

Potential distribution of the Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida* Nelson 1903) in Aguascalientes, Durango, Jalisco and Zacatecas, Mexico

Distribución potencial del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida* Nelson 1903) en Aguascalientes, Durango, Jalisco y Zacatecas, México

Palma-Cancino, Davira Yolanda¹; Tarango-Arámbula, Luis Antonio^{2*}; Ugalde-Lezama, Saul³; Alcántara-Carbajal, José Luis²; Olmos-Oropeza, Genaro²; Ángeles-Pérez, Gregorio²; Rincón-Ramírez, Joaquín Alberto²

¹Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C. Mérida, Yucatán, México. C. P. 97205. ²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ³Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: ltarango@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To estimate the potential distribution of the threatened *Strix occidentalis lucida* in a portion of central Mexico and contribute with information throughout its range for conservation.

Design/methodology/approach: The Maxent algorithm and the ArcMap software were used with 21 records of the presence of the Mexican spotted owl, 19 bioclimatic layers, four layers of the digital elevation model, one of cover, and one of vegetation and land use to model the potential distribution. A map with different distribution categories was created with ArcMap and QGIS.

Results: The modeling of the distribution has a ROC curve value of 0.984 that indicates a good prediction. Three categories of probability of distribution were obtained. The layers with the greatest contribution to the model were the elevation, cover, vegetation, and six bioclimatic layers of precipitation and temperature. The area in km² and the municipalities corresponding to each category of distribution by state were obtained.

Limitations on study/implications: Maxent seems to be a useful tool to define the distribution of *Strix occidentalis lucida*. However, to validate its results it is necessary to verify in the field the presence of this species at the sites indicated by this model.

Findings/conclusions: The coverage, vegetation, elevation, precipitation and temperature were the variables that most explained the potential distribution model and correspond to those reported in the literature for the species. Zacatecas presented the largest area with a very high probability of distribution.

Keywords: potential habitat, conservation tool, presence prediction.

RESUMEN

Objetivo: Estimar la distribución potencial de la especie amenazada *Strix occidentalis lucida* en una porción del centro de México y contribuir con información en todo su ámbito de distribución para su conservación.

Diseño/metodología/aproximación: Se empleó el algoritmo Maxent y el software ArcMap utilizando 21 registros de presencia del tecolote moteado mexicano, 19 capas bioclimáticas, cuatro capas del modelo digital de elevación, una de cobertura, y una de vegetación y uso de suelo para modelar la distribución potencial. Se creó un mapa con diferentes categorías de distribución con ArcMap y QGIS.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 1, enero. 2020. pp: 23-28.

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



Resultados: La modelación de la distribución tiene un valor de la curva ROC de 0.984 lo que indica una predicción buena. Se obtuvieron tres categorías de probabilidad de distribución. Las capas con mayor contribución al modelo fueron la capa de elevación, cobertura, vegetación, y seis capas bioclimáticas de precipitación y temperatura. Se obtuvo la superficie en km² y los municipios correspondientes a cada categoría de distribución por cada estado.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Maxent parece ser una herramienta útil para definir la distribución de *Strix occidentalis lucida*. Sin embargo, para validar sus resultados es necesario comprobar en campo la presencia de esta especie en los sitios indicados por este modelo.

Hallazgos/conclusiones: La cobertura, vegetación, elevación, precipitación y temperatura fueron las variables que más explicaron el modelo de distribución potencial y corresponde con los reportados en la literatura para la especie. Zacatecas presentó la mayor superficie con muy alta probabilidad de distribución.

Palabras clave: hábitat potencial, herramienta para conservación, predicción de presencia.

INTRODUCCIÓN

El tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) es la única subespecie de *S. occidentalis* que se distribuye en México y se encuentra listada como amenazada en la NOM-059-SEMARNAT 2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2010). Esta especie se distribuye en bosques mixtos y bosques caducifolios de climas templados y fríos desde el sur de Estados Unidos hasta el centro de México (Tarango et al., 1997; Navarro y Tarango, 2000; Tarango et al., 2001). La literatura indica una preferencia por amplias áreas de vegetación madura y conservada, por lo que se considera como una especie indicadora de la calidad y condición de los bosques. El hábitat que seleccionan suele asociarse con áreas de difícil acceso, las cuales, en conjunto con su comportamiento críptico, dificulta su observación.

En México, los estudios sobre el tecolote moteado mexicano se han centrado en la Sierra Madre Occidental y se refieren a su dieta, características de los sitios de descanso (Bravo-Vinaja et al., 2005; Márquez, 2002; Tarango et al., 1997; Tarango et al., 2001; Young et al., 1997; Silva-Piña et al., 2018) y sobre vocalizaciones y territorios de descanso (Rafael-Valdez et al., 2019). Por ello, el desconocimiento específico de todas las zonas de distribución real y potencial de esta subespecie y sus amenazas regionales, limita el diseño de estrategias para el manejo adecuado (Tarango et al., 2001; Bravo-Vinaja et al., 2005) de esta especie y las áreas donde se distribuye.

Para determinar la distribución potencial de las especies se utilizan modelos predictivos, mismos que relacionan observaciones de campo con variables ambientales en las cuales una especie puede mantener sus poblaciones

(Guisan y Thuiller, 2005). Maxent es un algoritmo que crea modelos de distribución potencial a partir de capas de mapas digitales, utilizando información geográfica específica donde está presente la especie bajo estudio. Una de las ventajas de este algoritmo es su capacidad para modelar satisfactoriamente empleando un número pequeño de datos (Hernández et al., 2008; Phillips et al., 2006). En este estudio se utilizó Maxent para identificar las zonas de distribución potencial de *Strix occidentalis lucida* en una porción del centro-norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área que se utilizó para modelar la distribución del tecolote moteado mexicano corresponde a los estados de Aguascalientes, Durango, Jalisco y Zacatecas, México, los cuáles en conjunto, ocupan una superficie de 280,495.30 km². Estos estados se seleccionaron por presentar zonas con cordilleras y elevaciones que oscilan entre los 2200-4500 msnm, con temperaturas de 20-22 °C o más bajas en temporadas frías, presentan climas templados y semi-fríos, precipitaciones altas en temporada de lluvias y una vegetación de bosque de coníferas o bosques mixtos (pino-encino) (Rzedowski, 2006; Ramos-Vizcaino et al., 2007; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2008) que constituyen hábitats para el tecolote moteado mexicano.

Obtención de registros del tecolote moteado mexicano

Los registros del tecolote moteado se obtuvieron a través de su búsqueda en la literatura científica. Se compiló y se utilizó la información geográfica (coordenadas) de los

sitios de anidación o descanso de la especie reportados para los cuatro estados bajo estudio.

Para modelar la distribución potencial del tecolote moteado mexicano, se empleó el algoritmo Maxent versión 3.3.3k. (Phillips, 2013). Para ello, se utilizaron las coordenadas de los sitios de anidación o descanso de *Strix occidentalis lucida*, 19 capas de variables bioclimáticas tomadas de WorldClim 1.4 (Hijmans et al., 2005), cuatro capas derivadas del modelo digital de elevación (INEGI, 2008), una capa de cobertura de la superficie (Hansen et al., 2000), y una capa de uso de suelo y vegetación (CONABIO, 1999). Todas las variables se procesaron a una resolución de 1 km² (0.01 píxeles).

Para obtener el modelo inicial, se utilizó el 70% de los datos de ocurrencia y se corrió el programa con 20 réplicas aleatorias para promediar los resultados, el 30% restante se empleó para evaluar los errores de omisión y comisión, asignándolos al azar (Espinoza et al., 2014). Maxent realizó una prueba de Jackknife del porcentaje que aportó cada variable al modelo (Anderson et al., 2003) y consideró aquellas con mayor influencia. El mapa resultante en archivo Ascii se convirtió a archivo raster con el programa ArcMap 9.3 (Environmental Systems Research Institute [ESRI], 2006) para un mejor manejo y para establecer rangos para reclasificar los datos. De esta manera se generaron tres categorías de probabilidad de distribución potencial: 1) muy alta, 2) alta y 3) media con la herramienta de Reclassify, para establecer los rangos de los

valores, se tomó como umbral de ausencia/presencia el valor mínimo de presencia (0.1987) obtenido de la base de datos que generó Maxent. Para obtener con mayor precisión los valores de las variables que influyeron en el modelo, se creó una capa de puntos y se utilizó el software QGIS 2.14.0 (QGIS Development Team, 2014), el cual extrajo los valores exactos de los puntos donde se registró la distribución potencial; con ello, se crearon los rangos (mínimo-máximo) de valor de cada variable que influyó en el modelo (Cuadro 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la literatura científica se obtuvieron 21 registros de presencia de la especie dentro del área de estudio, seis de Sierra Fría, Aguascalientes (Márquez et al., 2002), seis de La Michilía, Durango (Garza, 1999), seis de Valparaíso, Zacatecas (Bravo-Vinaja, 2003) y tres de Tlachichila, Zacatecas (Palma-Cancino, 2014). Estas coordenadas fueron obtenidas de trabajos que emplearon el mismo método de muestreo para la ubicación de la especie. Para el estado de Jalisco no se encontró un reporte oficial, pero este estado se tomó en cuenta ya que colinda con los estados que cuentan con la presencia del tecolote y alberga zonas con características similares.

El valor de la curva ROC (AUC=0.984±0.005), indica que el modelo realizó una predicción adecuada, pues el valor cercano a 1 indica el mejor desempeño del algoritmo (Phillips et al., 2006). Las capas de variables que contribuyeron con 91.5% del modelo fueron la capa de

Cuadro 1. Variables que contribuyeron más en el modelo de distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Durango, Jalisco y Zacatecas, México.

Variable	Probabilidad de distribución potencial		
	Muy alta	Alta	Media
Elevación	2452-3965 m	2160-3255 m	1750-3242 m
¹ Cobertura	30, 50, 70, 110, 130, 140	140, 130, 120, 110, 70, 50, 30	190, 140, 130, 120, 110, 70, 50, 30, 20
² Tipo de vegetación	BP, BE	BP, BE, PN	BP, BE, PN, Mapf
Temperatura mínima promedio del periodo más frío	-1.9 - 3.9 °C	-2.7 - 5.3 °C	-4.1 - 5.5 °C
Precipitación del trimestre más seco	0-55 mm	0-43 mm	0-54 mm
Precipitación del trimestre más cálido	181-628 mm	161-548 mm	140-632 mm
Precipitación anual	471-1609 mm	434-1386 mm	389-1500 mm
Estacionalidad de la precipitación	92-110 mm	90-116 mm	59-117 mm
Oscilación diurna de la temperatura	10-16.7 °C	11-17.7 °C	10.5-19.5

¹Vegetación: Mapf (manejo agrícola, pecuario y plantaciones forestales), PN (pastizal natural), BP (bosque de pino), BE (bosque de encino). ²Cobertura: 20 (mosaicos de vegetación de cultivos (50-70%)/vegetación (pastizal/matorral/bosque) (20-50%)) 30 (mosaicos de vegetación (pastizal, matorral) (50-70%), cultivos (20-50%)) 50 (bosque cerrado (>40%) decíduo de hoja ancha (>5 m)) 70 (bosque cerrado (>40%) perennifolio de pino (>5m)) 110 (mosaico de bosque/matorral (50-70%)/ pastizal (20-50%)) 120 (mosaico de pastizal(50-70%)/bosque/matorral(20-50%)) 130 (matorral (<5m) cerrado a abierto(>15%)) 140 (pastizal cerrado a abierto (>15%)) 190 (Superficies artificiales y áreas asociadas (áreas urbanas 50%)).

elevación (36%), la de cobertura y la de tipo de vegetación (24.6%), y 6 capas bioclimáticas (30.9%). De ellas, cuatro son de precipitación y dos de temperatura.

Las condiciones óptimas para la distribución de la especie aumentan al pasar de probabilidad de distribución media a alta y muy alta, respectivamente (Cuadro 2; Figura 1).

Zacatecas presentó la mayor superficie (9,100.52 km²) con distribución potencial de la especie, de la cual 984.53 km² corresponden a áreas con probabilidad muy alta, que representa el 65.4% del total de la superficie identificada con esta probabilidad en el área de estudio, abarcando 18 municipios (Cuadro 3). La superficie con distribución potencial de este estado representa el 3.2% de la superficie total del estudio, seguido del estado de Durango (0.97%), Jalisco (0.79%) y Aguascalientes (0.29%).

Las variables ambientales que más influyeron en el modelo de distribución, son semejantes a las reportadas en otras zonas. De acuerdo a este modelo, las zonas con

Cuadro 2. Superficie en km² de áreas con probabilidades de distribución del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Durango, Jalisco y Zacatecas, México.

Estado	Muy alta	Alta	Media
Aguascalientes	114.63	198.83	508.19
Durango	233.86	597.81	1914.02
Jalisco	171.18	328.07	1729.42
Zacatecas	984.53	2434.17	5681.82
Total	1504.2	3558.88	9833.45

mayor probabilidad son aquellas que tienen una elevación mayor a 2,452 msnm lo cual coincide con formas topográficas de cadenas montañosas, cañadas, acantilados, barrancas; con una temperatura máxima en el periodo más frío de 3.9 °C, con cambios de temperatura durante el día de 10-16.7 °C, debido a la baja tolerancia a altas temperaturas que se registra para la especie (Tarango et al., 1997; Tarango et al., 2001; Ganey, 2004). La importancia de la precipitación (cuatro variables) en el hábitat refleja la preferencia por zonas húmedas y un efecto benéfico de mayor disponibilidad de alimento para las presas del tecolote, resultando en una abundancia alimenticia (Seamans et al., 2002). El tipo de vegetación limita la presencia de la especie a áreas con tipos de vegetación de bosques cerrados de pino/encino principalmente, así como bosques de coníferas y de hojas anchas; lo cual coincide con los tipos de bosque reportados en previos estudios (May et al., 2004; Tarango et al., 1997; Young et al., 1998).

Las zonas identificadas por el modelo tienen las características óptimas para la distribución y sobrevivencia de la especie. Sin embargo, es necesaria la verificación de la presencia de la especie in situ para poder confirmar que la predicción es acertada. Por ello, es recomendable realizar muestreos en las zonas que el modelo identificó como aptas. Esto también permitirá aumentar la base de datos para cuando se requiera implementar el modelado en áreas de estudio más grandes.

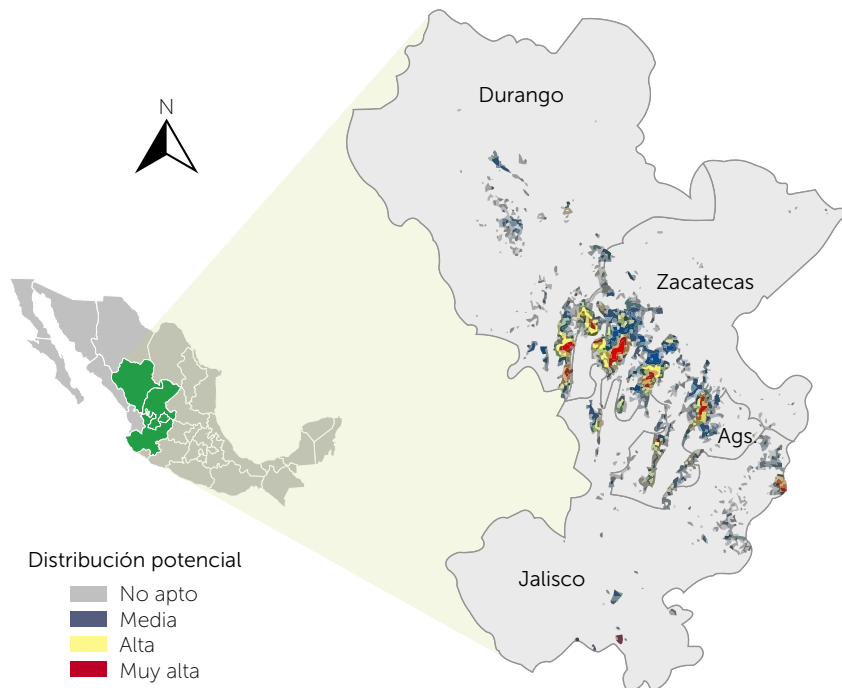


Figura 1. Distribución potencial del tecolote moteado mexicano (*Strix Occidentalis lucida*) en Aguascalientes, Durango, Jalisco y Zacatecas, México.

Siendo el tecolote una especie amenazada en México, Maxent junto con los SIG conforman herramientas útiles para obtener mapas de distribución que pueden ser utilizados por instituciones dedicadas a la conservación, ayudando a delimitar zonas de restauración y protección del hábitat de la especie; por ejemplo; prohibiendo la tala y el cambio de uso de suelo en las áreas identificadas como hábitat potencial y sus áreas adyacentes, así como enfocando la protección en zonas de importancia cercanas a disturbios

antropogénicos, la prohibición de pastoreo de ganado y/o cercado en zonas prioritarias para reducir las alteraciones en el hábitat de las especies presas del tecolote moteado mexicano (Hernández et al., 2008; Morales, 2012). El tecolote es considerado una especie elusiva y su distribución es amplia pero no continua, lo cual complica el monitoreo de sus poblaciones, el mapa obtenido puede ser empleado para seleccionar nuevas áreas de muestreo, delimitando zonas más pequeñas que un muestreo completamente al azar.

En México actualmente no hay un plan de manejo para esta especie, y a pesar de estar enlistada como especie amenazada (SEMARNAT, 2010), no se tienen datos completos del estado de sus poblaciones actuales en la República Mexicana. Por ello, se requiere información que facilite el estudio, localización y, sobre todo, la protección de esta especie amenazada.

CONCLUSIONES

El estado de Zacatecas presentó la mayor superficie de distribución potencial del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*). Maxent, en conjunto con programas de sistemas de información geográfica, son herramientas útiles para modelar la distribución potencial de una especie. Se requiere confirmar la presencia en campo de *Strix occidentalis lucida* en las áreas indicadas, restaurar y conservar, en caso de ser necesario, las áreas catalogadas como hábitat óptimo para la especie.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada al primer autor y al Colegio de Postgraduados por la formación académica y el apoyo para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Anderson, R.P., Lew, D., & Peterson, A.T. (2003). Evaluating predictive models of species distributions: Criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162(3), 211-232. doi: 10.1016/S0304-3800(02)00349-6
- Bravo-Vinaja, M.G. (2003). Uso de hábitat y composición de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Valparaíso, Zacatecas (tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. De México, México.
- Bravo-Vinaja, M.G., Tarango-Arámbula, L.A., Clemente, S.F., Mendoza, M.G.D., Alcántara, C.J.L., & Soto A.H.V. (2005). Composición

Cuadro 3. Municipios que presentaron una distribución potencial muy alta del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Durango, Jalisco y Zacatecas, México.

Distribución potencial	Estado	Municipios
Muy Alta	Aguascalientes (2)	Calvillo, San José de Gracia.
	Durango (4)	Guadalupe Victoria, Mezquital, Pánuco de Coronado, Súchil.
	Jalisco (11)	Ciudad Venustiano Carranza, Colotlán, Lagos de Moreno, Mazamitla, Mezquitic, Santa, María de los Angeles, Tequila, Tuxpan, Valle de Juárez, Villa Hidalgo, Zapotitlán de Vadillo.
	Zacatecas (18)	Apozol, Chalchihuites, Fresnillo, Genaro Codina, General Joaquín Amaro, Huanusco, Jalpa, Jerez, Jiménez del Teul, Momax, Monte Escobedo, Nochistlán de Mejía, Sain Alto, Sombrerete, Susticacán, Tlaltenango de Sánchez Román, Valparaíso, Villanueva

y variación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Valparaíso, Zacatecas, México. *Agrociencia* 39(5), 509-515.

- CONABIO. (1999). Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO escala 1:250000 Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONABIO. (2008). La biodiversidad en Aguascalientes: estudio de estados. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- Espinoza, G.C.R., Martínez, C.J.M., Palacio, N.J., & Hernández, S.A.D. (2014). Distribución potencial del coati (*Nasua narica*) en el noreste de México: Implicaciones para su conservación. *THERYA* 5(1), 331-345. doi: 10.12933/therya-14-195.
- ESRI. (2006). ArcGis Desktop 9.3. Environmental Systems Research Institute. Palm Springs, EE.UU.
- Ganey, J.L. (2004). Thermal regimes of Mexican spotted owl nest stands. *Southwestern Naturalist* 49(4), 478-486. doi: 10.1894/0038-4909(2004)049<0478:TROMSO>2.0.CO;2
- Garza, H.A. (1999). Situación actual del búho manchado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) y de los Strigiformes de la Reserva de la Biósfera La Michilía. Instituto de Ecología A.C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No.H305. México D.F. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfH305.pdf>
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8(9), 993-1009. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x
- Hansen, M., Defries, R., Townshend, J.R.G., & Sohlberg, R. (2000). Global land cover classification at 1km resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing* 21, 1331-1365. doi: 10.1080/014311600210209
- Hernández, P., Franke, I., Herzog, S., Pacheco, V., Paniagua, L., Quintana, H., & Valqui, T. (2008). Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodiversity and Conservation* 17(6), 1353-1366. doi: 10.1007/s10531-007-9314-z

- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15), 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276
- INEGI. (2008). Continuo de Elevación Nacional. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continuo/continuoelevaciones.aspx>.
- Márquez, O.M. (2002). Determinación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Sierra Fria, Aguascalientes. *Serie Zoología* 73(2), 205-211.
- Márquez, O.M., Tarango, A.L.A., & Mendoza, M.G.D. (2002). Habitat characteristics of Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida* (X) Nelson, 1903) Sierra Fria, Aguascalientes. *Agrociencia* 36(5), 541-546.
- May, C.A., Petersburg, M.L., & Gutiérrez, R.J. (2004). Mexican spotted owl nest and roost-site habitat in Northern Arizona. *The Journal of Wildlife Management* 68(4), 1054-1064. doi: 10.2193/0022-541X(2004)068[1054:MSONAR]2.0.CO;2
- Morales, N.S. (2012). Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en Conservación. *Revista Conservación Ambiental* 2(1), 1-5.
- Navarro, A., & Tarango, A.L. (2000). *Strix occidentalis* Xantus, 1859. In: G. Ceballos y L. Márquez (Eds.), *Las aves de México en peligro de extinción* (pp. 242-246). CONABIO, México, D.F.
- Palma-Cancino, D.Y. (2014). Hábitat y distribución potencial del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, y áreas adyacentes (tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, México.
- Phillips, S.J. (2013). A brief tutorial on Maxent, Versions: 3.3.1. Recuperado de: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190, 231-259. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
- QGIS Development Team, 2014. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Recuperado de: <http://qgis.osgeo.org>
- Rafael-Valdez, J., Tarango-Arámbula, L. A., Martínez-Montoya, J. F., Equihua-Martínez, A., Rosas-Rosas, C. O., & 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 (nueva serie)*, 35, 1-15. doi.org/10.21829/azm.2019.3501221
- Ramos-Vizcaino, I., Guerrero-Vázquez, S., & Huerta-Martínez, F.M. (2007). Patrones de distribución geográfica de los mamíferos de Jalisco, México. *Revista mexicana de biodiversidad* 78(1), 175-189. doi: 10.22201/ib.20078706e.2007.001.392
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. (1ra ed. digital). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf>
- Seamans, M.E., Gutiérrez, R.J., & May, C.A. (2002). Mexican spotted owl (*Strix occidentalis*) population dynamics: influence of climatic variation on survival and reproduction. *The Auk* 119(2), 321-334. doi: 10.1093/auk/119.2.321
- SEMARNAT. (2010). Normal 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. Poder Ejecutivo Federal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 30 de diciembre de 2010.
- Silva-Piña M.J., Tarango-Arámbula L.A., Clemente-Sánchez F., Cortez-Romero C., Velázquez-Martínez A., Rafael-Valdez J., & Ugalde-Lezama S. (2018). Características del hábitat de sitios de descanso del búho manchado (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México. *Huitzil, Rev. Mex. Ornitol.* 19(2), 141-156. doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.319
- Tarango A. L.A., Valdez, R., Zwank, P.J., & Cardenas, M. (1997). Mexican spotted owl habitat characteristics in Southwestern Chihuahua, México. *The Southwestern Naturalist* 42(2), 132-136.
- Tarango, L.A., Valdez, R., Clemente, F., & Mendoza, G. (2001). Roost-site characteristics of Mexican spotted owls in Sierra Fria, Aguascalientes, Mexico. *Journal of Raptor Research* 35, 165-168.
- Young, K.E., Valdéz, R., Zwank, P.J., & Gould, W.R. (1998). Density and roost site characteristics of spotted owls in the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico. *The Condor* 100, 732-736. doi: 10.2307/1369756
- Young, K.E., Zwank, P.J., Valdez, R., Dye, J.L., & Tarango, L.A. (1997). Diet of Mexican spotted owls in Chihuahua and Aguascalientes, México. *Journal of Raptor Research* 31(4), 376-380.

