Los Angeles Experimental Ranch, raptors, Sierra de Zapalinamé.

Introducción

El Águila Real (*Aquila chrysaetos*) es una rapaz de la familia Accipitridae, con amplia distribución a nivel global (Kochert et al. 2002, BirdLife International 2021). En Norteamérica, se reconoce una de sus subespecies *A. c. canadensis* (Íñigo-Eliás 2000) que se distribuye desde Alaska y Canadá hasta el centro de México (Kochert et al. 2002, Wheeler 2003, Rodríguez-Estrella et al. 2020). En México, su distribución incluye el norte de México, desde la península de Baja California hasta el centro de México, con registros aislados en Oaxaca, Veracruz, Nayarit y Puebla (Howell y Webb 1995, Rodríguez-Estrella 2002, Rodríguez-Estrella y Rivera-Rodríguez 2005, Rodríguez-Estrella et al. 2020). Habita en bosques templados, matorrales xerófilos y pastizales (Rodríguez-Estrella 2002). Es una especie categorizada en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza de preocupación menor con población estable (BirdLife International 2021). Sin embargo, en varias regiones de Canadá y Estados Unidos se encuentra enlistada en protección (<https://www.fs.usda.gov/>; Katzner et al. 2012). Asimismo, a pesar de que *A. chrysaetos* tiene un significado socio-cultural y ecológico muy importante en México (Sergio et al. 2005, 2008; Lozano y Ávila 2009, Katzner et al. 2012), está catalogada como Amenazada en la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT 2010). Esto es debido a la pérdida y fragmentación de hábitat, cambio de uso de suelo, saqueo de nidos, colisiones con estructuras antropogénicas, ingesta de veneno por el uso de pesticidas y agroquímicos en áreas agrícolas y ganaderas (Rodríguez-Estrella 2002, Rodríguez-Estrella y Rivera-Rodríguez 2005, Smith et al. 2008, Nosedal et al. 2010, GBBO 2010,

Katzner et al. 2012). Por lo tanto, es necesario fomentar aún más sus estudios y estrategias de conservación.

En México, se han documentado escasos estudios sobre la modelación de áreas idóneas para *A. chrysaetos* (Farías et al. 2016, D'Addario et al. 2019, Flesch et al. 2020). Sin embargo, únicamente D'Addario et al. (2019) mencionan las variables utilizadas para la modelación, en las que destacan variables topográficas (altitud, pendiente), hidrográficas (distancia a cuerpos de agua), uso de suelo y vegetación (cobertura vegetal) y antropogénicas (densidad poblacional humana, distancia a caminos), concluyendo que las áreas idóneas se encuentran fragmentadas a lo largo de la distribución de *A. chrysaetos* y que solamente el 8% se encuentra dentro de un área protegida. Otros estudios solo asocian la presencia de *A. chrysaetos*, o de las áreas idóneas para esta especie, con los tipos de vegetación como matorrales, bosque de coníferas, chaparral y pastizal natural (de León-Girón et al. 2016, Farías et al. 2016, Flesch et al. 2020, Morales-Yáñez et al. 2023). Además, se han implementado estrategias para su conservación, como el Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE; CONANP 2008), que tiene como objetivo conocer los patrones de distribución y demográficos e identificar las necesidades críticas para la conservación de la especie, y programar acciones concretas para cubrirla. De acuerdo con información de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), en el 2018, se tenían registro de menos de 200 parejas reproductoras en el país (FMCN 2024). Por lo tanto, es necesario generar y aplicar estrategias de conservación basadas en información actual de la situación de la especie a nivel nacional.

Para Coahuila no existen publicaciones sobre patrones de distribución, biología o ecología de esta especie y solo se reconoce a Maderas del Carmen como un sitio importante de nidificación (CONANP 2008) y a la Sierra de Zapalinamé como zona de presencia y de probable anidación (PROFAUNA 2023). En este estudio documentamos los avistamientos de *A. chrysaetos* en Coahuila, y con ello identificamos áreas ambientalmente estables para la distribución geográfica, y que puedan ser consideradas como áreas prioritarias de conservación para la protección de esta especie en México. Como resultado, los registros aquí reportados son relevantes debido a que brindan un

panorama de la distribución de esta especie en la parte noreste del país.

Métodos

Observación e identificación de la especie

Durante el periodo de diciembre de 2006 a abril de 2023, realizamos observaciones en seis sitios dentro de los municipios de Saltillo y Arteaga ubicados en el sureste de Coahuila (Tabla 1, Fig. 1A). Para esto se apoyó con el uso de binoculares (Bushnell 10x45 mm, Bushnell 8x42 mm) y cámaras fotográficas (Nikon D3500, Nikon Coolpix B700, Canon T3, Nikon Coolpix P1000). Para la determinación taxonómica se utilizaron las siguientes señas de campo: coloración café oscuro con plumas de color dorado en la región del manto y coronilla; la parte ventral uniformemente café oscura y un poco clara en la base de la cola con color gris oscuro; y la cola presenta una banda terminal oscura y una banda ancha subterminal blanca (Howell y Webb 1995, Wheeler 2003, Sibley 2014).

Datos de ocurrencia

Las observaciones de campo fueron complementadas con registros obtenidos para México ($n = 2955$) de bases de datos como eBird (2023), Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2023, disponible en <http://www.gbif.org/species>), Naturalista (disponible en <https://www.naturalista.mx/>) y de registros publicados en diferentes revistas científicas. Hicimos las descargas del portal GBIF mediante “*rgbif*” (Chamberlain et al. 2019) en el programa R con la interfaz R-Studio 4.2.2 (R-Core Team 2018).

Variables bioclimáticas

Utilizamos las variables bioclimáticas obtenidas de WorldClim ver. 2.0 (<https://www.worldclim.org/>; Fick y Hijmans 2017), tres variables topográficas (elevación, pendiente y aspecto) obtenidas de Hydro1k project (USGS 2001) y la distancia a asentamientos humanos (distancia euclidiana obtenida a partir de ArcGis 10.2; ESRI 2011) con

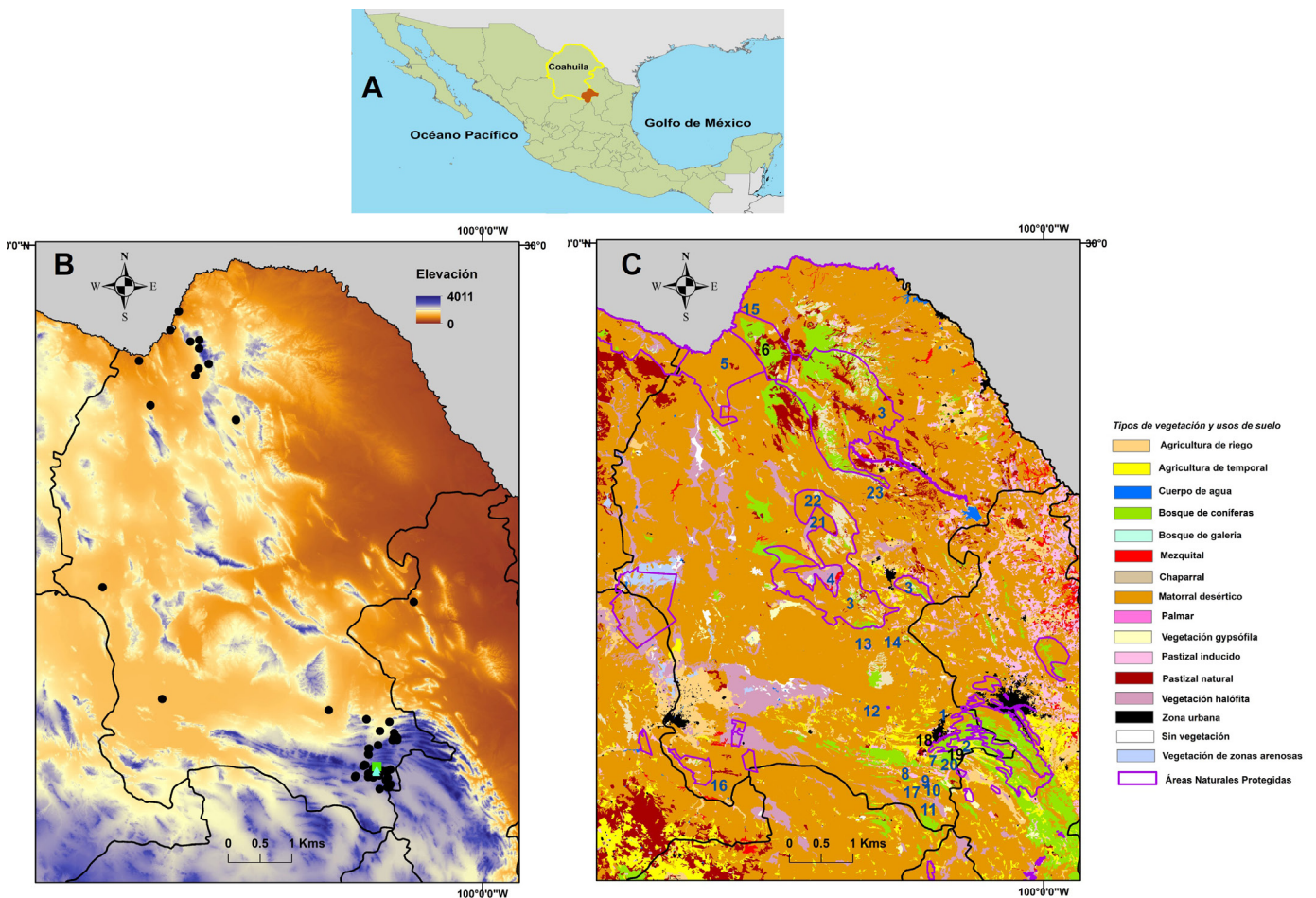


Figura 1. Ubicación del área de estudio en Coahuila (■, A), con registros del Águila Real (*Aquila chrysaetos*) en sobrevuelo (●), zonas de alimentación (▲) y ubicación de nidos (■) de acuerdo con la elevación (B) y de las Áreas Naturales Protegidas con los tipos de vegetación y uso de suelo (C). La numeración que aparece en el mapa corresponde a las áreas protegidas referidas en la Tabla 2.

una resolución espacial de 30 segundos (~1 km²). Utilizamos también los registros de ocurrencia de *A. chrysaetos* conocidos para la región en la construcción de los modelos. Hay que considerar que la mayoría de los datos de ocurrencia de *A. chrysaetos* provienen de registros en sobrevuelo. Sin embargo, asociamos estos registros a un punto geográfico dado que se han tenido registros frecuentes en los mismos, y por tanto eso nos da seguridad de que la especie está haciendo uso de ese sitio.

Construcción de los modelos climáticos

Aplicamos el algoritmo MaxEnt 3.4.4 (Phillips et al. 2006) para la modelación del nicho climático de *A. chrysaetos*. Este es un algoritmo utilizado para realizar predicciones o inferencias a partir de información incompleta estimando la distribución de especies a través de la búsqueda de la distribución probable de máxima entropía (Phillips et al. 2006). Se eligió este programa porque supera a la mayoría de los algoritmos de modelación de nicho en cuanto a la precisión de la predicción (Elith et al. 2006) y, además, produce modelos con capacidad predictiva aceptable a partir de un número bajo de registros de presencia (Pearson et al. 2007).

Dividimos los datos de ocurrencia en un conjunto de 25% de datos de prueba y otro 75% de datos de entrenamiento (Phillips et al. 2006).

La configuración de los modelos los realizamos en función logística, lo que brinda un estimado de entre 0 y 1 de probabilidad de presencia (Phillips et al. 2006), e hicimos 50 réplicas para los modelos actuales. Se evitó que MaxEnt extrapolara o aplicara la opción de sujeción para evitar una sobreestimación. Para evaluar el rendimiento del modelo valoramos su robustez con el área bajo la curva (AUC) de la gráfica de características operativas del receptor (ROC) (Phillips et al. 2006, Phillips y Dudik 2008, Mateo et al. 2011). Dado que el AUC es un indicador pobre de la precisión del modelo cuando no se utilizan datos de ausencia, calculamos también la modificación ROC parcial (pROC; Peterson et al. 2008) utilizando NicheToolBox (Osorio-Olvera et al. 2020) para evitar los problemas asociados a estas evaluaciones (Lobo et al. 2008).

La contribución relativa de cada variable para predecir la distribución potencial de las condiciones climáticas adecuadas se evaluó mediante una prueba de *Jackknife*, la cual permite conocer las variables que predicen de manera efectiva la distribución de los datos de ocurrencia (Phillips et al. 2006). Para definir el área de accesibilidad o dispersión histórica ("M"; Soberón y Peterson 2005), utilizamos una intercepción de los puntos de ocurrencia de la especie con el mapa de regionalización de las provincias biogeográficas de México propuestas por Morrone (2014). Lo anterior, supone que la intercepción de estas dos regiones puede definir los límites históricos



Figura 2. Evidencia fotográfica de la presencia del Águila Real (*Aquila chrysaetos*) en Coahuila. Individuos en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé (A, B; fotos: Arturo Cruz-Anaya), y en el Rancho Experimental Los Ángeles (C, foto: Eber G. Chavez-Lugo).

Tabla 1. Sitios de avistamientos en campo del Águila Real (*Aquila chrysaetos*) en los municipios de Arteaga y Saltillo en el sureste de Coahuila.

Localidad	Fecha de avistamiento	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Observación	Hábitat
Municipio de Arteaga	01/03/2017	25°23'46"N, 100°49'35"O	2786	Individuo juvenil sobrevolando en la cumbre	Pastizal natural con individuos esparcidos de <i>Pinus remota</i>
Las Nieves II	18/06/2017	25°24'12"N, 100°49'11"O	2587	Individuo adulto sobrevolando en el cañón, con dirección sur	Bosque de <i>Cupressus arizonica</i> - <i>Pinus cembroides</i> sobre rocas lisas y escarpadas
	22/08/2017	25°24'11"N, 100°49'12"O	2585	Individuo adulto sobrevolando	Materral desértico rosetófilo
	22/12/2017	25°24'09"N, 100°49'13"O	2579	Dos individuos adultos sobrevolando juntos en aparente cortejo o defensa de territorio	Rocas lisas y escarpadas
	20/02/2018	25°24'06"N, 100°49'14"O	2580	Individuo adulto sobrevolando hacia al fondo del cañón	Rocas lisas y escarpadas
	10/03/2023	25°24'26"N, 100°49'38"O	2176	Individuo adulto sobrevolando hacia la cumbre	Rocas lisas y escarpadas
	07/06/2022	25°23'47"N, 100°49'36"O	2765	Individuo adulto sobrevolando hacia la cumbre	Rocas lisas y escarpadas
	15/05/2019	25°24'11"N, 100°49'12"O	2585	Dos individuos adultos sobrevolando juntos	Rocas lisas y escarpadas
	20/03/2019	25°24'04"N, 100°49'17"O	2627	Individuo juvenil sobrevolando hacia el sur	Rocas lisas y escarpadas

Localidad	Fecha de avistamiento	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Observación	Hábitat
	19/03/2020	25°24'04"N, 100°49'17"O	2627	Dos individuos adultos sobrevolando juntos la cumbre	Rocas lisas y escarpadas
	21/09/2020	25°24'04"N, 100°49'17"O	2627	Dos individuos adultos sobrevolando juntos la cumbre	Rocas lisas y escarpadas
	01/10/2019	25°24'15"N, 100°49'10"O	2546	Individuo adulto sobrevolando hacia el norte	Bosque de coníferas
	10/03/2021	25°24'11"N, 100°49'12"O	2585	Dos individuos sobrevolando juntos sobre la cumbre	Pastizal natural y chaparral
Cañón de El Chorro	03/07/2017	25°24'55"N, 100°48'11"O	1857	Dos individuos adultos sobrevolando juntos en la parte baja del cañón	Matorral desértico xerófilo
	05/07/2017	25°24'12"N, 100°47'37"O	1976	Dos individuos adultos en sobrevuelo y perseguidos por cuervos (<i>Corvus corax</i>)	Matorral desértico xerófilo
	07/07/2017	25°24'38"N, 100°48'27"O	1856	Un individuo adulto y uno juvenil sobrevolando en la parte baja del cañón	Matorral desértico xerófilo
Rancho El Aguajito	24/02/2019	25°23'04"N, 100°50'13"O	2459	Un individuo juvenil sobrevolando al interior del cañón. Avistamiento realizado durante las labores de extinción del incendio El Karibú que duró del 22 de febrero al 24 de febrero	Matorral desértico xerófilo
Municipio de Saltillo	04/11/2022	25°15'23"N, 101°04'01"O	2034	Un individuo sobrevolando cerca de las rocas lisas y escarpadas localizadas hacia el norreste	Matorral desértico xerófilo
Santa Teresa					
La Encantada	18/09/2018	25°18'35"N, 101°03'24"O	1896	Un individuo adulto sobrevolando en dirección norreste	Pastizal natural y chaparral
Rancho Experimental Los Angeles					

Localidad	Fecha de avistamiento	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Observación	Hábitat
	25/02/2022	25°04'30" N, 100°59'23" O	2212	Un individuo adulto sobrevolando en áreas de madrigueras de perrito de la pradera (<i>Cynomys mexicanus</i>), víbora de cascabel (<i>Crotalus</i> spp.), liebre de cola negra (<i>Lepus californicus</i>), conejo del Desierto (<i>Sylvilagus audubonii</i>) y conejo serrano (<i>S. floridanus</i>) que probablemente sean sitios de alimentación para el <i>A. chrysaetos</i>	Matorral desértico xerófilo y pastizal natural
	16/04/2022	25°05'10" N, 100°59'22" O	2223	Un individuo adulto sobrevolando en áreas de madrigueras de perrito de la pradera (<i>Cynomys mexicanus</i>), víbora de cascabel (<i>Crotalus</i> spp.), liebre de cola negra (<i>Lepus californicus</i>), conejo del Desierto (<i>Sylvilagus audubonii</i>) y conejo serrano (<i>S. floridanus</i>) que probablemente sean sitios de alimentación para el <i>A. chrysaetos</i>	Matorral desértico xerófilo y pastizal natural
	16/04/2023	25°05'45" N, 100°59'41" O	2365	Un individuo adulto sobrevolando en áreas de madrigueras de perrito de la pradera (<i>Cynomys mexicanus</i>), víbora de cascabel (<i>Crotalus</i> spp.), liebre de cola negra (<i>Lepus californicus</i>), conejo del Desierto (<i>Sylvilagus audubonii</i>) y conejo serrano (<i>S. floridanus</i>) que probablemente sean sitios de alimentación para el <i>A. chrysaetos</i>	Matorral desértico xerófilo y pastizal natural
	03/04/2023	25°06'34" N, 100°59'04" O	2137	Un individuo adulto sobrevolando en áreas de madrigueras de perrito de la pradera (<i>Cynomys mexicanus</i>), víbora de cascabel (<i>Crotalus</i> spp.), liebre de cola negra (<i>Lepus californicus</i>), conejo del Desierto (<i>Sylvilagus audubonii</i>) y conejo serrano (<i>S. floridanus</i>) que probablemente sean sitios de alimentación para el <i>A. chrysaetos</i>	Matorral desértico xerófilo y pastizal natural

Localidad	Fecha de avistamiento	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Observación	Hábitat
	25/07/2022	25°06'59"N, 100°59'35" O	2144	Un individuo adulto sobrevolando en áreas de madrigueras de perrito de la pradera (<i>Cynomys mexicanus</i>), víbora de cascabel (<i>Crotalus</i> spp.), liebre de cola negra (<i>Lepus californicus</i>), conejo del Desierto (<i>Sylvilagus audubonii</i>) y conejo serrano (<i>S. floridanus</i>) que probablemente sean sitios de alimentación para el <i>A. chrysaetos</i>	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	12/11/2020	24°05'43" N, 100°58'44" O	2210	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	25/03/2023	25°05'45" N, 100°59'25" O	2245	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	02/03/2023	25°06'12" N, 100°59'33" O	2265	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	25/04/2023	25°06'27" N, 100°59'01" O	2143	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
		25°06'46" N, 100°58'56" O	2140	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
		25°07'03" N, 100°59'12" O	2145	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
		25°07'10" N, 101°00'07" O	2157	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural

Localidad	Fecha de avistamiento	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Observación	Hábitat
	02/03/2023	25°07'49" N, 100°59'25" O	2236	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	25/04/2023	25°06'46" N, 101°01'17" O	2145	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
		25°07'27" N, 101°00'55" O	2148	Un individuo adulto sobrevolando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	03/08/2022	25°05'57" N, 100°59'35" O	2242	Dos individuos adultos sobrevolando juntos	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	27/04/2023	25°06'50" N, 100°59'29" O	2135	Dos individuos adultos sobrevolando juntos en áreas de madrigueras de perrito de la pradera (<i>Gymnomys mexicanus</i>), víbora de cascabel (<i>Crotalus</i> spp.), fiebre de California (<i>Lepus californicus</i>), conejo del Desierto (<i>Sylvilagus audubonii</i>) y conejo serrano (<i>S. floridanus</i>) que probablemente sean sitios de alimentación para el <i>A. chrysaetos</i>	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	27/04/2023	25°06'21" N, 100°59'03" O	2157	Un individuo perchando	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural
	01/05/2023	25°08'14" N, 100°59'12" O	2383	Ubicación de nido no activo a la fecha del registro, pero si para años anteriores	Matorrall desértico xerófilo y pastizal natural

(o evolutivos) y ecofisiológicos (o dispersión), incluyendo las principales barreras geográficas, los límites de tolerancia y las necesidades a ciertas condiciones abióticas de la especie en el espacio geográfico (Peterson et al. 2011; Prieto-Torres et al. 2019, 2020). Los datos obtenidos se representaron en ArcGis 10.2 (ESRI 2011).

Idoneidad climática dentro de las áreas naturales protegidas

Después de identificar las áreas de mayor idoneidad climática para *A. chrysaetos*, realizamos un análisis espacial para la estimación de las áreas climáticamente estables para la especie y la estimación del porcentaje de área distribución potencial de la especie incluida dentro de algún área protegida. Para determinar la importancia del sistema de Áreas Naturales Protegidas (ANPs) en la conservación del *A. chrysaetos* (Figuroa y Sánchez-Cordero 2008), calculamos la proporción (en km²) de las áreas de distribución potencial de esta especie dentro de las ANPs. Para ello, comparamos los mapas de distribución de la especie con los polígonos de vegetación y uso del

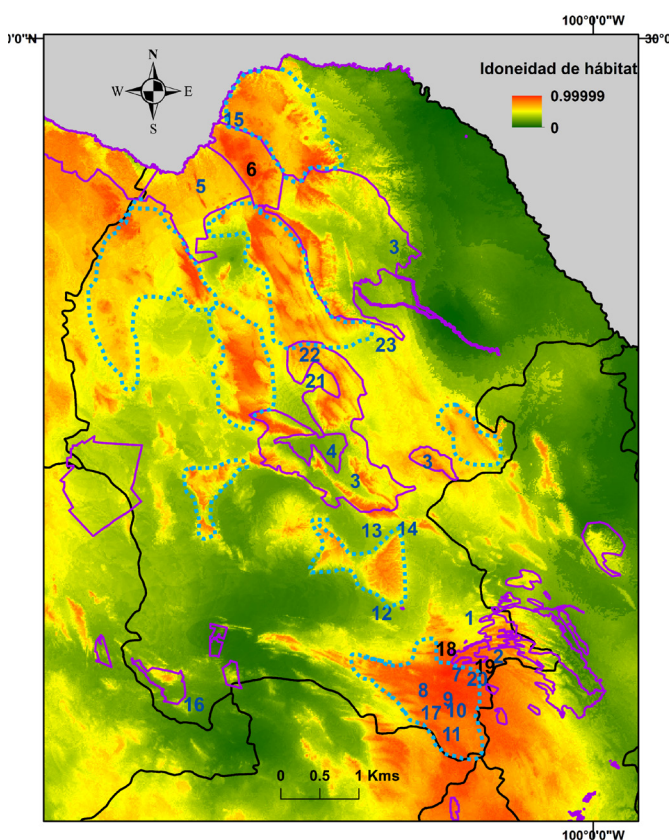


Figura 3. Idoneidad climática del hábitat para el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) en Coahuila, indicando ubicación de las Áreas Naturales Protegidas (----) y los sitios propuestos para conservación (----)

suelo serie VII del INEGI (<https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>), distribución de las ANPs obtenidos del portal Protected Planet (<https://www.protectedplanet.net/en>), de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (<http://sig.conanp.gob.mx/>) y de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Coahuila (<https://sma.gob.mx/anp/>).

Resultados

Obtuvimos 39 registros en campo de *A. chrysaetos* (Tabla 1), observando de 1 a 3 individuos (Fig. 2) a diferentes horas del día, entre 8:00-11:00 h y 16:00-18:00 h. Cabe aclarar que en ocasiones se llegaron a observar 2 y hasta 3 individuos sobrevolando juntos en el mismo sitio (Tabla 1). Las águilas sobrevolaron zonas de matorral desértico y pastizales naturales (o zacatal semidesértico) con diferente intensidad de pastoreo (Tabla 1, Fig. 2). Los registros se realizaron en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé y en el Rancho Experimental Los Ángeles (Tabla 1).

Nuestros registros de observaciones, además de los reportados en bases de datos y literatura en diferentes áreas de Coahuila, evidenciaron la presencia en mayor medida de individuos de *A. chrysaetos* en la parte noroeste y sureste de Coahuila, ubicados a mayores altitudes (Fig. 1B) con una media de $1,947 \pm 458$ m s.n.m. (rango: 665 - 2,775 m s.n.m.), en zonas con vegetación de matorral desértico y pastizales naturales (Fig. 1C). En Coahuila existen 24 Áreas Naturales Protegidas que presentan condiciones climáticas adecuadas para *A. chrysaetos* (Tabla 2, Fig. 3). La modelación en MaxEnt indicó que el patrón de distribución de *A. chrysaetos* se encuentra en la parte noroeste (abarcando ANPs como Maderas del Carmen), centro (abarcando ANPs como Don Martín y Cuatro Ciénegas) y sureste (abarcando ANPs como Sierra de Arteaga y Sierra de Zapalinamé) y, en menor medida, en la parte noreste y suroeste (donde se ubican ANPs como Mapimí). Esto es debido a que estas últimas áreas presentan grandes extensiones de agricultura de temporal, matorral desértico y pastizales (o zacatal) inducido (Fig. 1C).

Según los modelos, la idoneidad climática del hábitat para *A. chrysaetos* es de 19,543.35 km², de la cual solo 7,260.39 km² (37.1%) se encuentra dentro de alguna ANP (Tabla 2), mientras que el resto (12,282.96 km², 62.9%) está fuera de ellas (Fig. 3). A su vez, esta idoneidad climática coincide con los macizos montañosos de la Sierra Madre Oriental como Sierra de Arteaga, Sierra de Zapalinamé y

Tabla 2. Idoneidad climática del hábitat para el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) dentro de las Áreas Naturales Protegidas de Coahuila.

ID	Área Natural Protegida	Superficie (km ²)	Superficie de idoneidad de hábitat dentro del ANP: <i>A. chrysaetos</i> (km ²)
1	Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Abastecedora del Distrito Nacional de Riego 026 Porción Sierra de Arteaga	1,012.36	594.97
2	Reserva Natural Voluntaria Las Delicias	0.79	0.79
3	Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Abastecedora del Distrito Nacional de Riego 004 Don Martín	15,193.85	5,174.0
4	Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas	843.47	6.36
5	Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo	3,442.38	80.1
6	Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen	2,083.81	757.0
7	Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé	257.68	230.0
8	Reserva Natural Voluntaria La India	16.22	16.22
9	Reserva Natural Voluntaria Cuatro Gorriones	1.22	1.15
10	Reserva Natural Voluntaria Loma del Gorrión	1.14	0.96
11	Reserva Natural Voluntaria El Palmar	0.40	0.38
12	Reserva Natural Voluntaria El Órgano	34.02	34.02
13	Reserva Natural Voluntaria La Viga	46.67	19.3
14	Reserva Natural Voluntaria La Muralla	149.60	10.4
15	Reserva Natural Voluntaria Sierra San Vicente	149.32	149.32
16	Reserva Municipal Sierra y Cañón de Jimulco	604.68	32.94
17	Reserva Natural Estatal Guadalupe Victoria	2.0	2.0
18	Zona de Restauración Ecológica Zapalinamé	19.66	19.66
19	Reserva Natural Voluntaria La Reforma	0.16	0.16
20	Reserva Voluntaria Estatal Venustiano Carranza	0.08	0.08
21	Reserva Natural Voluntaria El Rescalco	93.45	93.45
22	Reserva Natural Voluntaria Potrero del Cuatralbo	13.87	13.87
23	Reserva Natural Voluntaria La Misión	23.26	23.26

Sierra del Carmen. Esta idoneidad climática está influenciada por elevaciones entre 665 a 2,775 m s.n.m. (Fig. 1B) con pendientes entre 0 a 21.76° dominadas por zonas de matorral desértico y pastizales naturales.

Discussion

En la presente evaluación, determinamos que la distribución de *A. chrysaetos* en Coahuila se encuentran en elevaciones entre los 665 a 2775 m s.n.m. en zonas con mayor cobertura de matorrales desérticos y pastizales naturales. Este mismo patrón coincide con lo reportado en otros estudios realizados en Chihuahua, Sonora, Guanajuato, Baja California y Zacatecas (Bravo y Guzmán-Aranda

2014, Campos-Rodríguez et al. 2016, de León-Girón et al. 2016, Flesch et al. 2020, Morales-Yáñez et al. 2023). Esto a pesar de que Íñigo-Eliás (2000) menciona que *A. chrysaetos* habita en una gran variedad de tipos de vegetación. Cabe destacar que en esta cobertura vegetal existe una mayor abundancia de presas para *A. chrysaetos*, que se basa principalmente de pequeños mamíferos como perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*), liebre de cola negra (*Lepus californicus*) y conejos (*Sylvilagus audubonii*, *S. floridanus*) (Bravo y Guzmán-Aranda 2014, Bravo et al. 2015, Campos-Rodríguez et al. 2016, 2019; Pineda-Pérez et al. 2018).

La idoneidad climática adecuada para *A.*

chrysaetos en Coahuila corresponden con matorrales desérticos y pastizales naturales, siendo la altitud, temperatura mínima del mes más frío, la temperatura media del trimestre más cálido y el rango anual de temperatura los requerimientos ambientales de mayor importancia en su distribución. En el estudio de distribución potencial de D'Addario et al. (2019) a pesar de que utilizaron otras o más variables, mencionan que las variables que mejor explicaron la idoneidad ambiental para *A. chrysaetos* fueron elevación, pendiente y la distancia a los poblados. Los resultados son similares con lo obtenido por Bravo y Guzmán-Aranda (2014), Campos-Rodríguez et al. (2016) y Morales-Yáñez et al. (2023) quienes mencionan que la preferencia del terreno depende de la rugosidad y de la altura de las paredes rocosas. Lo anterior, también concuerda con las poblaciones europeas (López-López et al. 2007, Ștefănescu y Bălescu 2019, Lozano y Murua 2020), ya que estas zonas son de gran aptitud para la construcción de nidos y con un mayor éxito reproductivo.

Nuestra modelación de la idoneidad climática para *A. chrysaetos* permite identificar zonas prioritarias para la conservación que no se encuentran dentro de un área natural protegida, las cuales se ubican a los alrededores de Maderas del Carmen, Sierra de Arteaga, Sierra de Zapalinamé, Ocampo y Don Martín. Lo anterior, implica que estas zonas idóneas para que habite *A. chrysaetos* sean consideradas prioritarias para su conservación. No obstante, las amenazas antropogénicas como el crecimiento demográfico, minería, plaguicidas y la actividad agropecuaria pueden afectar la disponibilidad de sitios adecuados para el establecimiento de nidos y del hábitat de forrajeo de *A. chrysaetos*, ubicados dentro y fuera de áreas protegidas, por lo que es imprescindible tomar ambos factores en cuenta para garantizar la conservación de esta especie (Pérez 2014, de León-Girón et al. 2016, Farías et al. 2016, D'Addario et al. 2019, Flesch et al. 2020). Por tanto, el establecimiento e implementación de acciones de conservación como la ampliación o la creación de áreas protegidas considerando el modelo de nicho climático, ya sean de tipo federal, estatal, municipal, *comunitaria*, *ejidal* o *privada*, deben de ser contempladas dentro de los planes de manejo y programas de ordenamiento territorial locales y regionales.

Agradecimientos

Agradecemos a PROFAUNA por el apoyo logístico,

en especial a Sergio Marines y a Rafael Cárdenas. A los Fondos Institucionales de Investigación para los proyectos 25311-425202001-2391, 38111-425104001-2178 y 38111-425104001-2389 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y a las becas de postgrado (758841, 763362) por parte del CONACyT. A Ricardo Vásquez Aldape y Pedro Carrillo López y a todo el personal a cargo del Rancho Experimental Los Ángeles, por el apoyo logístico y las facilidades otorgadas. A Marco Villarreal por las facilidades otorgadas durante la realización de los monitoreos. Al Programa de Servicios Ambientales de CONAFOR.

Literatura citada

- BirdLife International. 2021. *Aquila chrysaetos*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T22696060A202078899. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T22696060A202078899.en>. Consultado 28 Abril 2023.
- Bravo MG, Guzmán-Aranda JC. 2014. Distribución potencial del águila real (*Aquila chrysaetos*) en el Altiplano Mexicano a través de monitoreo y modelos HSI basados en Sistemas de Información Geográfica. Protección de la Fauna Mexicana, A.C. Informe Final SNIB-CONABIO, proyecto No. GT028. México, D.F.
- Bravo MG, Mireles MC, Zúñiga MJ, Carreón HE. 2015. Composición y amplitud de la dieta del águila real en Chihuahua, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 31: 116-119
- Campos-Rodríguez JI, Sosa-Guerrero O, Flores-Leyva X. 2016. Avistamientos recientes del águila real (*Aquila chrysaetos*) en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato, México y sus consecuencias en el Plan de Manejo. Huitzil Revista Mexicana de Ornitología 17:192-197. <http://dx.doi.org/10.28947/hrmo.2016.17.2.246>
- Campos-Rodríguez JI, Flores-Leyva X, Pérez-Valera D, García-Martínez DP. 2019. Anidación del águila real en el sureste de Zacatecas, México. Huitzil Revista Mexicana de Ornitología 20: e-495. <http://dx.doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.1.394>
- Chamberlain S, Barve V, Mcglinn D, Oldoni D, Desmet P, Geffert L, Ram K. 2019.

- Rgbif: interface to the Global Biodiversity Information Facility API. R package version 1.2.0. Disponible en <https://cran.r-project.org/web/packages/rgbif/index.html>
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2008. Programa de Acción para Conservación de la Especie: Águila Real (*Aquila chrysaetos*). SEMARNAT. México, D.F.
- de León-Girón G, Rodríguez-Estrella R, Ruiz-Campos G. 2016. Current distribution status of Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) in northwestern Baja California, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 1328–1335. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.003>
- D'Addario M, Monroy-Vilchis O, Zarco-González MM, Santos-Fita D. 2019. Potential distribution of *Aquila chrysaetos* in Mexico: implications for conservation. *Avian Biology Research* 12: 33–41. <https://doi.org/10.1177/1758155918823428>
- eBird. 2023. eBird: an online database of bird distribution and abundance [web application]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY. Disponible en <https://www.ebird.org>
- Elith J, Graham CH, Anderson RP, Dudík M, et al. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129–151. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>
- ESRI. 2011. ArcGIS for Desktop 10.0. Consultado en <https://www.esri.com>
- Farías V, Hernández O, Arizmendi MC, et al. 2016. Registro notable de Águila Real (*Aquila chrysaetos*) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 1153–1158. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.001>
- Fick SE, Hijmans RJ. 2017. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Figueroa F, Sánchez-Cordero V. 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent use and land cover change in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 17: 3223–3240. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01660-3>
- Flesch AD, Rodríguez-Estrella R, Gallo-Reynoso JP, Armenta-Méndez L, Montiel-Herrera M. 2020. Distribution and habitat of the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) in Sonora, Mexico, 1892–2015. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91: e913056. <https://doi.org/10.2220/ib.20078706e.2020.91.3056>
- FMCN (Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza). 2024. Salvemos al águila real. Disponible en <https://fmcn.org/es/proyectos/salvemos-el-aguila-real>
- GBBO (Great Basin Bird Observatory). 2010. Nevada Comprehensive Bird Conservation Plan, ver. 1.0. Great Basin Bird Observatory, Reno, NV. Available at https://www.gbbo.org/bird_conservation_plan.html
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2023. *Aquila chrysaetos*. GBIF Occurrence Download: <https://doi.org/10.15468/dl.33rm99>
- Howell SNG, Webb S. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press, Oxford.
- Íñigo-Elías E. 2000. Águila real. Pp. 117–119. En Ceballos G, Márquez-Valdelamar L (coords.), *Las aves de México en peligro de extinción*. Fondo de Cultura Económica, Conabio, Instituto de Ecología-UNAM. México, D.F.
- Katzner T, Smith BW, Miller TA, Brandes D, Cooper J, Lanzone M, Bildstein KL. 2012. Status, biology, and conservation priorities for North America's eastern Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) population. *Auk* 129: 168–176. <https://doi.org/10.1525/auk.2011.11078>
- Kochert MN, Steenhof K, McIntyre CL, Craig EH. 2002. Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*). En: Poole A, Gill F (eds.), *The birds of North America*, No. 684, The Birds of North America, Inc. Philadelphia, PA.
- Lobo JM, Jiménez-Valverde A, Real R. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17: 145–151. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>
- López-López P, García-Ripollés C, Soutullo A, Cadahía L, Urios V. 2007. Identifying potentially suitable nesting habitat for golden eagles applied to “important bird areas” design.

- Animal Conservation 10: 208–218. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2006.00089.x>
- Lozano LF, Ávila H. 2009. Águila Real, el símbolo nacional de México en riesgo. Instituto del Medio Ambiente (IMAE) de Aguascalientes-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Lozano PJ, Murua P. 2020. Determinación de la distribución actual y potencial del águila real (*Aquila chrysaetos*) en el sector occidental de Álava (País Vasco). Pirineos 175: e054. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2020.175004>
- Mateo RG, Felicísimo AM, Muñoz J. 2011. Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. Revista Chilena de Historia Natural 84: 217-240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Morales-Yáñez I, Rodríguez-Estrella R, Gatica-Colima AB. 2023. Selección de sitios de anidación por el águila real *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758) (Accipitridae) en Janos, Chihuahua, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 39:1-14. <https://doi.org/10.21829/azm.2023.3912564>
- Morrone JJ. 2014. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. Zootaxa 3782: 1–110. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>
- Nocedal J, Zúñiga-Fuentes A, Arroyo SI. 2010. El águila real (*Aquila chrysaetos*) en el Estado de Durango, México: distribución e implicaciones para su protección y conservación. El Canto del Cenzontle 1: 134–147.
- Osorio-Olvera L, Lira-Noriega A, Soberón J, et al. 2020. NTBOX: An R package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches. Methods in Ecology and Evolution 11: 1199-1206. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13452>
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. Journal of Biogeography 34: 102–117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x>
- Peterson AT, Papes M, Soberón J. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. Ecological Modelling 213: 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.ecolm.odel.2007.11.008>
- Peterson AT, Soberón J, Pearson RG, et al. 2011. Ecological niches and geographical distributions. Monographs in Population Biology 49. Princeton: Princeton University Press.
- Phillips SJ, Dudik M. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: New extensions and a comprehensive evaluation. Ecography 31: 161-175. <https://dx.doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling 190: 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolm.odel.2005.03.026>
- Pineda-Pérez FE, Tarango-Arámbula LA, Lozano-Cavazos EA, Rafael-Valdez J, Cruz-Labana JD. 2018. Acciones de conservación del águila real (*Aquila chrysaetos*) y perrito de las praderas (*Cynomys* sp.). Agroproductividad 11: 3-8.
- Prieto-Torres DA, Rojas-Soto OR, Bonaccorso E, Santiago-Alarcón D, Navarro-Sigüenza AG. 2019. Distributional patterns of Neotropical seasonally dry forest birds: a biogeographical regionalization. Cladistics 35: 446-460. <https://doi.org/10.1111/cla.12366>
- Prieto-Torres DA, Lira-Noriega A, Navarro-Sigüenza AG. 2020. Climate change promotes species loss and uneven modification of richness patterns in the avifauna associated to Neotropical seasonally dry forests. Perspectives in Ecology and Conservation 18: 19-30. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.01.002>
- PROFAUNA. 2023. Objeto de conservación: Nivel 3a. Especies de fauna Águila real (*Aquila chrysaetos*). Disponible en <https://www.zapaliname.org/>
- R-Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Rodríguez-Estrella R. 2002. A survey of golden eagles in northern Mexico in 1984 and recent records in central and southern Baja California peninsula. Journal of Raptor Research 36:3–9.
- Rodríguez-Estrella R, Rivera-Rodríguez L. 2005.

- Ficha técnica de *Aquila chrysaetos*. En Fichas de las especies de aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROYNOM-ECOL-2000. Parte 2, Escalante P (comp.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W042. México, D.F.
- Rodríguez-Estrella R, Lafón A, de León G, Nocedal J, Chapa L, Scott L, Eccardi F, Ojeda J, Lozano A. 2020. Informe del Programa de Monitoreo del Águila Real en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste (CIBNOR). México D.F. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/JB004_Anexo_Programa_Monitoreo_Aguila_Real.pdf.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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. Disponible en <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat2010#:~:text=Esta%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20tiene.riesgo%20para%20las%20especies%20>.
- Sergio F, Newton I, Marchesi L. 2005. Top predators and biodiversity. *Nature* 436:192. <https://doi.org/10.1038/436192a>
- Sergio F, Caro T, Brown D, et al. 2008. Top predators as conservation tools: ecological rationale, assumptions, and efficacy. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39:1–19.
- Sibley DA. 2014. *The Sibley guide to birds*. National Audubon Society. Knopf Publishing Group. New York.
- Smith JP, Farmer CJ, Hoffman SW, Kaltenecker GS, Woodruff KZ, Sherrington PF. 2008. Trends in autumn counts of migratory raptors in Western North America. Pp. 217–252. En: Bildstein KL, Smith JP, Ruelas-Inzunza E, Veit RR (eds.), *State of North America's birds of prey*. Cambridge, Nuttall Ornithological Club, American Ornithologist's Union. Washington, D.C.
- Soberón J, Peterson AT. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Information* 2:1–10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
- Ștefănescu DM, Bălescu DC. 2019. Predicting the distribution of Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) in Romania using the Maxent method. *North-Western Journal of Zoology* 15:67-74.
- USGS. 2001. HYDRO1k elevation derivate database [dataset]. Sioux Falls, SD: U.S. Geological Survey Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. Retrieved from http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/-Products_and_Data_Available/gtopo30/hydro
- Wheeler BK. 2003. *Raptors of western North America*. Princeton University Press. Princeton.