

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-Arámbula, 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

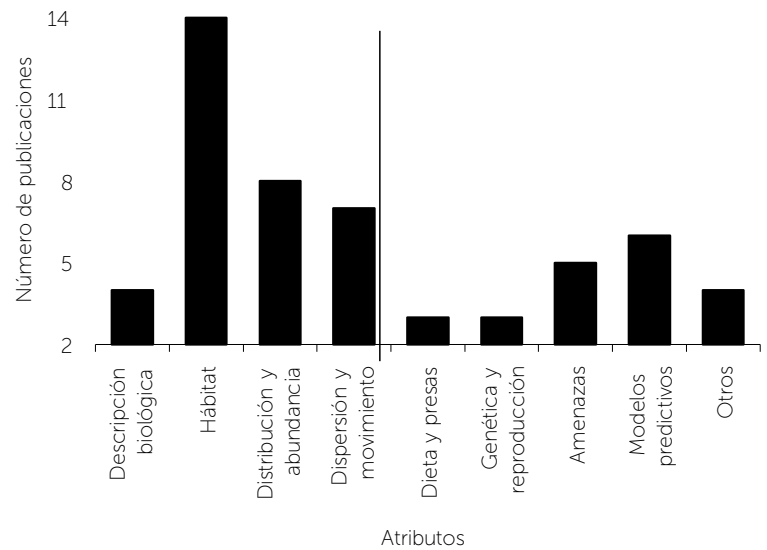


Figura 1. Número de publicaciones de búho manchado mexicano de 2012 a 2020 agrupadas por atributo.

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).

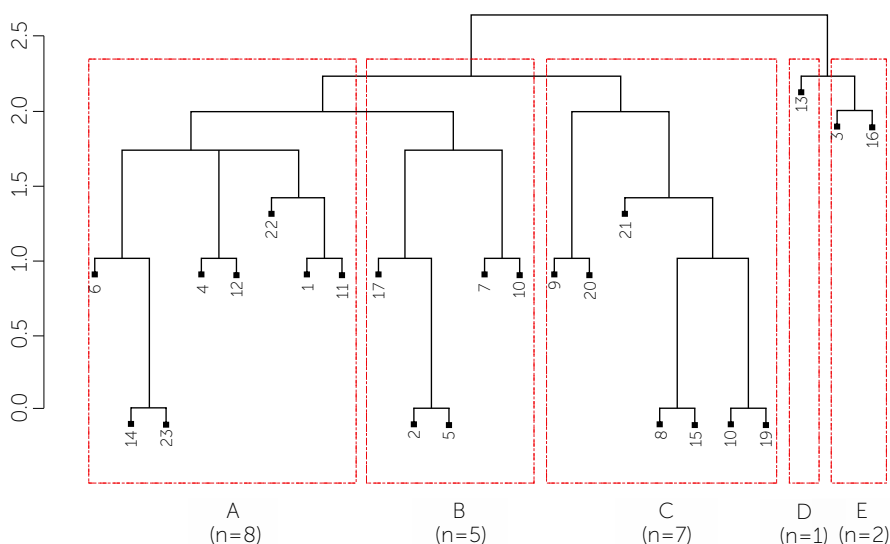


Figura 2. Análisis de conglomerado jerárquico de $n=23$ artículos científicos de búho manchado mexicano publicados de 2012 a 2020. Los rectángulos rojos indican cinco grupos (A=relaciones del hábitat, B=amenazas, C=distribución, D=revisión bibliográfica, E=dinámica poblacional) la altura del árbol (eje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

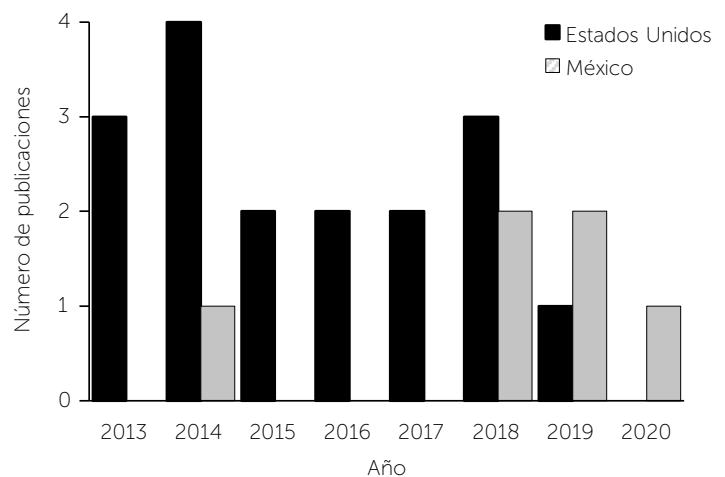


Figura 3. Número de publicaciones de búho manchado mexicano realizadas en Estados Unidos y México de 2012 a 2020.

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>.