

# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**



**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **Hábitat y distribución potencial del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, y áreas adyacentes**

**DAVIRA YOLANDA PALMA CANCINO**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2014**

La presente tesis titulada: **Hábitat y distribución potencial del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, y áreas adyacentes** realizada por la alumna: **Davira Yolanda Palma Cancino** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

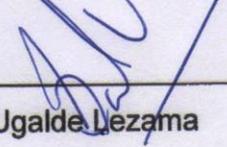
**CONSEJO PARTICULAR**

Consejero

  
\_\_\_\_\_

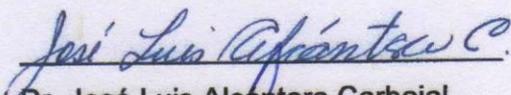
Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula

Asesor

  
\_\_\_\_\_

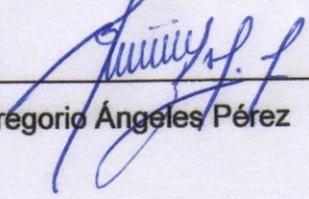
Dr. Saúl Ugalde Lezama

Asesor

  
\_\_\_\_\_

Dr. José Luis Alcántara Carbajal

Asesor

  
\_\_\_\_\_

Dr. Gregorio Ángeles Pérez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2014.

## **Hábitat y distribución potencial del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas y áreas adyacentes.**

Davira Yolanda Palma Cancino, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2014.

El tecolote moteado mexicano es una especie amenazada, en Estados Unidos y México. En México esta especie ha sido poco estudiada. Para localizar, registrar y caracterizar el hábitat de los sitios de descanso del tecolote moteado mexicano, así como para determinar su distribución potencial en áreas adyacentes, se condujeron muestreos en Tlachichila, Zacatecas. Para ello, se establecieron estaciones de llamado nocturnos en la que se emplearon imitaciones de sus vocalizaciones y búsquedas durante el día. Se muestrearon 7, 639 ha, y se localizaron cinco individuos subadultos en tres sitios de descanso (dos parejas y un individuo solitario). La caracterización del hábitat se realizó en sitios de uso y sitios aleatorios, en parcelas circulares de 20 m de diámetro. Para modelar las áreas de distribución potencial del tecolote moteado mexicano en los estados de Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas se empleó el algoritmo Maxent y ArcMap. Para ello se ocuparon 15 registros de presencia de la especie (seis de Valparaíso, Zacatecas; tres de Tlachichila, Zacatecas y seis de Sierra Fría, Aguascalientes). Los tecolotes percharon en su mayoría en *Quercus spp.* a una altura promedio de  $7\pm 2.1$  m, altura de árboles de  $8.5\pm 2.1$  m y diámetro de  $29.8\pm 8.2$  cm, en laderas con exposición noreste, con pendientes de  $51\pm 28$  %, a una elevación de  $2444.6\pm 12.9$  m y a una temperatura de  $19.5\pm 1.7$  °C. La cobertura del suelo en los sitios de descanso se caracterizó, en su mayoría, por la presencia de hojarasca, herbáceas y roca. El tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas ocupó áreas muy similares a otras utilizadas en México y en los Estados Unidos. Maxent realizó una adecuada predicción de acuerdo al área bajo la curva (AUC) y cuantificó con una probabilidad de distribución muy alta de *Strix occidentalis lucida* en 300.2 en Zacatecas y 37.5 km<sup>2</sup> en Aguascalientes. Asimismo, determinó que esta especie ocurre con una probabilidad alta en 1002.3, en 118.2 y en 40.1 km<sup>2</sup> de Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco, respectivamente; y con una probabilidad media en 1251.1 de Zacatecas, en 172 de Jalisco y en 118.69 km<sup>2</sup> de Aguascalientes.

Palabras claves: *Strix occidentalis lucida*, caracterización, hábitat potencial, Maxent.

**Habitat and potential distribution of the mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*) in Tlachichila, Zacatecas and adjacent areas.**

Davira Yolanda Palma Cancino, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2014.

The Mexican spotted owl is a threatened species in the United States and Mexico. In Mexico this species has been little studied. To locate, record and characterize the habitat of roost sites of Mexican spotted owl, as well as to determine its potential distribution in adjacent areas, samplings were conducted in Tlachichila, Zacatecas. To do this, nocturnal calling stations were established in which imitation of owl vocalizations were used and searched during the day. We sampled 7,639 ha and five subadult individuals were located at three sites (two couples and a solitary individual). Habitat characterization was performed on roosting sites and at random sites using circular plots of 20 m in diameter. The Maxent algorithm and ArcMap was used to model the potential distributional areas of the Mexican spotted owl in the states of Aguascalientes, Jalisco and Zacatecas. For this, 15 records of the species (6 from Valparaiso, Zacatecas; 3 from Tlachichila, Zacatecas and 6 from Sierra Fria, Aguascalientes) were used. Owls roosted mostly in *Quercus* spp. to a height of  $7\pm 2.1$  m, trees height of  $8.5\pm 2.1$  m and diameter of  $29.8\pm 8.2$  cm, on slopes with northeast exposure with slopes of  $51\pm 28$  %, at an elevation of  $2,444.6\pm 12.9$  m and a temperature of  $19.5\pm 1.7$  °C. Soil cover in roosting sites was characterized mostly by litter, herbaceous plants and rock. The Mexican spotted owl in Tlachichila, Zacatecas, occupied very similar sites to others used by the Mexican spotted owl in Mexico and the United States. Maxent made an accurate prediction based on the area under the curve (AUC) and quantified with a very high probability distributional areas of *Strix occidentalis lucida* in 300.2 of Zacatecas and 37.5 km<sup>2</sup> of Aguascalientes. It also determined that this species occurs with a high probability in 1002.3, 118.2 and 40.1 km<sup>2</sup> of Zacatecas, Aguascalientes and Jalisco, respectively; and with a medium probability in 1251.1 of Zacatecas, 172 of Jalisco and in 118.69 km<sup>2</sup> of Aguascalientes, México.

Key words: *Strix occidentalis lucida*, characterization, potential habitat, Maxent.

## DEDICATORIA

*A mi familia paterna y materna por siempre recibirme con una sonrisa, por aceptarme como soy, por apoyarme en todo, por reír y llorar juntos, por siempre estar cerca y traer tanta felicidad en mi vida, por compartir los buenos y malos momentos, por conocer juntos lugares nuevos, por ir agrandando la familia, por ser parte del pilar más importante en mi vida: a mi abuelita Yolanda, mi tía Maricela, Cristal, Toño, Ana Karen, Abel, Alejandro y mi tío Panchi, mi tía Yoya, mi tío Pablo, mi tía Laura, Laura, Gloria y Paola. A Abel, Vanessa, Rylan y Evelyn aunque estén lejos.*

*A mis abuelitos Pablo, Fidencio y Chata porque el que no estén en vida, no quiere decir que no estén presentes en mi vida, por darme su amor incondicional, gracias.*

*A mis hermanos Pablo y David por ser los mejores hermanos que pude pedir, muy diferentes, pero ambos inteligentes, amorosos, cultos en sus diferentes gustos, pero más que nada por quererme, por confiar en mí, por compartir sus logros, sus decisiones, gustos y hasta sus dudas conmigo. Por ser una pieza de la parte más importante y sagrada de mi vida, que es mi familia.*

*Como último, pero más importante, gracias a mis padres David y Judith porque sin ellos no estaría aquí, por siempre inspirarme a superarme, a ser mejor, por demostrarme que los tropiezos solo sirven para impulsar a mejores cosas, por ser mis modelos a seguir, por enseñarme lo que es el verdadero amor, puro, desinteresado, por aceptarme y nunca juzgarme, por ser lo más importante en mi vida, por ser lo que más amo, por ser ese algo que me inspira a vivir día con día.*

*Los amo a todos.*

## **Agradecimientos**

Al Colegio de Postgraduados, institución que me formó académicamente en esta etapa.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo financiero, con el cual pude realizar esta meta.

Al Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula por su paciencia, comprensión, apoyo, consejos, enseñanzas académicas y de campo, pero primordialmente gracias por su amistad y confianza para poder concluir esta meta en mi vida.

A mis asesores, Dr. José Luis Alcántara Carbajal, Dr. Saúl Ugalde Lezama y Dr. Gregorio Ángeles Pérez por su tiempo, consejos, sugerencias, correcciones y asesorías para este logro académico de gran importancia.

Al Dr. Gustavo Ramírez Valverde por su apoyo en la parte estadística de la investigación, así como sus comentarios y sugerencias.

Al Dr. Genaro Olmos Oropeza por su apoyo y facilidades con los permisos para poder recorrer sin peligro el área de estudio, por fomentar buenas relaciones con las personas dueñas de los terrenos y un agradecimiento especial por haberme presentado con entera disposición a su familia.

Un agradecimiento muy especial y con mucho cariño a Martha Jiménez Yáñez, quien me acogió en su casa como si fuera de su familia, siempre procuró que mi estancia en Tlachichila fuera agradable, cálida y alegre. Gracias a sus hijas Sara y Fátima Olmos Jiménez por sus juegos, sonrisas y muestras de cariño.

A Homero Olmos Oropeza por permitirme entrar a su casa, por su apoyo y disposición para mi trabajo en campo.

A la familia en Tlachichila del Dr. Genaro Olmos Oropeza, por invitarme a formar parte de sus paseos, comidas y fiestas.

Muchas gracias a mis guías en campo Gil Avelar, Uriel Olmos Duran, Jorge Duran y Martín Avelar por su entera disposición de tiempo para ayudarme, guiarme, descubrir, admirar y disfrutar de todo el entorno y belleza natural de la zona de estudio, así como compartir el cansancio, las asoleadas, las lluvias y las caídas que conlleva un trabajo de este tipo.

Al M. C. Jesús Martínez Calderas y al M. C. José Domingo Cruz Labana por su disposición incondicional de tiempo y apoyo para la parte de SIG de este trabajo, así como su amistad.

Al Biólogo y futuro M. C. Cristóbal Sánchez Sánchez pieza primordial en este ensamble, gracias por su tiempo, conocimientos y apoyo en la identificación de las especies vegetales de este trabajo, así como compartir su gusto por la buena música.

Al compañero José Luis Susano Gómez por su inagotable energía, consejos y comentarios en el trabajo de campo, así como también por compartir risas y experiencias.

Un agradecimiento especial a Ismael Ontiveros Serrano por su valiosa amistad, así como su apoyo en campo de esta investigación, por siempre mantener los ánimos y risas a pesar de lo cansado que estuviera el día. Por las experiencias compartidas, tiempo, confianza, su contagiosa sonrisa y por su forma de ver la vida.

Gracias especiales para Roxandra Resendiz Martínez quien debido a nuestra amistad, se aventuró a caminar los cerros, cansarse y aprender formando parte del equipo de campo. Gracias por su gran amistad, porque a pesar de la distancia, cuando necesité de ella siempre estuvo dispuesta a ayudarme. Gracias por ser parte de mi vida.

## Contenido

I. Introducción.....	1
1.1 Objetivo general .....	4
1.2 Objetivos particulares.....	4
II. Revisión de Literatura .....	4
2.1 Tecolote Moteado Mexicano ( <i>Strix occidentalis lucida</i> ) .....	4
2.2 Distribución .....	5
2.3 Hábitat .....	6
2.4 Vocalizaciones.....	7
2.5 Estado de conservación .....	8
2.6 Distribución potencial .....	8
2.7 Maxent.....	9
III. Materiales y métodos .....	10
3.1 Área de estudio .....	10
3.2 Muestreo en campo.....	12
3.2.1 Localización de tecolotes.....	12
3.2.2 Detección de tecolotes durante el día .....	13
3.2.3 Caracterización de los sitios de uso y sitios aleatorios .....	13
3.3 Análisis de la información.....	14
3.4 Distribución potencial de <i>Strix occidentalis lucida</i> .....	15
IV. Resultados .....	19
4.1 Búsqueda y localización de los tecolotes.....	19
4.2 Caracterización del hábitat.....	21
4.3 Vegetación.....	25
4.4 Modelación de la distribución potencial del tecolote moteado mexicano .....	30
V. Discusión .....	38
VI. Conclusiones .....	46
VII. Literatura citada .....	47
ANEXO 1.....	63
ANEXO 2.....	66
ANEXO 3.....	67

## Lista de figuras

Figura 1. Distribución geográfica del tecolote moteado mexicano ( <i>Strix occidentalis lucida</i> ) en México (U. S. Fish y Wildlife Service 1995) .....	6
Figura 2. Ubicación del área de estudio en Tlachichila, Zacatecas, y los estados utilizados para modelar la distribución potencial con Maxent (Fuente inédita).....	11
Figura 3. Dispersión de los componentes principales de las variables biológicas de los sitios de aleatorios y de uso del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas.....	23
Figura 4. Dispersión de los componentes principales de las variables físicas de los sitios aleatorios y de uso del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas.....	24
Figura 5. Ubicación de los registros de los sitios de descanso del tecolote moteado mexicano que se utilizaron en Maxent. ....	31
Figura 6. Distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas. ....	35

## Lista de Cuadros

Cuadro 1. Sitios de uso con coordenadas geográficas (este estudio) e información recopilada utilizada en Maxent para modelar la distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas. ....	17
Cuadro 2. Capas de las variables bioclimáticas que se integraron a Maxent para modelar la distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.....	18
Cuadro 3. Tecolotes moteados mexicanos ( <i>Strix occidentalis lucida</i> ) encontrados en Tlachichila, Zacatecas, en 2013. ....	19
Cuadro 4. Variables biológicas y físicas de los sitios de uso del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas.....	22
Cuadro 5. Variables de los árboles de percha de los sitios de uso del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas.....	22
Cuadro 6. Tipos de cobertura del suelo de los sitios de descanso del tecolote moteado mexicano ( <i>Strix occidentalis lucida</i> ) en Tlachichila, Zacatecas. La información se presenta en porcentaje, incluye el promedio y desviación estándar.....	25
Cuadro 7. Especies vegetales localizadas en los sitios de muestreo en Tlachichila, Zacatecas.....	26
Cuadro 8. Especies vegetales que estuvieron presentes en dos o más sitios de uso o aleatorios (frecuencia $\geq 2$ ) en Tlachichila, Zacatecas.....	29
Cuadro 9. Densidad de árboles (Número de árboles/ha) en las parcelas circulares muestreadas en Tlachichila, Zacatecas.....	30
Cuadro 10. Contribución de cada capa al modelo de distribución del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas. ....	32

Cuadro 11. Rango de los valores de las variables que contribuyeron más en el modelo de distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.....	33
Cuadro 12. Características de la cobertura presente en el mapa de distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas. ....	34
Cuadro 13. Superficie total (km <sup>2</sup> ) por municipio y por probabilidad de distribución del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, México.....	36
Cuadro 14. Superficie total (km <sup>2</sup> ) por municipio y por probabilidad de distribución del tecolote moteado mexicano en Jalisco, México. ....	36
Cuadro 15. Superficie total (km <sup>2</sup> ) por municipio y por probabilidad de distribución del tecolote moteado mexicano en Zacatecas. ....	37
Cuadro 16. Superficie total (km <sup>2</sup> ) de áreas con probabilidades de distribución del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.....	38

## I. Introducción

La especie *Strix occidentalis* (Xantus de Vesey, 1860), comúnmente llamada tecolote moteado o búho manchado, es una ave de la familia Strigiforme, de hábitos nocturnos y de tamaño mediano que habita cañadas de zonas montañosas y boscosas, principalmente al oeste de Norteamérica (Forsman *et al.*, 1984, Ganey y Balda 1989) y en México, en particular, en la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico Transversal (Rinkevich *et al.*, 1995). Se reconocen tres subespecies: el búho manchado californiano (*Strix occidentalis occidentalis* (Xantus de Vesey, 1860)), el norteño (*Strix occidentalis caurina* (Merriam, 1898)) y el tecolote o búho manchado mexicano (*Strix occidentalis lucida* (Nelson, 1903)) (A.O.U. 1983); de estas, *Strix occidentalis lucida* está considerada como amenazada desde 1993 en Estados Unidos y desde 1994 en México (Federal Register 1993, SEMARNAT 2010) debido a la reducción de sus poblaciones ocasionada por la alteración, fragmentación y pérdida de su hábitat por actividades humanas (Azuma *et al.*, 1990).

De las tres subespecies, el tecolote moteado mexicano es la única subespecie que se encuentra en México, se distribuye principalmente en los bosques de coníferas, bosques de coníferas mixtos y bosques caducifolios de climas templados y fríos desde el sur de Estados Unidos hasta el centro de México (Johnsgard 2002, Tarango *et al.*, 1997, Navarro y Tarango 2000, Tarango *et al.*, 2001). En México, específicamente se distribuye en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, Aguascalientes, San Luis Potosí, Jalisco y Michoacán (U.S. Fish y Wildlife Service 2012). Se localiza principalmente en ambientes de cañones rocosos, donde se generan microclimas y estructuras que permiten que la especie establezca zonas de descanso, de anidación y sitios de percha protegidos (Barrows 1981, Ganey *et al.*, 1993, Rinkevich y Gutiérrez 1996, Weathers *et al.*, 2001, Ganey 2004, Willey y Van Riper 2007).

Para el tecolote moteado mexicano, se han realizado diversos estudios ecológicos y biológicos, en particular los relacionados con el uso y la caracterización de su hábitat (U. S. Fish and Wildlife Service 2012) en el suroeste de Estados Unidos (Ganey y Balda 1994, Zwank *et al.*, 1994, Seamans y Gutierrez 1995, Rinkevich y Gutierrez 1996). En contraste, en México, poco se conoce acerca de esta subespecie en toda su área de distribución; los estudios se han centrado en la Sierra Madre Occidental, y específicamente se ha estudiado la composición de su dieta y las características de sus sitios de descanso, en Zacatecas (Valparaíso), Chihuahua, Aguascalientes (Sierra Fría) y Durango (Tarango *et al.*, 1997, Young *et al.*, 1997, Garza 1999, Tarango *et al.*, 2001, Márquez 2002, Bravo-Vinaja *et al.*, 2005).

En 1995, se publicó, por primera vez, el Plan de Recuperación del Tecolote Moteado Mexicano, para Estados Unidos y México, (U. S. Fish and Wildlife Service 1995), pero éste no abarcó todo el territorio mexicano. En 2012, el plan se actualizó porque la causa principal de pérdida del hábitat pasó de ser la tala ilegal al incremento de incendios forestales en Estados Unidos, y porque se incorporaron otras recomendaciones de manejo (U. S. Fish and Wildlife Service 2012). Para México, este plan incluye cinco unidades de manejo ecológico (Sierra Madre Occidental Norte, Sierra Madre Occidental Sur, Sierra Madre Oriental Norte, Sierra Madre Oriental Sur y Eje Neovolcánico) (Figura 1); sin embargo, su aplicación se ha obstaculizado debido primordialmente al tipo de tenencia del suelo (ejidal) de las áreas en donde se distribuye mayormente el tecolote moteado mexicano, régimen de propiedad que limita el manejo eficiente de los recursos naturales del país (U. S. Fish and Wildlife Service 2012).

La falta de estudios en las otras unidades de manejo ecológico de México donde se distribuye *Strix occidentalis lucida*, se debe al desconocimiento específico de las zonas de distribución potencial de esta subespecie y a sus amenazas regionales, lo cual limita en gran medida la elaboración de planes de manejo apropiados para el tecolote moteado mexicano en sus diversos entornos ecológicos (Young 1996, Márquez 1998, Tarango *et al.*, 2001, Bravo-Vinaja *et al.*, 2005). En los últimos años las condiciones del

hábitat han cambiado, las superficies conservadas de hábitat natural han disminuido debido principalmente a cambios frecuentes en el uso de suelo y a la explotación forestal, por lo tanto, los estudios previos pueden no reflejar la situación actual de la subespecie en el país (Bravo-Vinaja 2003).

En la actualidad, para determinar la distribución potencial de especies, se utilizan modelos predictivos que tienen fines de conservación, de evaluación de cambio climático, biogeográfico, entre otros; estos modelos empíricos relacionan observaciones de campo con variables ambientales en las cuales una especie puede mantener sus poblaciones (Grinnell 1917, Guisan y Zimmermann 2000, Graham *et al.* 2004; Guisan y Thuiller 2005). Maxent es un modelo de distribución (máxima entropía) que crea mapas de distribución potencial de especies animales y vegetales. Para ello, utiliza información de presencia de la especie (sitios de colecta u observación), emplea un número pequeño de muestras, utiliza datos categóricos y continuos, incorpora interacciones entre variables y permite su interpretación de acuerdo con su importancia para determinar la distribución de especies animales y vegetales (Elith *et al.*, 2006, Phillips *et al.*, 2006, Hernández *et al.*, 2008).

El algoritmo de Maxent se ha utilizado como modelo de distribución potencial para diversos grupos como insectos (Hernández *et al.*, 2006, Trotta-Moreu *et al.*, 2008, Escalante *et al.*, 2009), plantas (Elith *et al.*, 2006, Ramírez-Barahona *et al.*, 2009, Contreras-Medina *et al.*, 2010), aves (Longoria-Quiróz 2008, Ortega-Huerta y Peterson 2008, McCormack *et al.*, 2009, Parra-Niguez 2010), mamíferos (Briones-Salas 2012, Burneo y Tirira 2014, Espinoza-García *et al.*, 2014), anfibios (Hernández *et al.*, 2006) y reptiles (Hernández *et al.*, 2006, Pearson *et al.*, 2007, Paredes-García *et al.*, 2011, Gadsden *et al.*, 2012).

Los estudios sobre la distribución de *Strix occidentalis lucida* refieren a que esta subespecie requiere de grandes superficies de bosques de pino y encino, así como de áreas arboladas en cañones (Barrows 1981, Tarango *et al.*, 1997, Navarro y Tarango 2000, Weathers *et al.*, 2001, Johnsgard 2002). Sin embargo, recientes evidencias

indican en la región de Tlachichila, Zacatecas, y áreas adyacentes, esta ave habita en bosques fragmentados por actividades humanas (como la ganadería y la agricultura en áreas ejidales y privadas). Ante un panorama de escasos recursos económicos, secretividad de las especies, áreas de difícil acceso e inseguridad para llevar a cabo estudios específicos sobre la distribución de especies animales, Maxent ofrece una oportunidad para identificar las zonas de distribución potencial de *Strix occidentalis lucida* en México. El presente trabajo identificó y caracterizó el hábitat seleccionado por *S. occidentalis lucida* en Tlachichila, Zacatecas, y determinó su distribución potencial en áreas adyacentes.

### **1.1 Objetivo general**

Registrar la presencia del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, y su distribución potencial en áreas adyacentes.

### **1.2 Objetivos particulares**

- Registrar la presencia del tecolote moteado mexicano.
- Identificar y caracterizar el hábitat de los sitios de uso del tecolote.
- Cuantificar la diversidad vegetal en los sitios de uso del tecolote.
- Determinar áreas de distribución potencial del tecolote moteado mexicano en los estados de Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.

## **II. Revisión de Literatura**

### **2.1 Tecolote Moteado Mexicano (*Strix occidentalis lucida*)**

El tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) es una de las tres subespecies del búho manchado reconocidas por American Ornithologist Union (1983). Fue descrita por primera vez en Monte Tancitaro, el estado de Michoacán, México (Nelson 1903). Se considera distinta a las subespecies nortea y californiana, con base, principalmente, en su forma, plumaje y tamaño (Gutiérrez *et al.* 1995). *S. o. lucida*,

presenta un plumaje moteado, con manchas irregulares blancas y cafés en el abdomen, espalda y cabeza. Es la más pequeña en tamaño, pero sus manchas son más grandes y abundantes, y tienen coloración más clara (U. S. Fish and Wildlife Service 2012); es uno de los pocos tecolotes que presentan ojos negros entre los búhos de Norte América (Anexo 1). Hay evidencia genética de una diferenciación significativa entre *S. o. lucida* y las otras subespecies, por lo cual se ha puesto a consideración que podría tratarse de una especie diferente (Barrowclough *et al.* 1999).

## **2.2 Distribución**

*Strix occidentalis lucida* se encuentra geográficamente aislada de las otras dos subespecies (U. S. Fish and Wildlife Service 2012). En los Estados Unidos se distribuye desde el sur de Utah, centro de Colorado, sur de Arizona y Nuevo México, y en las montañas de Guadalupe al oeste de Texas (Dawson *et al.*, 1987). En México se encuentra en la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, y en el Eje Neovolcánico Transversal (Rinkevich *et al.*, 1995), ocupa los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, Aguascalientes, San Luis Potosí, Jalisco y Michoacán (U. S. Fish y Wildlife Service 2012). En México algunas poblaciones de tecolote presentan una distribución discontinua, la literatura señala que su distribución abarca primordialmente zonas de bosques maduros donde hay lugares templados y sombreados que sirven como sitios de descanso y anidación (Barrows 1981). La mayoría de los tecolotes registrados en México han sido localizados en la Sierra Madre Occidental (Rinkevich *et al.*, 1995) que se extiende por los estados de Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Durango, San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Jalisco, Nayarit, Querétaro y Guanajuato (U. S. Fish y Wildlife Service 2012) (Figura 1).

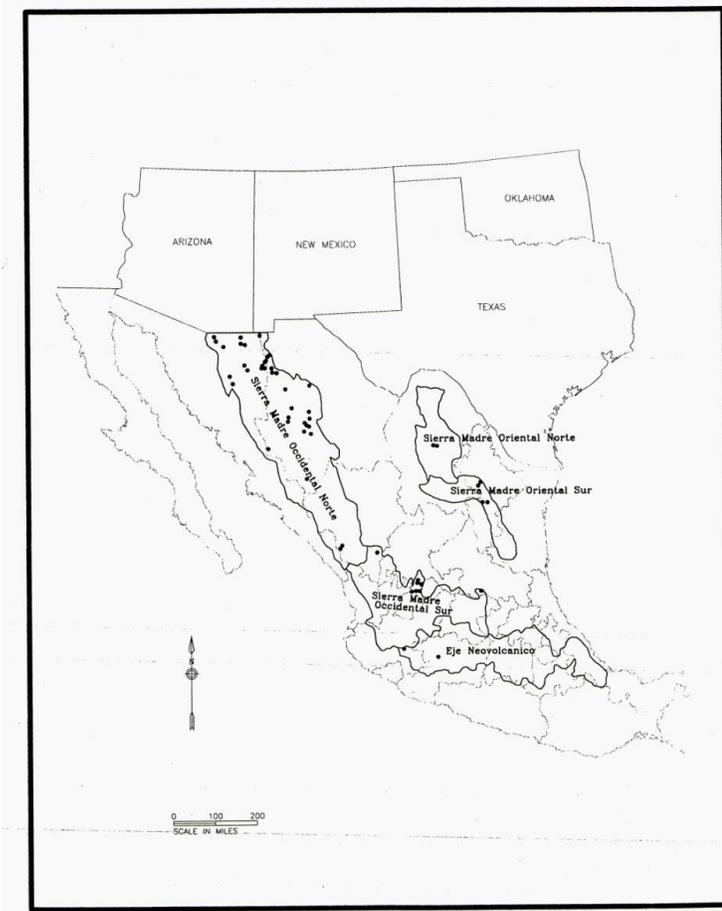


Figura 1. Distribución geográfica del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en México (U. S. Fish y Wildlife Service 1995)

### 2.3 Hábitat

De acuerdo con Garshelis (2000), entender los requerimientos de hábitat de las especies amenazadas es fundamental para su manejo y conservación. Los requerimientos de hábitat son específicos de la especie (James y Shugart 1970); por ello, deben conducirse investigaciones para entender las relaciones del hábitat y la fauna que lo utiliza (Block *et al.* 1987, Bibby *et al.* 2000, Garshelis 2000). En este proceso, la estrategia biológica de un individuo consiste en elegir con el menor costo y mayor beneficio el hábitat que maximice su supervivencia y reproducción (Brown 1989). Grier (1984) argumenta que la manera en que las especies seleccionan su hábitat, está relacionada con su sistema sensorial, por lo tanto, los mecanismos genéticos y evolutivos tienen mucha influencia en este proceso.

El tecolote moteado mexicano tiene alta fidelidad a su territorio; la mayoría de ellos permanecen en el mismo sitio año tras año. Por tal motivo, se le considera una especie no migratoria, aunque los juveniles se desplazan en búsqueda de territorios no ocupados (U. S. Fish y Wildlife Service 2012). Los sitios que emplean para anidación y descanso se encuentran principalmente en bosques con copas cerradas o montañas rocosas. En la parte norte de su área de distribución (sureste de Utah y Colorado), la mayoría de los nidos están en cuevas, mientras que en otras zonas anidan generalmente en árboles (Fletcher y Hollis 1994); para México hay datos de anidación en cuevas, peñascos y árboles (Tarango *et al.*, 1997, Young *et al.*, 1997, Garza 1999, Tarango *et al.*, 2001, Márquez 2002, Bravo-Vinaja *et al.*, 2005). Las especies de árbol utilizadas para anidar varías dependiendo del área y el tipo de hábitat, pero la asociación pino/encino es una de las preferidas (Fletcher y Hollis 1994). El tecolote moteado mexicano produce mucho calor metabólico y tiene una capacidad baja para disipar ese calor; por ello, buscan microhábitats fríos durante periodos de altas temperaturas, descansando y anidando en bosques cerrados o en cañones sombreados (Ganey *et al.*, 1993).

## **2.4 Vocalizaciones**

El tecolote moteado es principalmente de hábitos nocturnos; por lo tanto, es más común escucharlos que observarlos. Tiene un amplio repertorio de llamados que incluye hasta 12 cantos, entre los que se incluyen un reclamo territorial, llamado a cópula, llamado a nido, llamado de alerta, entre otros (Forsman *et al.*, 1984, Ganey 1990). Mediante su canto, se puede distinguir el sexo de los individuos; los machos vocalizan sonidos más graves que las hembras y los emiten más frecuentemente que las hembras. *S. o. lucida* vocaliza de marzo a noviembre; sin embargo, sus llamados se incrementan en marzo, al inicio de la época reproductiva, y disminuyen de junio a noviembre. Los tecolotes cantan más durante las noches con cielo despejado, sin viento y sin precipitación (Ganey 1990).

## **2.5 Estado de conservación**

En 1993, se declaró a la subespecie como amenazada en Estados Unidos (Federal Register 1993). En México, también está en la categoría de amenazada, desde el año de 1994, de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL, debido a que la fragmentación y destrucción de su hábitat, producida mayormente por incendios forestales y la tala inmoderada, ha limitado su capacidad reproductiva y de dispersión (SEMARNAT 2010). En 1993, se integró un equipo de recuperación del tecolote moteado, pero las acciones de conservación propuestas para México se han limitado por los esquemas de producción agropecuaria que imperan en el área de distribución de la especie, el tipo de propiedad de la tierra y la falta de información actual de las poblaciones de la subespecie en el país (Bravo- Vinaja *et al.* 2005).

## **2.6 Distribución potencial**

En la actualidad, una herramienta útil para determinar distribuciones potenciales de animales y vegetales son los modelos de distribución de especies (MDE), los cuales se basan en el concepto de nicho ecológico de una especie. El nicho ecológico de una especie se define como la combinación de condiciones y recursos que pueden permitir que una especie mantenga una población viable si no se ve adversamente afectada por sus depredadores o competidores (Hutchinson 1959). Los MDE establecen relaciones entre la distribución conocida de la especie y un grupo de variables independientes o ambientales (Peterson 2001, Milesi y López 2005). Estos modelos relacionan la ubicación geográfica de una especie con variables climáticas, mediante algoritmos matemáticos que extrapolan la información de los registros obtenidos en campo, a otras áreas no estudiadas (Guisan y Zimmermann 2000), y permiten trabajar con muestras pequeñas de registros de distribución de un organismo, con lo que se genera una distribución hipotética (Longoria-Quiróz 2008).

En los últimos años, se han desarrollado diversos algoritmos matemáticos, los cuales se basan en registros de presencia-ausencia, que han permitido la generación de

mapas de distribución potencial de especies como (generalized linear models), GAM (generalized additive models), GARP (Genetic Algorithm for rule-Set Prediction); o algoritmos basados solamente en puntos de presencia como Bioclim, Domain, ENFA (Ecological Niche Factor Analysis) y Maxent (Máxima entropía) (Rodrigues 2010).

De los algoritmos existentes, resaltan dos por el grado de eficacia al momento de construir los modelos: GARP (Stockwell y Peters 1999) y Maxent (Phillips *et al.*, 2006). Se distinguen porque tienen un mejor ajuste entre la información conocida y la predicción, al momento de generar modelos a partir de datos de sólo presencia (Elith *et al.*, 2006). De los dos, Maxent tiene una mayor precisión, presenta una mejor discriminación de las variables más significativas para la especie y una integración más fina de los datos y de las variables en el modelo (Phillips *et al.*, 2006).

## **2.7 Maxent**

Maxent construye los MDE utilizando la distribución de la máxima entropía (la de mayor uniformidad) para encontrar las condiciones más similares en donde se ha registrado una especie. Toma como referencia la información ambiental proporcionada por las capas ambientales de dichos registros dando como resultado un mapa que define la probabilidad de la distribución como el conjunto de características ambientales ideales para la presencia de la especie; generalmente, se manejan dos tipos de variables; continuas y categóricas (Phillips *et al.*, 2006). Maxent es uno de los modeladores más sencillos porque solo utiliza puntos de presencia, presenta una mejor discriminación de las variables, así como también una mayor precisión en los resultados y menor sobrepredicción. Este modelo incorpora posibles interacciones entre las diferentes variables usadas, ayuda a evitar el sobre ajuste del modelo cuando el número de registros es reducido, funciona a partir de un número reducido de registros debido a su enfoque generativo y no discriminatorio y es fácil de interpretar (Hernández *et al.*, 2006, Phillips *et al* 2006, Longoria-Quiróz 2008, Baldwin 2009).

El algoritmo de Maxent se ha utilizado como modelo de distribución potencial para diversos grupos como insectos (Hernández *et al.*, 2006, Trotta-Moreu *et al.*, 2008, Escalante *et al.*, 2009), plantas (Elith *et al.*, 2006, Ramírez-Barahona *et al.*, 2009, Contreras-Medina *et al.*, 2010), aves (Longoria-Quiróz 2008, Ortega-Huerta y Peterson 2008, McCormack *et al.*, 2009, Parra-Núñez 2010), mamíferos (Briones-Salas 2012, Burneo y Tirira 2014, Espinoza-García *et al.*, 2014), anfibios (Hernández *et al.*, 2006) y reptiles (Hernández *et al.*, 2006, Pearson *et al.*, 2007, Paredes-García *et al.*, 2011, Gadsden *et al.*, 2012).

### **III. Materiales y métodos**

#### **3.1 Área de estudio**

El área de estudio se localiza en la comunidad de Tlachichila, municipio de Nochistlán de Mejía, al sur del estado de Zacatecas (Figura 2). Esta colinda al sur con el rancho de Sombrerillo, Los Cardos; al suroeste con Rancho Nuevo, Las Presitas y Los Magueyes; al noroeste con Las Palmitas y con el municipio de Jalpa, Zacatecas; al noreste con la frontera con Jalisco y al sureste con la comunidad de El Rosario, Jalisco (Google Earth). El clima en la región es templado semiseco, con temperaturas máximas y mínimas de 0 y 30 °C, respectivamente, y media de 16.2 °C (Olmos 2009).

El área presenta mesetas y profundos barrancos, con altitudes que oscilan entre 2160 y 2605 msnm. Al noreste nace el arroyo del Charco Azul y el arroyo de Las Tortugas, por el centro pasa el arroyo Sombrerillo y al noreste el arroyo denominado El Panal. Todos los arroyos tienen agua corriente superficial por lo menos seis meses al año (junio-noviembre). En todos los arroyos existen tinajas, charcos y manantiales con agua durante todo el año (Olmos 2009).

De acuerdo a la carta topográfica de vegetación y uso del INEGI (1973), los tipos de vegetación son FBL(Q) (bosque natural latifoliado con encino), Mi-FBL(Q) (matorral inerme y matorral latifoliado con encino), Pi-Ehm (pastizal inducido con erosión hídrica fuerte), AtpA (agricultura de tempora), Mi-Pi (Matorral inerme y pastizal inducido), Mi

(Matorral inerme), Pi-FBL(Q) (pastizal inducido y bosque natural latifoliado con encino), Ehf-Pi (erosión hídrica fuerte con pastizal inducido), Pi (Pastizal inducido), Mi-Pn (Matorral inerme y pastizal natural), FBL(Q)-Mi (Bosque natural latifoliado con encino y matorral inerme).



- Registro y caracterización del hábitat
- Distribución potencial

Figura 2. Ubicación del área de estudio en Tlachichila, Zacatecas, y los estados utilizados para modelar la distribución potencial con Maxent (Fuente inédita).

## 3. 2 Muestreo en campo

### 3.2.1 Localización de tecolotes

Para determinar la presencia del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas, y áreas adyacentes, se establecieron estaciones o sitios de muestreo de junio a septiembre del 2013, las cuales se ubicaron en cañadas, barrancas, lomeríos y brechas (Forsman *et al.*, 1983), y donde se localizaron a los tecolotes mediante imitaciones vocales y grabaciones de los llamados de la especie. Para ello, se utilizó un reproductor de sonido, una bocina y archivos de grabaciones de cantos de la especie. Para movilizarse en el área de estudio se utilizó una cuatrimoto tipo motocicleta, marca Solaris y modelo 2010.

Las estaciones de llamado se visitaron principalmente durante la noche (21:00-03:00 h), pero aquellas de difícil acceso, solo durante el día. En cada estación se realizaron y se reprodujeron las grabaciones del canto del tecolote; éstas se dirigieron hacia los cuatro puntos cardinales durante 10 minutos, después de los cuales se asignaron 5 minutos solo para escuchar y registrar si hubo o no respuesta (U. S. Fish and Wildlife Service 2012).

En cada estación de llamado se registraron las coordenadas geográficas, la altitud, hora de inicio y término de la visita. Cuando se obtuvo alguna respuesta de tecolote se anotó la hora de respuesta, posible sexo del individuo (La hembra se distingue del macho principalmente por el tono de voz y el tipo de canto), la orientación y distancia aproximada del punto de respuesta al observador. Para incrementar la probabilidad de registros de tecolotes, las estaciones de llamado se visitaron al menos tres veces durante el estudio. El número de estaciones se definió de acuerdo con el tamaño del área, topografía, su vegetación y acceso a los sitios (Forsman 1983, Franklin *et al.* 1990).

### **3.2.2 Detección de tecolotes durante el día**

Para ubicar a los tecolotes durante el día, se inspeccionaron las áreas adyacentes al sitio de dónde provino la respuesta nocturna (un área de aproximadamente 800 m de radio) (U. S. Fish and Wildlife Service 2012). La búsqueda de los individuos consistió en caminar hacia las áreas más probables de ocupación; para ello, se consideró el tipo de vegetación, las condiciones generales del hábitat preferido por la especie y la topografía. Además, se imitó su canto durante el trayecto de búsqueda. Una vez que los tecolotes contestaron, éstos se buscaron cuidadosamente árbol por árbol y en los peñascos adyacentes al sitio; durante este proceso, también se buscaron los rastros (egagrópilas y excretas en el suelo). Cuando los tecolotes se localizaron y volaron de la percha donde se les encontró a otra, ambas se consideraron como sitios de descanso y, por lo tanto, fueron evaluadas.

### **3.2.3 Caracterización de los sitios de uso y sitios aleatorios**

Para identificar y caracterizar el hábitat con base en los sitios de uso del tecolote moteado, se delimitaron parcelas circulares de 0.04 ha (Seamans y Gutiérrez 1995, Solís y Gutiérrez 1990). En cada una se consideró la percha (p. ej., árbol, cueva, peñasco) como el centro de la misma, y se describió y cuantificó el hábitat. Con fines comparativos y para identificar alguna preferencia del micro-hábitat, se establecieron y evaluaron el mismo número de sitios aleatorios que de sitios de uso. Estas parcelas se seleccionaron a partir de una imagen satelital de la zona (Google Earth), la cual también incluyó a todos los sitios de uso de los tecolotes. A esta imagen se le sobrepuso una cuadrícula y se procedió a una selección aleatoria de los sitios con Excel (2007).

Cuando el sitio de percha fue un árbol, se registró su altura y diámetro, la altura de la rama que sirvió de percha y su orientación; cuando correspondió a una cueva, se tomó la altura desde el suelo hasta la parte más baja de la entrada de la cueva, el largo y ancho de la misma. Finalmente, cuando se trató de un peñasco, se registró su altura y exposición de la ladera.

Tanto en los sitios de uso como en los sitios aleatorios se registró la fecha y hora de evaluación y las coordenadas geográficas. Así mismo, se midieron variables biológicas como altura, diámetro y especie de cada árbol igual o mayor a 10 cm de diámetro, localizado dentro de la parcela. Además se registró la cobertura del copas mediante cuatro lecturas, cada una de ellas a una distancia de 10 m del árbol de percha y con dirección a cada punto cardinal (Norte, Sur, Este, Oeste); se contó el número de estratos de vegetación y la cobertura del suelo, con la línea de Canfield 20 m norte a sur y 20 m este a oeste (Canfield 1941) y se cuantificó la cantidad de herbáceas, arbustos, hojarasca, material leñoso, suelo desnudo y roca. También se evaluaron variables atmosféricas (presión atmosférica y temperatura) y topográficas (altitud, pendiente y exposición).

Las coordenadas de los sitios se recabaron con un GPS marca Magellan-Meridian Gold; las variables altura y pendiente se cuantificaron con un clinómetro marca SUUNTO Instrumental PM-5/360PC; la elevación, temperatura y presión atmosférica se obtuvieron con un barómetro Speedtech Instruments; la exposición de la pendiente con una brújula Brunton Eclipse 8099; la cobertura de copas con un densitómetro esférico Model-A y el diámetro de los árboles y la línea de Canfield se midieron con una cinta Truper Fiberglass de 20m.

### **3.3 Análisis de la información**

A la información física (pendiente, temperatura, presión atmosférica y elevación) y biológica (cobertura aérea, altura, diámetro y número de árboles en cada parcela) se le aplicaron pruebas de Componentes Principales y Diagramas de Dispersión con apoyo del programa InfoStat (2008). Para obtener la densidad cruda del tecolote moteado mexicano en el área de estudio, se dividió el número de individuos localizados entre la superficie muestreada; para cuantificar la superficie de muestreo, se tomó en cuenta el método reportado por Tarango *et al.* (1997). Se midió el área dentro de 500 m de radio de las estaciones de llamado, asumiendo que dentro de esta distancia se escucha la respuesta de los tecolotes, determinando así el área total de muestreo.

Para cuantificar la diversidad vegetal, se recolectaron muestras de las plantas presentes en las parcelas, las cuales se colocaron y mantuvieron en prensas botánicas. La identificación de los especímenes se realizó con la asesoría del Dr. Edmundo García Moya y el biólogo Cristóbal Sánchez Sánchez del Programa de Botánica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. La frecuencia de las especies vegetales se cuantificó como la presencia o ausencia de la especie en los sitios de uso y aleatorios de todas las parcelas circulares de muestreo. Para comparar la composición vegetal entre los sitios de uso del tecolote y sitios aleatorios, se determinó la diversidad beta con los índices de Jaccard y de Sorensen. Se utilizaron dos índices para respaldar el resultado, ya que ambos se basan en información de presencia y ausencia, no consideran la abundancia de las especies y otorgan la misma importancia a cada una de ellas. Los índices de Jaccard ( $I_J$ ) y Sorensen ( $Q_S$ ) se calcularon mediante las siguientes fórmulas:

$$I_J = c/(a+b-c)$$

$$Q_S = 2c/(a+b)$$

Donde:

a= número de especies en el sitio A (sitio de uso)

b= número de especies en el sitio B (sitio aleatorio)

c= número de especies presentes en A y B

### **3.4 Distribución potencial de *Strix occidentalis lucida***

Para determinar las áreas de distribución potencial del tecolote moteado mexicano, se tomaron en cuenta los estados adyacentes a al área de estudio en Zacatecas; Aguascalientes y Jalisco. Se recopilaron las coordenadas de los sitios con presencia del tecolote obtenidas en este estudio y aquellas reportadas en otras investigaciones de la misma subespecie en Sierra Fría, Aguascalientes, y Valparaíso, Zacatecas (Cuadro 1); con tal fin, se empleó el programa Maxent versión 3.3.3k. (Phillips 2013), en el que se incluyeron mapas con varias capas de información: 19 variables bioclimáticas provenientes de WorldClim 1.4 (Hijmans *et al.*, 2005) (Cuadro 2); cuatro derivadas de un modelo digital de elevación (pendiente, altitud, índice topográfico y

aspecto topográfico) (INEGI 2008); una de uso de suelo y vegetación (CONABIO 1999) y una de la cobertura de la superficie (Hansen *et al.*, 2000), todas ellas fueron procesadas a una resolución de 1 km<sup>2</sup> (0.01 píxeles).

Para obtener un modelo general inicial, se utilizó el 70% de los datos de ocurrencia y se corrió el programa para generar 20 réplicas aleatorias; se empleó el 30% restante para evaluar los errores de omisión y comisión, asignándolos al azar (Contreras-Medina *et al.*, 2010, Espinoza-García *et al.*, 2014). La Curva Operativa Característica del Receptor (o curva ROC, por sus siglas en inglés) que genera el algoritmo define el valor del área bajo la curva (AUC); este valor varía del 0 al 1 (Contreras-Medina *et al.*, 2010), pero a medida que este valor se aproxima a 1, la predicción del modelo se incrementa (Araujo y Guisan 2006, Hernández *et al.*, 2006).

Para obtener el valor que aporta cada variable en el modelo, el programa realiza una prueba de Jackknife, la cual establece el porcentaje que aportó cada una (Anderson *et al.*, 2003; Burneo *et al.*, 2009). Además, Maxent genera un mapa con una escala continua de colores que va de los oscuros (valores más bajos) a los claros (valores más altos). Para clasificar el área representada en categorías de rangos de probabilidad de distribución potencial, el mapa se editó con el programa ArcMap 9.3 (ESRI 2006) y con su herramienta de *reclassify*, se tomó como punto de corte el valor mínimo de presencia de los puntos de entrenamiento (0.2473), el cual se restó al valor máximo de presencia, y el resultado se dividió entre el número de rangos de probabilidades de distribución de la especie (Pearson *et al.*, 2007). El resultado final fue un mapa que localiza y clasifica por su probabilidad de distribución los municipios de Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas que indican presencia de la especie.

Cuadro 1. Sitios de uso con coordenadas geográficas (este estudio) e información recopilada utilizada en Maxent para modelar la distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.

Sitios de uso	Longitud	Latitud
<b>Este estudio</b>		
Rincón Verde	-102.80261	21.63975
Cerro Pardo	-102.78222	21.65611
Barranca Angosta	-102.79805	21.62333
<b>Márquez <i>et al.</i>, 2002</b>		
Cueva Prieta	-102.60194	22.16666
El Tiznado	-102.5675	22.11888
El Carrizal	-102.50138	22.18416
El Pinal	-102.71888	22.08444
La Angostura	-102.68388	22.08583
El Tejamanil	-102.71694	22.085
<b>Bravo-Vinaja 2003</b>		
Cacaixtles	-103.714325	22.889706
La Venadita	-103.696169	22.908589
Arroyo los Indios	-103.727917	22.799208
Arroyo Guacamayas	-103.827469	22.811414
Chilarcitos	-103.791247	22.852178
Ventanillas	-103.771281	22.902983

Cuadro 2. Capas de las variables bioclimáticas que se integraron a Maxent para modelar la distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.

---

Variables de temperatura y precipitación
1. promedio anual Temperatura (°C)
2. Oscilación diurna de la temperatura (°C)
3. Isotermalidad (°C)
4. Estacionalidad de la temperatura (°C)
5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
6. Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
7. Oscilación anual de la temperatura (°C)
8. Temperatura promedio del trimestre más lluvioso (°C)
9. Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)
10. Temperatura promedio del trimestre más cálido (°C)
11. Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)
12. Precipitación anual (mm)
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
14. Precipitación del periodo más seco (mm)
15. Estacionalidad de la precipitación (mm)
16. Precipitación del trimestre más lluvioso (mm)
17. Precipitación del trimestre más seco (mm)
18. Precipitación del trimestre más cálido (mm)
19. Precipitación del trimestre más frío (mm)

---

## IV. Resultados

### 4.1 Búsqueda y localización de los tecolotes

Durante el periodo de estudio (del 17 de junio al 26 de septiembre del 2013), se muestrearon 51.84 km<sup>2</sup> y se establecieron 66 estaciones de llamado (Anexo 3). En total, se ocuparon 976 horas (día/noche) para la localización de los tecolotes. Se encontraron cinco tecolotes moteados mexicanos subadultos: dos parejas y uno solitario (Cuadro 3). La distancia mínima entre un sitio de uso y otro fue de 1.82 km y la máxima de 2.16 km. La densidad de tecolotes en el área de estudio fue de 0.096/km<sup>2</sup>.

Cuadro 3. Tecolotes moteados mexicanos (*Strix occidentalis lucida*) encontrados en Tlachichila, Zacatecas, en 2013.

Individuos	Lugar	Coordenadas	Elevación
2 subadultos (macho y hembra)	Barranca Angosta	13727904E, 2392809N	2438 m
2 subadultos (macho y hembra)	Cerro Pardo	13729539E, 2394165N	2440 m
1 subadulto (sexo desconocido)	Rincón Verde	13727425E, 2394563N	2440 m

Barranca Angosta: El 17 de junio del 2013 a las 20:45 h, después de 10 minutos de llamado, se escuchó por primera vez la respuesta de una pareja de tecolotes subadultos. El primero que respondió fue el macho y luego la hembra. El 18 de junio del 2013 a las 11:55 am fue el primer avistamiento del macho vocalizando en un árbol (*Quercus* spp.) a 6 metros de distancia del observador, voló al fondo de la cañada y se posó en un árbol (especie desconocida). A las 12:00 h se visualizó a la hembra perchando en un árbol diferente (*Alnus* spp.), sin vocalizar. El macho vocalizó durante todo el tiempo de observación; cantaba en dirección opuesta a donde nos encontrábamos, y se observó que tenía un defecto visual en el ojo izquierdo y a la

hembra le faltaban algunas plumas de la cola. La pareja se encontró en una cañada de 12 m de ancho; desde el punto de observación al fondo de la cañada había 50 m, la pared rocosa de la cañada midió 17 m de altura del lado izquierdo y 16 m de altura de lado derecho, la altura total fue de 91 m. El área que incluye al sitio de tecolotes se utiliza para pastar un rebaño de chivas, y hay presencia de perros domésticos y ferales. La entrada hacia la cañada está cercada con malla borreguera. En las áreas adyacentes al sitio, a 0.47 y 0.68 km hay parcelas de cultivo principalmente de avena forrajera, algunas de frijol y maíz, a 1.10 km se encuentra un bordo, a 2.20 km se realizan actividades ganaderas, a 2.36 km se localiza el poblado de Las Presitas, a 2.52 km se encuentra la carretera y a 7.05 km el centro de Tlachichila, Zacatecas.

Cerro Pardo: El 18 de junio del 2013 a las 21:35 h se observó un tecolote, el cual se posó a 5 m de distancia del observador, no respondió al canto y voló después de 1 minuto. A las 22:04 h, del mismo día, se escuchó respuesta de un macho. El 25 de julio del 2013 a las 00:50 h, un tecolote respondió después de 10 minutos de vocalizaciones, 20 minutos después voló y se posó a unos 8 m de la estación de llamado; estuvo ahí por espacio de 15 minutos, voló hacia un árbol y continuó cantando. El 4 de septiembre del 2013 a las 13:50 h, se avistaron dos tecolotes en el sitio de uso; primero se observó al macho, luego apareció la hembra que se posó en un árbol (*Quercus* spp.) cerca del macho; los tecolotes no vocalizaron, solo se les observó volar y se identificó el sitio de descanso. En este lugar existen también perros domésticos y ferales, y a su alrededor hay caminos de terracería. Este sitio se encuentra a 0.44 km de la frontera con Jalisco, a 4.59 km de la comunidad de El Rosario. En el área adyacente, a 2.6 km, hay parcelas de cultivo de avena forrajera y dos bordos: uno a 1.5 y otro a 1.19 km. Además, se ubica a 4.20 km de la población de Las Presitas y a 8.49 km del centro de Tlachichila, Zacatecas.

Rincón Verde: El 5 de septiembre del 2013 a las 11:18 am, un tecolote contestó a las vocalizaciones, desde una estación de llamado localizada a la orilla de una barranca. Más tarde, a las 14:55 h, el tecolote volvió a responder a los llamados, salió de una cueva y se posó en una roca cercana, rápidamente, el ave voló hacia un árbol entre la

formación rocosa. Es un individuo solitario, subadulto, de sexo desconocido. Este sitio se localiza en una cañada a la orilla de un camino de terracería con uso esporádico de vehículos, la parcela de cultivo más cercana está a 0.58 km, otras parcelas de cultivo a 3 km y un bordo a 0.34 km. Además, se ubica a 3.76 km de la comunidad de Las Presitas, a 3.39 km de Las Palmitas y a 9 km del centro de Tlachichila, Zacatecas.

#### **4.2 Caracterización del hábitat**

La elevación de los sitios de uso del tecolote varió de 2438 a 2471 m ( $2444.6\text{m} \pm 12.9$ ), la presión atmosférica en promedio fue de 1023.8mb/hpa. La temperatura más baja fue de 17.6 °C y la más alta de 22.3 °C ( $19.5\text{ °C} \pm 1.7$ ), la mayoría de los sitios ( $n = 5$ ) tienen una cobertura de copas de más del 50% y presentan una pendiente pronunciada, con excepción del sitio 5 que no presenta pendiente. En este último sitio, los tecolotes se encontraron en el fondo de una cañada de más de 16 m de altura. Tres de los sitios se encontraron en laderas con exposición noreste. Los árboles incluidos en la parcela tienen un diámetro de  $29.8\text{ cm} \pm 8.2$  ( $21.93\text{ cm} - 45.7\text{ cm}$ ) y altura de  $8.5\text{ m} \pm 2.1$  ( $6.91\text{ m} - 12.6\text{ m}$ ). En todos los sitios se registraron tres estratos de vegetación (arbóreo, arbustivo, herbáceo) (Cuadro 4). Cuatro de las perchas de los tecolotes fueron árboles (dos *Quercus* spp., una *Alnus* spp. y una especie arbórea no identificada). Los árboles de las perchas tuvieron alturas de 9 a 20 m, y diámetros de 41.38 a 82.76 cm. La altura de las perchas ( $7\text{ m} \pm 2$ ) fue menor en los sitios donde los tecolotes descansaron en cuevas (4 y 5 m). La mayor altura de la rama de percha fue de 10 m y la menor de 7 m ( $7\text{ m} \pm 2.1$ ) (Cuadro 5).

Cuadro 4. Variables biológicas y físicas de los sitios de uso del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas.

Variables	Sitios de uso						Promedio y desviación estándar
	Sitio 1	Sitio2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	
<b>Biológicas</b>							
Tipo de percha	cueva	Cueva	árbol	Árbol	árbol	Árbol	–
Altura percha (m)	4	5	8	7	8	10	7 ± 2.1
N° estratos	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Diámetro a la altura del pecho (cm)	21.9	26.9	25.9	30.6	45.7	28.1	29.8 ± 8.2
Altura (m)	6.9	7.2	7.3	7.7	12.6	9.4	8.5 ± 2.1
Cobertura de copas (%)	55	41.2	50	52	80.7	50	54.8 ± 13.4
<b>Físicas</b>							
Elevación (m)	2439	2440	2440	2440	2438	2471	2444.6 ± 12.9
Temperatura (°C)	19.7	17.6	20.1	20.1	22.3	17.6	19.5 ± 1.7
Presión atmosférica (mb/hpa)	1013	1013	1022	1022	1034	1039	1023.8 ± 10.7
Pendiente (%)	75	68	60.5	65	0	37.5	51 ± 28
Exposición de la pendiente	O	NE	NE	NE	SE	E	–

Cuadro 5. Variables de los árboles de percha de los sitios de uso del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas.

Variables	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	Promedio y desviación estándar
Especie	<i>Quercus</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.	Especie no identificada	<i>Alnus</i> spp.	-
Diámetro (cm)	45.5	41.3	82.7	47.7	54.3 ± 19.1
Altura (m)	10	9	15	20	13.5 ± 5
Altura de rama de percha (m)	8	7	12	8	8.75 ± 2.21
Orientación de la rama de percha	SE	SE	S	SE	-

Con respecto a las variables biológicas, el análisis de componentes principales identificó dos de estos. El primero explicó el 41.9% de la varianza y tuvo mayor correlación positiva con las variables de cobertura del suelo (arbustivas, roca), cobertura de copas, DAP (diámetro a la altura del pecho) y altura de los árboles. El segundo componente explicó el 20.3% y agrupó las variables suelo desnudo y herbáceas (Figura 3).

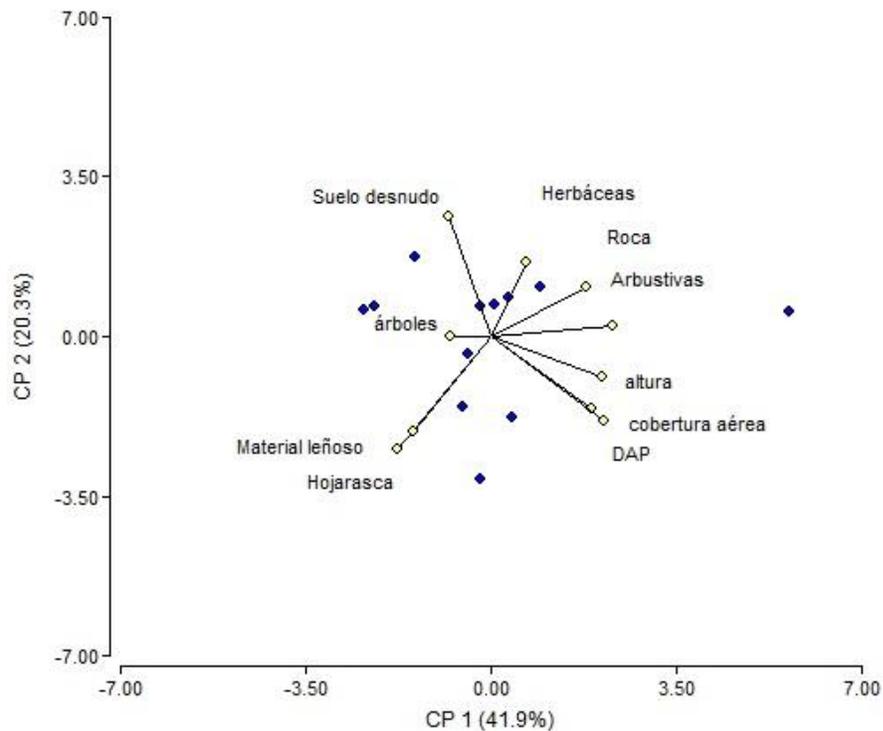


Figura 3. Dispersión de los componentes principales de las variables biológicas de los sitios de aleatorios y de uso del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas.

En relación con las variables físicas, el análisis de componentes principales identificó dos componentes. El primero explicó el 48% de la varianza y tiene mayor correlación positiva con la pendiente. El segundo componente explicó el 35% de la varianza y utilizó la variable temperatura (Figura 4).

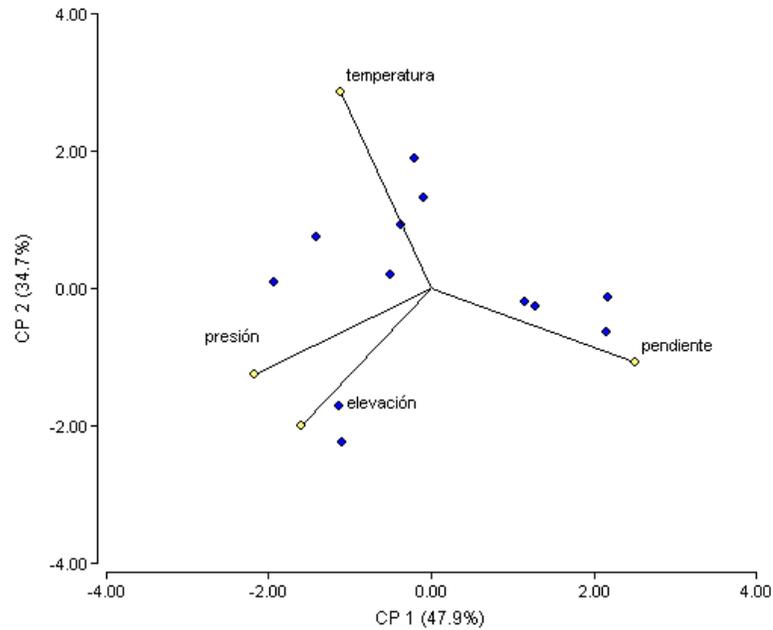


Figura 4. Dispersión de los componentes principales de las variables físicas de los sitios aleatorios y de uso del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas.

La hojarasca en los sitios de uso fue la mayor cobertura del suelo ( $n = 5$ ) con  $37.5 \% \pm 20.5$  a excepción de un sitio que no presentó; en este, lo que predominó fueron las rocas y arbustos. Las otras variables más abundantes fueron las herbáceas ( $24.8 \% \pm 11$ ) y roca ( $18.2 \% \pm 12.1$ ) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tipos de cobertura del suelo de los sitios de descanso del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas. La información se presenta en porcentaje, incluye el promedio y desviación estándar.

Variables	Sitios						Promedio y desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	
<b>Arbustivas</b>	3.7	3.7	0	0	31.2	2.5	6.8 ± 12.0
<b>Herbáceas</b>	33.7	37.5	21.2	23.0	27.5	6.2	24.8 ± 11.0
<b>Hojarasca</b>	40.0	36.2	52.5	59.0	0	37.5	37.5 ± 20.5
<b>Material leñoso</b>	3.7	5	6.2	11.2	0	1.2	4.5 ± 3.6
<b>Roca</b>	11.2	8.7	16.2	6.7	36.2	30.0	18.2 ± 12.1
<b>Suelo desnudo</b>	7.5	8.7	3.7	0	5.0	22.5	7.9 ± 7.7

### 4.3 Vegetación

Se identificaron 55 especies de plantas conjuntamente entre los sitios de uso y aleatorios. Las plantas más frecuentes fueron las herbáceas, con 39 especies, principalmente de las familias Asteraceae y Poaceae. En menor grado estuvieron representadas las especies arbustivas, con seis especies, de las cuales también la familia más representada fue la Asteracea. Además, se encontraron seis especies arbóreas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Especies vegetales localizadas en los sitios de muestreo en Tlachichila, Zacatecas.

Familia	Especie	Presencia/ausencia	
		Sitios de uso	Sitios aleatorios
<b>Arbórea</b>			
Burseraceae	<i>Bursera</i> spp.	1	1
Ericaceae	<i>Arbutus</i> spp.	1	1
Fabaceae	<i>Erythrina coralloides</i>	0	1
Fagaceae	<i>Quercus</i> spp.	1	1
Pinaceae	<i>Pinus lumholtzii</i>	0	1
Sapotacea	<i>Sideroxylon persimile</i>	1	0
		*18.2%	*12%
<b>Arbustivas</b>			
Asteraceae	<i>Stevia subpubescens</i>	1	1
Asteraceae	<i>Senecio angulifolius</i>	1	0
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i>	0	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i>	0	1
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>	0	1
Fabaceae	<i>Acacia cochliacantha</i>	0	1
		*9.1%	*12%
<b>Herbáceas</b>			
Apiaceae	<i>Eryngium</i> spp.	0	1
Apocynaceae	<i>Asclepias linaria</i>	0	1
Asparagaceae	<i>Milla biflora</i>	0	1
Asteraceae	<i>Verbesina</i> spp.	1	0
Asteraceae	<i>Gnaphalium inornatum</i>	1	0
Asteraceae	<i>Ageratum</i> spp.	1	0
Asteraceae	<i>Stevia serrata</i>	0	1
Asteraceae	<i>Psacalium peltatum</i>	1	1
Asteraceae	<i>Cosmos bipinnatus</i>	0	1
Asteraceae	<i>Schkuria pinnata</i>	0	1
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>	1	1
Asteraceae	<i>Acourtia</i> spp.	0	1
Asteraceae	<i>Piqueria trinervia</i>	0	1
Begoniaceae	<i>Begonia balmisiana</i>	1	0
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium graveolens</i>	0	1

Cistaceae	<i>Helianthemum glomeratum</i>	0	1
Commelinaceae	<i>Commelina coelestis</i>	1	0
Commelinaceae	<i>Commelina</i> spp.	0	1
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>	0	1
Fabaceae	<i>Cologania</i> spp.	0	1
Fabaceae	<i>Dalea foliolosa</i>	0	1
Lamiaceae	<i>Salvia gracilis</i>	0	1
Lamiaceae	<i>Salvia mexicana</i>	0	1
Lamiaceae	<i>Salvia</i> spp.	1	0
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	0	1
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> spp.	1	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia tenuifolia</i>	0	1
Poaceae	<i>Bromus carinatus</i>	0	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia</i> spp.	1	1
Poaceae	<i>Rhynchelytium repens</i>	0	1
Poaceae	<i>Lycurus phleoides</i>	0	1
Poaceae	<i>Hilaria cenchroides</i>	0	1
Poaceae	<i>Paspalum conjugatum</i>	0	1
Portulacaceae	<i>Portulaca deracea</i>	1	0
Pteridaceae	<i>Cheilanthes</i> spp.	1	0
Pteridaceae	Especie no identificada	1	0
Pteridaceae	Especie no identificada	0	1
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i>	0	1
Verbenaceae	<i>Verbena menthifolia</i>	0	1
		*59.1%	*69.1%

### Líquén

Parmeliaceae	<i>Parmelia subdirecta</i>	1	1
		*4.5%	*2.3%

### Musgo

Thuidiaceae	Especie no identificada	1	1
		*4.5%	*2.3%

### Suculentas

Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	0	1
Cactaceae	<i>Mammillaria</i> spp.	1	0
		*4.5%	*2.3%

---

\*es el resultado de multiplicar el número de especies por cien y dividirlo entre el número total de especies. 1 = presencia de la especie, 0 = ausencia de la especie.

En los sitios de uso, se registraron tres estratos de vegetación y 22 especies, de las cuales el 59.1 % fueron herbáceas, el 18.2 % arbóreas, el 9.1 % arbustivas y 13.5 % de otros tipos biológicos (liquen, musgo, suculentas) (Cuadro 7). De las herbáceas, la de mayor frecuencia fue *Cheilanthes* spp. (helecho) y le siguen *Begonia balmisiana* y *Muhlenbergia* spp. Las arbóreas más frecuentes fueron *Quercus* spp. (roble), *Arbutus* spp. (madroño) y la arbustiva *Stevia subpubescens* (Cuadro 8).

En los sitios aleatorios, la frecuencia de especies fue más baja, pero mayor su riqueza con un total de 42 especies entre las que predominaron las herbáceas (69.1%), arbóreas (12%), arbustivas (12%) y otros tipos biológicos (6.9%) (Cuadro 7). Las herbáceas más frecuentes fueron *Cosmos bipinnatus* y *Rhynchelytum repens*. *Quercus* spp. y *Bursera* spp. fueron las arbóreas más frecuentes. De las arbustivas, *Arcostaphylos pungens* y *Stevia subpubescens* fueron las más frecuentes (Cuadro 8).

Cuadro 8. Especies vegetales que estuvieron presentes en dos o más sitios de uso o aleatorios (frecuencia  $\geq 2$ ) en Tlachichila, Zacatecas.

Familia	Especie	Frecuencia	
		Sitios de uso	Sitios aleatorios
<b>Arbórea</b>			
Burseraceae	<i>Bursera</i> spp.	2	3
Ericaceae	<i>Arbutus</i> spp.	5	2
Fagaceae	<i>Quercus</i> spp.	6	6
<b>Arbustiva</b>			
Asteraceae	<i>Stevia subpubescens</i>	5	3
Asteraceae	<i>Senecio angulifolius</i>	2	0
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>	0	5
Fabaceae	<i>Acacia cochliacantha</i>	0	2
<b>Herbácea</b>			
Asteraceae	<i>Gnaphalium inornatum</i>	3	0
Asteraceae	<i>Stevia serrata</i>	0	2
Asteraceae	<i>Cosmos bipinnatus</i>	0	3
Asteraceae	<i>Schkuria pinnata</i>	0	2
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>	3	1
Begoniaceae	<i>Begonia balmisiana</i>	5	0
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> spp.	2	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia</i> spp.	5	1
Poaceae	<i>Rhynchelytum repens</i>	0	2
Pteridaceae	<i>Cheilanthus</i> spp.	6	0
Pteridaceae	<i>Especie no identificada</i>	4	0
<b>Liquen</b>			
Parmeliaceae	<i>Parmelia subdurecta</i>	6	2
<b>Musgo</b>			
Thuidiaceae	<i>Especie no identificada</i>	6	3
<b>Suculenta</b>			

Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	0	3
Cactaceae	<i>Mammillaria</i> spp.	3	0

Los índices de similitud (índices de diversidad) de Jaccard y Sorensen varían de 0 a 1 (en donde el valor 1 significa que los sitios contienen exactamente las mismas especies). Al comparar las especies vegetales presentes en los sitios de uso vs. aleatorios, se obtuvo un índice de Jaccard de 0.125 y de 0.285 para el de Sorensen; ambos índices indicaron una similitud muy baja entre los sitios evaluados. Los sitios de uso presentaron mayor densidad de árboles, los cuales en promedio, también fueron más altos y gruesos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Densidad de árboles (Número de árboles/ha) en las parcelas circulares muestreadas en Tlachichila, Zacatecas.

Sitios						Promedio y desviación estándar
<i>Uso</i>						
1	2	3	4	5	6	
300	175	300	200	125	175	212.5 ± 72
<i>Aleatorios</i>						
1	2	3	4	5	6	
225	75	125	150	100	175	141.6 ± 54

#### 4.4 Modelación de la distribución potencial del tecolote moteado mexicano

Para modelar la distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas, se introdujeron 15 registros de presencia de la especie al programa Maxent, seis registros de Valparaíso, Zacatecas; tres de Tlachichila, Zacatecas, y seis de Sierra Fría, Aguascalientes (Figura 5).

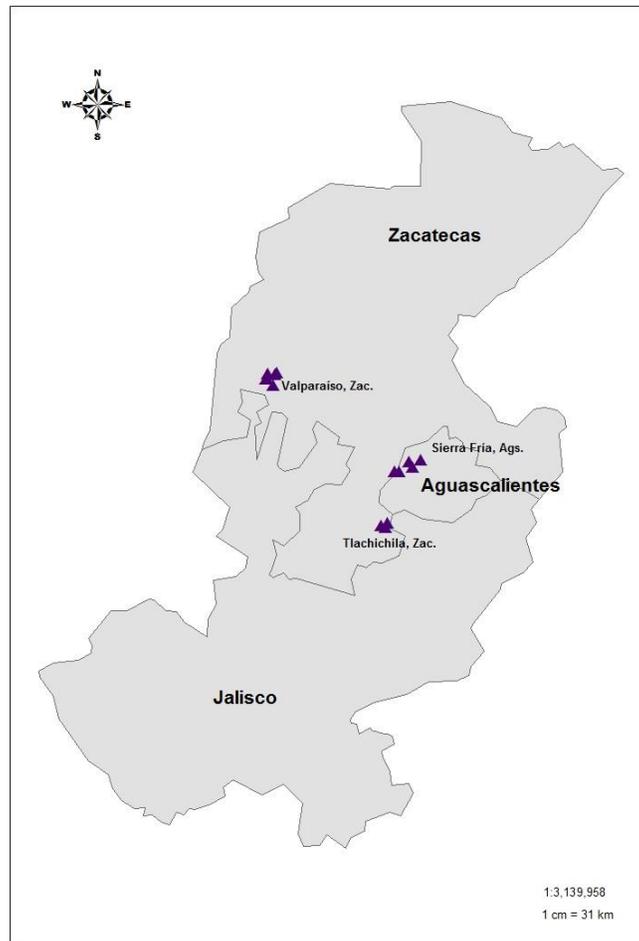


Figura 5. Ubicación de los registros de los sitios de descanso del tecolote moteado mexicano que se utilizaron en Maxent.

De acuerdo con el análisis de la curva ROC ( $AUC = 0.984 \pm 0.005$ ), el modelo realizó una adecuada predicción. Las variables que explicaron el 90.2% del modelo fueron las capas de cobertura y vegetación con un 26.9%, dos capas del modelo digital de elevación con un 23.3%, cuatro capas de la variable de precipitación y tres de la variable de temperatura con un 40% (Cuadro 10). En los Cuadros 11 y 12, se describen los rangos de los valores de las variables de cada capa considerada por Maxent para el modelo, clasificados por su probabilidad de distribución potencial (Muy Alta, Alta y Media).

Cuadro 10. Contribución de cada capa al modelo de distribución del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.

<b>Variables</b>	<b>Contribución (%)</b>
Cobertura y vegetación	26.9
Modelo de elevación	18.8
Índice topográfico	4.5
Temperatura mínima del periodo más frío	14.4
Estacionalidad de la precipitación	10.3
Precipitación anual	6.2
Precipitación del trimestre más cálido	2.5
Oscilación diurna de la temperatura	2.5
Precipitación del trimestre más seco	2.4
Temperatura promedio del trimestre más frío	1.7
<b>Total</b>	<b>90.2</b>

Cuadro 11. Rango de los valores de las variables que contribuyeron más en el modelo de distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.

Variable	Probabilidad de distribución potencial de acuerdo a Maxent y utilizando ArcMap		
	Muy alta	Alta	Media
Dem	2179-3019m	1928-3019m	1922-3554m
Bio 06	-0.7 – 3.2°C	-1 – 5.1°C	-1 – 5.3°C
Bio 15	96-109mm	95-116mm	92-117mm
Bio 12	477-873mm	466-886mm	441-1318mm
Topoind	139-519	92-665	107-803
Bio18	189-391mm	181-404mm	163-526mm
Bio 02	12.9-16°C	12.8-16.4°C	11.3-17.3°C
Bio 17	0-28mm	0-30mm	0-41mm
Bio 11	7.3-11.7°C	6.9-13.1°C	7.2-13.8°C
Vegetación	BP, BE	BP, BE, PN	BP, BE, PN Mapf

**Dem**= modelo de elevación, **Bio06**= Temperatura mínima del período más frío, **Bio15**= Estacionalidad de la precipitación, **Bio12**= Precipitación anual, **Topoind**= índice topográfico, **Bio18**= Precipitación del trimestre más cálido, **Bio02**= oscilación diurna de la temperatura, **Bio17**= Precipitación del trimestre más seco, **Bio11**= Temperatura promedio del trimestre más frío, **Mapf**= manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones), **PN**= pastizal natural, **BP**= bosque de pino, **BE**= bosque de encino.

Cuadro 12. Características de la cobertura presente en el mapa de distribución potencial del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.

Cobertura	Probabilidad de distribución potencial		
	Muy alta	Alta	Media
30		✓	✓
50	✓	✓	✓
70	✓	✓	✓
110	✓	✓	✓
120		✓	✓
130	✓	✓	✓
140			✓

**30**= mosaicos de vegetación (pastizal, matorral) (50-70%), cultivos (20-50%); **50**= bosque cerrado (>40%) deciduo 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%).

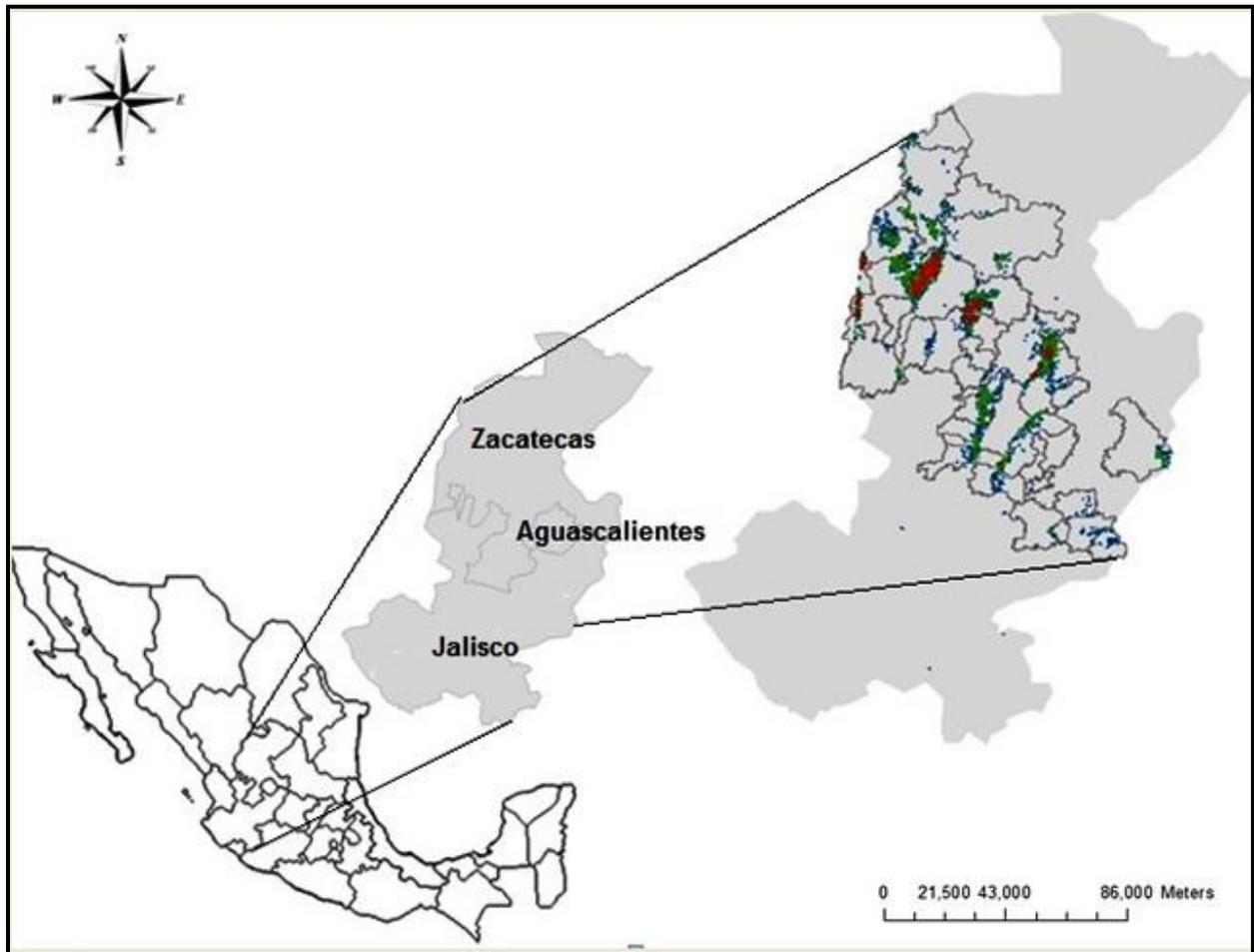


Figura 6. Distribución potencial del tequilote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.

De acuerdo a Maxent y ArcMap la superficie con probabilidad de distribución potencial muy alta, alta y media fue de 337.73 km<sup>2</sup>, 1160.63 km<sup>2</sup> y 1542.75 km<sup>2</sup>, respectivamente. El total de la superficie de todos los municipios identificados por ArcMacp fue de 44976.62 Km<sup>2</sup>; se cuantificó la superficie de cada una de las

probabilidades de distribución por municipio. En total se identificaron 3 municipios de Aguascalientes con probabilidad media, 3 alta y 2 muy alta (Cuadro 13); de Jalisco 11 con probabilidad media y 6 alta (Cuadro 14), y de Zacatecas 22 con probabilidad media, 19 alta y 9 muy alta (Cuadro 15). Zacatecas presenta la mayor distribución potencial de *Strix occidentalis lucida*, seguido de Aguascalientes y como último Jalisco (Figura 6, Cuadro 16).

Cuadro 13. Superficie total (km<sup>2</sup>) por municipio y por probabilidad de distribución del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, México.

Municipio	Muy alta	Alta	Media	Superficie total del municipio
Calvillo	6.5	34.3	24.7	923.3
Jesús María	0	2.5	5.4	499.9
San José de Gracia	30.9	81.4	88.6	857.8

Cuadro 14. Superficie total (km<sup>2</sup>) por municipio y por probabilidad de distribución del tecolote moteado mexicano en Jalisco, México.

Municipio	Muy alta	Alta	Media	Superficie total del municipio
Arandas	0	0	25.3	941.9
Cañadas de Obregón	0	0	3.5	269.3
Colotlán	0	2.3	10.2	641.5
Jesús María	0	2.2	34.2	659.6
Lagos de Moreno	0	17.4	34.8	2490.3
Mezquitic	0	11.8	0.3	3328.8
San Miguel el Alto	0	0	10.8	779.7
Tecochaltiche	0	0	7.9	924.6
Tepatitlán de Morelos	0	2.9	10.1	1388.0
Villa Hidalgo	0	3.5	10.4	448.5
Yahualica de Gonzáles Gallo	0	0	25.5	558.2

Cuadro 15. Superficie total (km<sup>2</sup>) por municipio y por probabilidad de distribución del tecolote moteado mexicano en Zacatecas.

<b>Municipio</b>	<b>Muy alta</b>	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Superficie total del municipio</b>
Chalchihuites	0	26.8	73.3	891.1
El Plateado de Joaquín Amaro	0	15.8	36.8	349.9
Fresnillo	0	18.6	48.4	5037.3
Genaro Codina	0	69.8	36.9	786.4
Jerez	5.2	44.8	80.0	1526.9
Jiménez de Teul	6.8	65.9	139.5	1158.4
Juchipila	2.1	14.1	22.1	335.4
Miguel Auza	0	0.1	3.7	1093.9
Momax	1.0	11.7	11.2	160.2
Monte Escobedo	20.6	51.2	57.1	1582.9
Moyahua de Estrada	0	0	7.71	535.3
Nochistlán de Mejía	1.3	27.7	48.9	869.3
Sain Alto	0	2.5	14.4	1399.6
Santa María de la Paz	0	14.2	30.3	275.6
Sombrerete	0	61.1	118.5	3593.6
Susticacán	38.6	37.9	15.1	197.5
Tepechtlán	0	0	16.1	539.1
Tepetongo	0	12.1	19.8	716.9
Teúl de Gonzáles Ortega	0	0	27.9	673.0
Tlaltenango de Sánchez Román	0	68.5	68.7	738.5
Valparaíso	210.6	414.2	319.6	5647.4
Villanueva	14.0	45.2	54.8	2156.5

Cuadro 16. Superficie total (km<sup>2</sup>) de áreas con probabilidades de distribución del tecolote moteado mexicano en Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.

<b>Estado</b>	<b>Muy alta</b>	<b>Alta</b>	<b>Media</b>
Aguascalientes (Número de municipios)	37.5 2	118.2 3	118.7 3
Jalisco (Número de municipios)	0 0	40.1 6	172.9 11
Zacatecas (Número de municipios)	300.2 9	1002.3 19	1251.1 22

## V. Discusión

En el presente estudio se localizaron cinco tecolotes en 51.84 km<sup>2</sup>, obteniendo una densidad cruda de 0.096 tecolotes/km<sup>2</sup>, menor a la obtenida por Bravo-Vinaja (2003) en Valparaíso, Zacatecas (0.3 tecolotes/km<sup>2</sup>) y por Tarango *et al.* (1997) en Chihuahua (0.4 tecolotes/km<sup>2</sup>). Young *et al.* (1998) calcularon una densidad cruda más baja que la del presente estudio (0.089 tecolotes/ha) en Chihuahua. Sin embargo, la densidad cruda en este estudio es mayor a la estimada en Sierra Fría, Aguascalientes, por Tarango *et al.* (2001) y Márquez-Olivas *et al.* (2002), la cual fue de 0.014 tecolotes/km<sup>2</sup> y la de Durango 0.054 tecolotes/km<sup>2</sup> de Garza 1999. En estados Unidos, la densidad cruda y ecológica oscila entre 0.03 a 0.27 tecolotes/km<sup>2</sup> (Ward *et al.*, 1995, Rinkevich y Gutiérrez 1996, May y Gutiérrez 2002). Por lo tanto, la densidad cruda de tecolotes registrada en este estudio, se ubica dentro del rango de densidad reportado para la subespecie, cuya variación puede deberse a la duración del muestreo, a la temporada del muestreo, a las diferencias en las condiciones del hábitat entre regiones, a su topografía y la habilidad del investigador para escuchar y localizar a los individuos.

La distancia entre los sitios de uso varió de 1.82-2.16 km, rango inferior a lo reportado en otros estudios. Por ejemplo, Bravo-Vinaja (2003) obtuvo una distancia mínima de 2.87 km al sitio vecino más cercano. Por su parte Ganey y Balda (1989) reportan distancias promedio de 3.8, 3.5 y 2.7 km en hábitats diferentes de Arizona, y Young *et al.* (1998) una distancia mínima de 2.64 y una distancia máxima de 9.64 km. Las

parejas ocurren en intervalos de 3-4 km en hábitat adecuado según Ganey y Balda (1989); sin embargo, Marshall (1957) estimó que las parejas ocurren cada 1.6 a 3.2 km en las zona montañas del sur de Arizona, y sugiere que la densidad puede variar dependiendo de la región de estudio. En el presente estudio, las distancias entre los sitios puede deberse a que los remanentes de bosque no son muy grandes y están rodeados de zonas dedicadas a la agricultura y ganadería, así como a pequeñas poblaciones rurales. En Chihuahua, Tarango *et al.* (1997) reportaron a los tecolotes perchando y anidando en áreas cercanas a parcelas de agricultura o camino de terracería (0.140-2 km), así como a 50 m de una zona con tala ilegal reciente, lo cual deteriora el hábitat del tecolote.

Los tecolotes en Tlachichila, Zacatecas, se localizaron entre 2,438 y 2,471 m (2,444.6 m  $\pm$  12.9) de elevación, la cual se encuentra dentro de los rangos reportados para la especie en Aguascalientes (Tarango *et al.*, 2001, Márquez-Olivas *et al.*, 2002), Zacatecas (Bravo-Vinaja 2003) y Durango (Garza 1999). En Estados Unidos la elevación mínima reportada para el tecolote fue de 1,125 m y la máxima de 2,930 m en Arizona (Ganey y Balda 1989). Maxent identificó a la elevación como un factor importante (18.8%) para definir el mapa de distribución potencial de tecolote moteado mexicano, esto se puede deber a que los rangos de altitud identificados, coincide con la distribución de los bosques templados, los cuales, de acuerdo a la literatura son característicos para la especie. Además, coinciden con las formas topográficas de cadenas montañosas, cañadas, acantilados, barrancas rocosas, entre otras, en las cuales se ha registrado la presencia de tecolotes.

El tecolote moteado mexicano es vulnerable al estrés por calor; por lo tanto, las áreas de nidos y perchas son significativamente más frías que los sitios aleatorios (Ganey *et al.*, 1993). Esto coincide con los datos de temperatura tomados en los sitios de uso (19.56 °C) y sitios aleatorios (22.85 °C) en este trabajo. Por lo tanto, se apoya la hipótesis de que la subespecie selecciona hábitats frescos. El Análisis de Componentes Principales (ACP) tomó como variable importante de presencia del tecolote a la temperatura, lo que también se ve reflejado en los resultados del mapa de

distribución potencial calculado por Maxent. Ganey (2004) reporta que los tecolotes usan un hábitat fresco porque, aparentemente, ayuda a reducir la pérdida diurna de agua por evaporación. También relaciona al área basal y la cobertura aérea como factores que propician mayor humedad relativa y una temperatura más fresca. La temperatura, en este estudio, osciló entre los 17.6 °C a los 22.3 °C (19.5 °C  $\pm$  1.7) en otoño, lo cual coincide con lo descrito para la subespecie; es decir, que su plumaje está adaptado para que el ave soporte climas fríos y baja tolerancia a temperaturas mayores de 27 °C (Barrows 1981). En Aguascalientes, la temperatura promedio anual de los sitios donde hay registro de tecolotes es de 17 °C (Tarango *et al.*, 2001) y en Arizona, los sitios de descanso y anidación del tecolote se han localizado en áreas con media de temperatura máxima diaria de 6 °C en invierno y 25 °C en verano (May y Gutiérrez 2002). De acuerdo a Ganey (2004), la elevación está correlacionada significativamente con la temperatura.

La pendiente promedio de los sitios de uso fue de 51 %  $\pm$  28 y la mitad tuvo exposición noreste; el porcentaje de la pendiente es muy similar al promedio reportado por Bravo-Vinaja (2003) de 51.3 %, fue mayor que la reportada por May *et al.* (2004) de 27 %  $\pm$  14.8 y por Tarango *et al.* (2001) de 48.9 %  $\pm$  11, pero menor a las registradas por Tarango *et al.* (1997) de 76.3 % y Young *et al.* (1998) de 63.2 %. Las pendientes con exposición noreste son de las más utilizadas como sitios de descanso de los tecolotes (Tarango *et al.*, 1997, Young *et al.*, 1998, Seamans y Gutiérrez 1995, Tarango *et al.*, 2001, Márquez-Olivas *et al.*, 2002). La variable pendiente también se identificó por el ACP como variable importante para la presencia del tecolote. Una pendiente muy pronunciada implica contar con áreas boscosas de difícil acceso para la tala. Ganey y Balda (1989) sugieren que la tala forestal reduce la cantidad y la calidad del hábitat para el tecolote. Ganey y Benoit (2002) identificaron el hábitat potencial para la especie con base en muestreos territoriales, en los que las unidades con mayor presencia del tecolote se ubicaron en áreas de pendientes pronunciadas (mayor a 40%); esta información fue útil para establecer áreas de conservación para la especie y establecer los límites de explotación forestal.

Hathcock y Haarmann (2008) realizaron un modelo predictivo de hábitat para el tecolote utilizando regresión logística. Este modelo indicó que las variables con correlación positiva para la presencia de tecolote moteado fueron la densidad de arbustos, la diversidad, densidad, altura y cobertura del dosel de las especies arbóreas. Los ACP del presente estudio, también indicaron como variables importantes la altura de los árboles, la cobertura aérea y la presencia de arbustos, entre otras.

La cobertura de copas de los sitios de uso fue de  $54.8 \pm 13.4\%$ , con un rango de (41.2-80.7 %); estos valores se asemejan a los reportados por Bravo-Vinaja (2003) en Valparaíso, Zacatecas, con  $55.5 \% \pm 17.5$  y por Tarango *et al.* (2001)  $60.7 \% \pm 5.7$  (42.5-79 %) en Aguascalientes. En Chihuahua Tarango *et al.* (1997) reportaron un promedio de  $68 \% \pm 10.7$ , May y Gutiérrez (2002) en Arizona registraron que los sitios de uso tienen una cobertura  $\geq 55\%$ , en Nuevo México 41-70 % (Peery *et al.*, 1999) y en Arizona porcentajes mayores a 40 % (Ganey *et al.*, 2003). Resalta la información sobre cobertura que reporta Young *et al.* (1998) en Chihuahua de  $72.6 \% \pm 31.7$  Ganey y Balda (1994) en Arizona  $79.1 \% \pm 5.2$  y Seamans y Gutiérrez (1995) de  $85.2 \% \pm 9.9$ . Estas diferencias pueden deberse al tipo o estado del bosque, ya que los bosques maduros presentan árboles con mayor cobertura; también, puede ser un indicio de que los tecolotes no necesariamente prefieren zonas con doseles completamente cerrados. La importancia de la cobertura aérea para la subespecie reside en que un dosel cerrado proporciona condiciones favorables de microclima; los diferentes estratos de las capas del dosel permiten a los tecolotes perchar en árboles más bajos que otras capas de follaje, proporcionando así una protección contra la radiación solar y propiciando microclimas más frescos. Forsman *et al.* (1984) resalta la importancia de los robles (*Quercus* spp.) para proveer condiciones adecuadas de microclima para la subespecie, lo cual es relevante en el presente estudio, pues algunas de las perchas del tecolote fueron robles; asimismo, las especies más frecuentes en las parcelas de evaluación fueron los robles *Quercus* spp. También, se ha reportado que la cobertura aérea juega un papel importante como protección contra los depredadores, ya que bosques densos con copas cerradas mejora la cobertura de protección para los tecolotes, especialmente para los juveniles inexpertos, así como protección contra

lluvia, granizo o nieve. Los bosques de dosel cerrado suelen proveer mejores guaridas para pequeños mamíferos, proporcionando así mayor abundancia de presas (Carey *et al.*, 1992, Ganey *et al.* 1997, Tarango *et al.*, 2001, Ganey 2004).

En la mayoría de los sitios de descanso los tecolotes percharon en árboles con una altura promedio de  $13.5 \pm 5$  m y un diámetro de  $54.3 \pm 19.1$  cm, la altura promedio de la rama de percha fue  $8.75 \pm 2.21$  m; esta altura fue menor que la reportada por May *et al.* (2004) ( $15.3 \pm 6.5$  m), pero el diámetro fue mayor ( $36.5 \pm 20.2$  cm); Tarango *et al.* (2001) reportó una altura de la superficie a la rama de percha de  $7 \pm 0.7$  m, altura total de  $10.4 \pm 1.1$  m y diámetro de  $34.7 \pm 5.3$  cm de los árboles de percha, los cuales fueron menores que los registrados en el presente estudio.

Los tecolotes se encontraron en un bosque de encino de vegetación secundaria, con una densidad de  $212.5 \pm 72$  árboles/ha, con una altura y diámetro promedio de  $8.5 \pm 2.1$  m y  $29.8 \pm 8.2$  cm, respectivamente. La altura de los árboles se identifica como una variable importante que se relaciona con la madurez del bosque; de acuerdo a Tarango *et al.* (1997) los tecolotes en México también ocupan zonas con vegetación secundaria lo cual coincide con que tengan árboles más bajos y las copas de los árboles menos cerradas que los sitios de descanso de tecolotes de los Estados Unidos, posiblemente porque en México la tala ilegal está menos controlada. Ganey *et al.* (1999) resalta la importancia de la presencia de árboles grandes en bosques jóvenes como un componente importante del microhábitat de percha y anidación del tecolote; en este estudio, se localizó a los tecolotes perchando en árboles de mayor altura y diámetro que aquellos localizados y evaluados dentro de los sitios aleatorios.

La densidad de árboles en los sitios de Tlachichila, Zacatecas, es mucho más baja que la registrada para Chihuahua y otras partes de Zacatecas (Tarango *et al.*, 1997, Bravo-Vinaja 2003); los diámetros se asemejan pero la altura es menor a los reportados por Seamans y Gutiérrez (1995), Tarango *et al.* (1997) y Bravo-Vinaja (2003). Ganey *et al.* (2003) indica que el área basal es más importante que la densidad de árboles en los

sitios seleccionados por los tecolotes pues está más estrechamente ligada con lo cerrado de las copas de los árboles en el bosque.

Las variables de la cobertura del suelo con mayor porcentaje en los sitios de descanso fueron hojarasca, herbáceas y roca, esto coincide con los datos reportados por Young *et al.* (1998) en Chihuahua, Tarango *et al.* (2001) y Márquez-Olivas (2002) en Aguascalientes y Bravo-Vinaja (2003) en Zacatecas. De acuerdo con Young *et al.* (1997), la cobertura del suelo puede ser un indicador de la calidad del hábitat debido a que ésta se relaciona de manera directa con la diversidad, abundancia y disponibilidad de presas. Márquez-Olivas *et al.* (2002) sugieren que los sitios con mayor hojarasca, herbáceas y árboles muertos son utilizados por roedores y mamíferos pequeños; mientras que aquellos cubiertos de roca y suelo desnudo, por reptiles y anfibios. La hojarasca, la roca y el material leñoso sirven como guaridas o protección para fauna pequeña como *Neotoma* spp., *Neotoma mexicana*, *Peromyscus* spp. *Sylvilagus floridanus*, *Sigmodon fulviventor*, *Thomomys umbrinus*, especies de la que se compone la dieta del tecolote (Tarango *et al.*, 2001, Bravo-Vinaja *et al.*, 2005). Lo anterior se traduce en una mayor disponibilidad de presas para el tecolote. Los tecolotes cazan efectivamente por sonido (Norberg 1987), por lo tanto la habilidad para localizar a las presas que no están visibles, a través del sonido, facilita el forrajeo en bosques densos (Ganey *et al.*, 1997).

El programa Maxent utilizó capas de variables de precipitación para modelar el mapa de distribución potencial; al respecto, Seamans *et al.* (2002) reportan que la precipitación juega un papel importante en las tasas demográficas del tecolote, ya que ésta provee una serie de beneficios indirectos para el tecolote. En ese estudio, los resultados muestran que la precipitación durante el invierno es importante para el crecimiento de las plantas anuales de la estación de primavera, mientras que la precipitación de la estación monsonica lo es para el establecimiento de las plantas anuales a finales del verano, así como de algunas bellotas de roble que maduran en el otoño. Las presas principales de los tecolotes (*Peromyscus leucopus* y *Neotoma* spp.) se benefician de estos fenómenos de precipitación ya que su alimento reacciona de

manera positiva a la precipitación de invierno; la ingestión de vegetación verde por estas especies u otros mamíferos pequeños puede influenciar su reproducción, así como extender su estación reproductiva incrementando la abundancia de presas para el tecolote en el invierno (Seamans *et al.*, 2002).

Los datos de la vegetación indican que entre los sitios de uso y sitios aleatorios hay poca similitud ( $I_j=0.125$ ,  $QS=0.285$ ). La riqueza de especies en los sitios aleatorios fue mayor pero menor su frecuencia, son zonas más heterogéneas con árboles más pequeños, de menor densidad y más propensas a las perturbaciones humanas. El programa Maxent también identificó a la vegetación como un factor importante para delimitar la presencia de la subespecie de tecolote, con áreas con tipos de vegetación de bosques cerrados de pino/encino principalmente, así como bosque de coníferas y bosques de hojas anchas; lo cual coincide con los tipos de bosque reportados en previos estudios. En el estudio de Ganey y Benoit (2002) las unidades asociadas con la presencia del tecolote consistieron en bosque mixto de coníferas, bosque de pino/encino y bosque de picea/abeto.

La distribución potencial modelada con el programa Maxent identificó también como variables importantes algunas ya registradas en otras investigaciones, en específico en el hábitat seleccionado por los tecolotes moteados mexicanos como sitios de descanso y anidación. Se recomienda que en los municipios que identificó Maxent como parte de la distribución del tecolote, se confirme su presencia mediante muestreos en campo, ya que éstos son municipios muy próximos a las áreas donde ya se han confirmado la presencia del tecolote moteado mexicano como lo es Valparaíso, Zacatecas (Bravo-Vinaja 2003) y Sierra Fría, Aguascalientes (Márquez *et al.*, 2002).

A pesar de las limitaciones que se tuvieron en campo (de tiempo, climáticas, y de personal de apoyo) y a la poca experiencia para la localización rápida de los individuos en campo por el investigador, se lograron los objetivos. Este trabajo aporta los primeros registros de *S. occidentalis lucida* en Tlachichila, Zacatecas, los individuos se localizaron en áreas donde la perturbación humana está relativamente cerca de los

sitios de descanso; sin embargo, las características del hábitat de percha son similares a las reportadas en otros estudios; aunque las áreas de nuestros registros son remanentes más pequeños de bosque utilizados por individuos subadultos. No se puede asegurar que es un solo factor el que determina la presencia del tecolote en un sitio determinado, sino una conjugación de características ambientales y geográficas.

Es importante dar un seguimiento a estos sitios para determinar su capacidad para albergar tecolotes y registrar si los actuales tecolotes llegan a la etapa adulta y se reproducen en estas zonas. Asimismo, debido a los pocos individuos encontrados, se recomienda intensificar el muestreo en zonas cercanas que presenten características similares del hábitat seleccionado por el tecolote, una mayor duración del muestreo e iniciar la búsqueda de individuos en una etapa más temprana de la reproducción, que es cuando vocalizan y definen más marcadamente su territorio.

## VI. Conclusiones

- En este trabajo se pudo determinar la presencia del tecolote moteado mexicano en tres sitios de descanso en el municipio de Tlachichila, Zacatecas y áreas adyacentes, los cuales presentaron vegetación natural de bosque de encino. Se observó una pareja de tecolotes subadultos por sitio en la Barranca Angosta y Cerro Pardo; mientras que en el sitio Rincón Verde se observó un tecolote solitario subadulto.
- Con base en los datos obtenidos se puede inferir que el tecolote moteado muestra preferencia por hábitats que tienen las siguientes características: una alta cobertura arbórea determinada con base en la altura, diámetro, cobertura aérea y densidad de árboles; una cobertura del suelo compuesta principalmente por hojarasca, herbáceas y roca; una temperatura ambiental más fresca; mayor dificultad de acceso; sin embargo se observó que el rango de la pendiente no es un factor determinante en su hábitat.
- La vegetación en los sitios de uso fue más uniforme que en los sitios aleatorios, no obstante, los sitios de uso muestran menor biodiversidad de especies pero mayor frecuencia respecto a los sitios aleatorios.
- El algoritmo Maxent realizó una adecuada predicción de presencia de *Strix occidentalis lucida* de acuerdo a la AUC en los estados de Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.
- Maxent puede ser una buena herramienta para modelar hábitat potencial para la subespecie, por lo tanto, puede ser aplicado para otros estados si se conforma una base de datos con más registros de presencia en México.
- Se deben realizar estudios de campo más intensivos y en una mayor superficie para poder corroborar que el tecolote se encuentre en las áreas definidas como potencialmente aptas por Maxent.

## VII. Literatura citada

American Ornithologists' Union (A.O.U.). 1983. Check-list of North American birds. 6ta edición. Washington, D.C. 691p.

Anderson, R. P., D. Lew, y A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: Criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162:211-232. doi: 10.1016/S0304-3800(02)00349-6

Araujo, M. B., y A. Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33:1677-1688. doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01584.x

Azuma, D. L., J. A. Baldwin y B. R. Noon. 1990. Estimating the occupancy of spotted owl habitat areas by sampling and adjusting for bias. General Technical Report PSW-124. Berkeley, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Obtenido de <http://www.fs.fed.us/psw/publications/noon/azuma.pdf>

Baldwin, R. A. 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy* 11: 854-866. doi: 10.3390/e11040854

Barrowclough, G. F., R. J. Gutiérrez, y J. G. Groth. 1999. Phylogeography of spotted owl (*Strix occidentalis*) populations based on mitochondrial DNA sequences: gene flow, genetic structure, and a novel biogeographic pattern. *Evolution* 53: 919-931. Obtenido de <http://experts.umn.edu/pubDetail.asp?t=pm&id=32774013&>

- Barrows C. W. 1981. Roost selection by spotted owls: an adaptation to heat stress. *Condor* 83:302-309. Obtenido de <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1367496?uid=3738664&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104491985773>
- Bibby, C. J., N. D. Burgess, D. A. Hill, y S. H. Mustoe, 2000. *Bird Census Techniques*. Second Edition. Academic Press. London.
- Block, W. M., K. A. With y M. L. Morrison. 1987. On measuring bird habitat: Influence of observer variability and sample size. *The Condor* 89: 241–251. Obtenido de <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1368477?uid=3738664&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104491985773>
- Bravo, V. 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, Montecillo. Estado de México. 65p.
- Bravo, V. M. G., L. A. Tarángo A., F. Clemente S., G. D. Mendoza M., J. L. Alcántara C. y H. V. Soto A. 2005. Composición y variación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Valparaíso, Zacatecas, México. *Agrociencia* 39: 509-515. 2005. Obtenido de <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2005/sep-oct/art-4.pdf>
- Briones, S. M, M. C. Lavariega y I. Lira T. 2012. Distribución actual y potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:246-257. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v83n1/v83n1a27.pdf>
- Brown, J. H. 1989. Habitat selection as an evolutionary game. *Evolution* 44:733-746. Obtenido de <http://www.uic.edu/labs/squirrel/brown/pdfs/028.pdf>

- Burneo, S., J. F. González M., y D. Tirira. 2009. Distribution and habitat modeling for Colombian weasel *Mustela felipei* in the Northern Andes. *Small Carnivore Conservation* 41:41-45. Obtenido de [http://www.smallcarnivoreconservation.org/sccwiki/images/d/d8/SCC41\\_Burneo\\_et\\_al\\_2009.pdf](http://www.smallcarnivoreconservation.org/sccwiki/images/d/d8/SCC41_Burneo_et_al_2009.pdf)
- Burneo, S. F. y D. G. Tirira. 2014. Murciélagos del Ecuador: un análisis de sus patrones de riqueza, distribución y aspectos de conservación. *THERYA* 5(1): 197-228. doi: 10.12933/therya-14-184
- Canfield, R. H. 1941. Application of the line intercept method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry* 39:388-394. Obtenido de <http://jornada.nmsu.edu/bibliography/057.pdf>
- Carey, A. B., S. P. Horton y B. L. Biswell. 1992. Northern Spotted Owls: influence of prey base and landscape character. *Ecological Monographs* 62:223-250. Obtenido en [http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/journals/pnw\\_1992\\_carey001.pdf](http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/journals/pnw_1992_carey001.pdf)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1999). Consultado 04-04-2014 en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Contreras, M. R., I. Luna V. y C. A. Ríos M. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:421-433. Obtenido de <http://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v83n3/art09.pdf>
- Dawson, W. R., J. D. Ligon, J. R. Murphy, J. P. Myers, D. Simberloff, y J. Verner. 1987. Report of the scientific advisory panel on the spotted owl. *Condor* 89:205-229. Obtenido de <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/condor/v089n01/p0205-p0229.pdf>

Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C. W. Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT- 2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio Lista de especies en riesgo. Poder Ejecutivo Federal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 30 de Diciembre de 2010.

Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. S. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz y N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151. Obtenido de <http://www.cs.princeton.edu/~mdudik/ElithGrEtAl06.pdf>

Escalante, T., M. Linaje, P. Illoldi R., M. Rivas, P. Estrada, F. Neira y J. J. Morrone. 2009. Ecological niche models and patterns of richness and endemism of the southern Andean genus *Eurymetopum* (Coleoptera, Cleridae). *Revista Brasileira de Entomología* 53: 379-385. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/rbent/v53n3/11.pdf>

Espinoza, G. C. R., J. M. Martínez C., J. Palacio N. y A. D. Hernández S. 2014. Distribución potencial del coatí (*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. Enviromental Systems Research Institute. Palm Springs, EE.UU.
- Federal Register.1993. USDI Fish and Wildlife Service. Washington, D.C. 58 (49): 14248-14271.
- Fletcher, K. W. y H. E. Hollis. 1994. Habitats used, abundance, and distribution of the Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*) on National Forest system lands in the Southwestern Region. Albuquerque, N. M. 86 p.
- Forsman, E. D. 1983. Methods and materials for locating and studying spotted owls. USDA Forest Service General Technical Report PNW-162. Pacific Northwest Research Station. Portland, OR. Obtenido de [http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw\\_gtr162.pdf](http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr162.pdf)
- Forsman, E. D., E. C. Meslow y H. M. Wight. 1984. Distribution and biology of the spotted owl in Oregon. Wildlife Monographs. 87:1-64. Obtenido de <http://andrewsforest.oregonstate.edu/pubs/pdf/pub1762.pdf>
- Franklin, A. B., J. P. Ward, R. J. Gutierrez, y G. I. Gould, Jr. 1990. Density of northern spotted owls in northwest California. Journal Wildlife Management. 54:1-10. Obtenido de [http://warnercnr.colostate.edu/~alanf/reprints/abf\\_ea90jwm.pdf](http://warnercnr.colostate.edu/~alanf/reprints/abf_ea90jwm.pdf)
- Gadsden, H., C. Ballesteros B., O. Hinojosa de la Garza, G. Castañeda, C. García DLP. y J. A. Lemos E. 2012. Effects of land-cover transformation and climate change on the distribution of two endemic lizards, *Crotaphytus antiquus* and *Sceloporus cyanostictus*, of northern Mexico. Journal of Arid Environments 83: 1-9. doi: 10.1016/j.jaridenv.2012.03.014

- Ganey, J. L. y R. P. Balda. 1989. Distribution and habitat use of Mexican spotted owls in Arizona. *Condor* 91:355-361. Obtenido de [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_1989\\_ganey\\_j001.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_1989_ganey_j001.pdf)
- Ganey, J. L. 1990. Calling behavior of spotted owls in northern Arizona. *Condor* 92:485-490. Obtenido de [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_1990\\_ganey\\_j001.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_1990_ganey_j001.pdf)
- Ganey, J. L., R. P. Balda y R. M. King. 1993. Metabolic rate and evaporative water loss of Mexican spotted and great horned owls. *Wilson Bulletin* 105:645-656. Obtenido de [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_1993\\_ganey\\_j001.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_1993_ganey_j001.pdf)
- Ganey, J. L. y R. P. Balda. 1994. Habitat selection by Mexican spotted owls in northern Arizona. *The Auk* 111:162-169. Obtenido de [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_1994\\_ganey\\_j001.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_1994_ganey_j001.pdf)
- Ganey, J. L., W. M. Block, J. S. Jenness y R. A. Wilson. 1997. Comparative habitat use of sympatric Mexican Spotted and Great Horned owls. *Journal of Wildlife Research* 2:115-123. Obtenido de [http://www.jennessent.com/downloads/ganey\\_et\\_al\\_jwr\\_w\\_text.pdf](http://www.jennessent.com/downloads/ganey_et_al_jwr_w_text.pdf)
- Ganey, J. L., W. M. Block, J. S. Jenness y R. A. Wilson. 1999. Mexican Spotted Owl home range and habitat use in pine-oak forest: Implications for forest management. *Forest Science* 45:127-135. Obtenido de <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/9026>
- Ganey, J. L., M. A. Benoit. 2002. Using terrestrial ecosystem survey data to identify potential habitat for the Mexican spotted owl on National Forest System lands: A pilot study. General Technical Report RMRS-GTR-86. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 25p. Obtenido de [http://www.fs.fed.us/rmrs/docs/pubs/mexican-spotted-owl/rmrs\\_gtr86.pdf](http://www.fs.fed.us/rmrs/docs/pubs/mexican-spotted-owl/rmrs_gtr86.pdf)

- Ganey, J. L., W. M. Block, S. H. Ackers. 2003. Structural characteristics of forest stands within home range of Mexican spotted owls in Arizona and New Mexico. *Western journal of Applied Forestry* 18(3): 189-198. Obtenido de [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_2003\\_ganey\\_j001.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2003_ganey_j001.pdf)
- Ganey, J. L. 2004. Thermal regimes of Mexican spotted owl nest stands. *Southwestern Naturalist* 49:478-486.  
Obtenido de [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_2004\\_ganey\\_j002.pdf?](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2004_ganey_j002.pdf?)
- Garshelis, D. L. 2000. Delusions in habitat evaluation: Measuring use, selection and importance. En: Boitani, L. y Fuller, T.K. (eds.) *Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences* (pp. 111-164). Columbia University Press. New York.
- 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 AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H305. México D.F. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfH305.pdf>
- Graham, Ch., S. Ferrier, F. Huettman, C. Moritz, y A. Peterson. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution* 19:497-503. doi: 10.1016/j.tree.2004.07.006
- Grier, J. M. 1984. *Biology of Animal Behavior*. Time Mirror/Mosby College Publishing. St. Louis, Missouri.
- Grinnell, J. 1917. The niche-relationships of the California Thrasher. *The Auk* 34:427-433. Obtenido de <http://artifex.org/~ecoreaders/lit/Grinnell1917.pdf>

- Guisan, A., y N. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distributions models in ecology. *Ecology Modeling* 135:147-186. Obtenido de [http://www.uprm.edu/biology/profs/chinea/ecolplt/lectesc/guisan\\_e2000.pdf](http://www.uprm.edu/biology/profs/chinea/ecolplt/lectesc/guisan_e2000.pdf)
- Guisan, A., y W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8:993-1009. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x
- Gutiérrez, R.J., A. B. Franklin, y W. S. Lahaye. 1995. Spotted owl (*Strix occidentalis*). En: A. Poole y F. Gill (eds.) *The birds of North America*. The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, Pennsylvania, y The American Ornithologists' Union, Washington, D.C., USA.
- Hansen, M., R. Defries, J. R. G. Townshend, y R. Sohlberg. 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
- Hathcock, C. D. y T. K. Haarmann. 2008. Development of a predictive model for habitat of the Mexican spotted owl in Northern New Mexico. *The Southwestern Naturalist* 53(1): 34-38. doi: 10.1894/0038-4909(2008)53[34:DOAPMF]2.0.CO;2
- Hernández, P. A., C. H. Graham, L. L. Master y D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785. doi: 10.1111/j.0906-7590.2006.04700.x
- Hernández, P., I. Franke, S. Herzog, V. Pacheco, L. Paniagua, H. Quintana, A. Soto, J. Swenson, C. Tovar, T. Valqui, et al. 2008. Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 17; 1353-1366. doi: 10.1007/s10531-007-9314-z

- Herrera, M. G. 2011. Variación espacial de la riqueza de quirópteros utilizando modelos de distribución potencial en el estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276
- Hutchinson, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals?. *American Naturalist* 93: 145-159. Obtenido de [http://bio.classes.ucsc.edu/bio160/bioe\\_108\\_summer\\_10/Bio160readings/Homage%20to%20Santa%20Rosalia.pdf](http://bio.classes.ucsc.edu/bio160/bioe_108_summer_10/Bio160readings/Homage%20to%20Santa%20Rosalia.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1973. Uso de suelo y vegetación. INEGI, Dirección de Ordenamiento Ecológico General, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2008. Continuo de Elevación. Nacional. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México.
- James, F. C., H. H. Shugart Jr. 1970. A quantitative method of habitat description. *Audubon Field Notes* 24:727-736. Obtenido de <http://bio.fsu.edu/James/Quantitative%20method.pdf>
- Johnsgard, P. A. 2002. North American owls: Biology and Natural History. 2nd ed. Smithsonian Institution Press. E. U. 295 p.
- Longoria, Q. C. A. 2008. Distribución hipotética de especies de aves y de mamíferos con categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2001 registradas en el Estado de Durango. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Durango. 81p.

- Márquez, M. 1998. Caracterización de hábitat y dieta de una población de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Sierra Fría, Aguascalientes. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 66 pp.
- Márquez M. O. 2002. Determinación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Sierra Fría, Aguascalientes. Serie Zoología 73(2): 205-211. Obtenido de <http://www.ejournal.unam.mx/zoo/073-02/ZOO73205.pdf>
- Márquez Olivas M., L.A. Tarango A. y G. D. Mendoza M. 2002. Habitat characteristics of Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida* (X) Nelson, 1903) Sierra Fría, Aguascalientes. Agrocencia 36-5 541:546. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/302/30236505.pdf>
- Marshall, J. T., Jr. 1957. Birds of the pine-oak Woodland in southern Arizona and adjacent Mexico. Pacific Coast Avifauna 32:78-79. Obtenido de [https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/pca/pca\\_032.pdf](https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/pca/pca_032.pdf)
- May, C. A. y R. J. Gutiérrez. 2002. Habitat associations of mexican spotted owl nest and roost sites in Central Arizona. The Wilson Bulletin 114(4): 457-466. Obtenido de <http://www.jstor.org/discover/10.2307/4164490?uid=3738664&uid=2&uid=4&sid=21104492394343>
- May, C. A., M. L. Petersburg y R. J. Gutiérrez. 2004. Mexican spotted owl nest-and roost-site habitat in Northern Arizona. The Journal of Wildlife Management 68(4): 1054-1064. Obtenido de <http://fwcb.cfans.umn.edu/research/owls/lit%20folder/may%20et%20al.%202004.pdf>

- McCormack, E. J., A. J. Zellmer, y L. L. Knowles. 2009. Does niche divergence accompany allopatric divergence in *Aphelocoma* jays as predicted under ecological speciation? insides from test with niche models. *Evolution* 64: 1231-1244. doi: 10.1111/j.1558-5646.2009.00900.x
- Milesi, F. A. y C. J. López. 2005. El concepto de nicho en Ecología aplicada: del nicho al hecho hay mucho trecho. *Ecología Austral* 15: 131-148. Obtenido de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2005000200004&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2005000200004&script=sci_abstract)
- Navarro, A. y L. Tarango. 2000. *Strix occidentalis* Xantus, 1859. En: G. Ceballos y L. Márquez (eds.). *Las aves de México en peligro de extinción* (pp. 242-246). CONABIO, México, D.F.
- Nelson, E. W. 1903. Descriptions of new birds from southern Mexico. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 16:151-160.
- Norberg, R. A. 1987. Evolution, structure and ecology of northern forest owls. En: R. W. Nero. R. J. Clark, R. J. Knapton. y R. H. Hamre, (eds.) *Biology and conservation of northern forest owls* (9-43). USDA Forest Service. E. U.
- Olmos, O. G. 2009. Plan de Manejo de la UMA "Sombretillo". Nochistlán de Mejía, Zacatecas.
- Ortega, H. M. A. y A. T. Peterson. 2008. Modelado de nichos ecológicos y predicción de distribuciones geográficas: comparación de seis métodos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 205-216. doi: 10.7550/rmb.5373

- Paredes, G. D. M., A. Ramírez B., M. A. Martínez M. 2011. Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 689-700. doi: 10.7550/rmb.25748
- Parra, N. K. P. 2010. Distribución, ecología y abundancia relativa de dos especies de crácidos en la región del Bajo Balsas, Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán. 64pp.
- Pearson, G. R., C. J. Raxworthy, M. Nakamura, y A. T. Peterson. 2007. Predicting species distribution from small number of occurrence records: a test using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117. doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x
- Peery, M. Z., R. J. Gutiérrez y M. E. Seamans. 1999. Habitat composition and configuration around Mexican spotted owl nest and roost sites in the Tularosa Mountains, New Mexico. *The Journal of Wildlife Management* 63(1): 36-43. Obtenido de:  
<http://www.jstor.org/discover/10.2307/3802485?uid=3738664&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104492394343>
- Peterson, A. T. 2001. Predicting species geographic distribution based on ecological niche modeling. *The Condor* 103: 599-605. Obtenido de <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1369832?uid=3738664&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104492394343>
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190; 231-259. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

- Phillips, S. J. 2013. A brief tutorial on Maxent, Versions: 3.3.1. Obtenido de <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>
- Ramírez, B. S., A. Torres M., M. Palacios R. y I. Luna. 2009. Historical biogeography of the Yucatan Peninsula, Mexico: A perspective from ferns (Monilophyta) and lycopods (Lycophyta). *Biological Journal of the Linnean Society* 98:775-786. Obtenido de [http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11154/140970/2009\\_ramirez-barahonaetal.pdf?sequence=1](http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11154/140970/2009_ramirez-barahonaetal.pdf?sequence=1)
- Rinkevich, S. E., J. L. Ganey, J. P. Ward Jr., G. C. White, D. L. Urban, A. B. Franklin, W. M. Block, y F. Clemente. 1995. General biology and ecological relationships of the mexican spotted owl. En: USDI Fish and Wildlife Service. Recovery Plan for the Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*) (pp.19-75). Albuquerque, N.M.
- Rinkevich, S. E., y R. J. Gutiérrez. 1996. Mexican spotted owl habitat characteristics in Zion National Park. *Journal of Raptor Research* 30:74-78. Obtenido de [http://fwcb.cfans.umn.edu/research/owls/lit%20folder/6021\\_RINKEVICH1996.PDF](http://fwcb.cfans.umn.edu/research/owls/lit%20folder/6021_RINKEVICH1996.PDF)
- Rodrigues, R. A. B. 2010. Aplicación de modelos de distribución geográfica para la conservación y reintroducción en el hábitat natural de *Lychnophora ericoides*. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía. 81pp.
- Seamans, M. E. y R. J. Gutiérrez. 1995. Breeding habitat of the Mexican spotted owl in the Tularosa Mountains, New Mexico. *The Condor* 97:944-952. Obtenido de <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1369533?uid=3738664&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104492394343>

- Seamans, M. E., R. J. Gutiérrez y C. A. May. 2002. Mexican spotted owl (*Strix occidentalis*) population dynamics: influence of climatic variation on survival and reproduction. *The Auk* 119 (2): 321-334. Obtenido de <http://fwcb.cfans.umn.edu/research/owls/lit%20folder/SEAMANS2002.pdf>
- Solis, D. M. y R. J. Gutiérrez. 1990. Summer habitat ecology of Northern spotted owls in Northwestern California. *The Condor* 92:739-748. Obtenido de <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/condor/v092n03/p0739-p0748.pdf>
- Stockwell, D. y D. Peters. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *Internacional Journal of Geographical Information Science* 13: 143-158. Obtenido de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Stockwell1999-GARP.pdf>
- Tarango A. L. A., R. Valdez, P. J. Zwank y M. Cardenas. 1997. Mexican spotted owl habitat characteristics in Southwestern Chihuahua, México. *The Southwestern Naturalist* 42:132-136. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/30055252>
- Tarango, L. A., R. Valdez, F. Clemente y G. Mendoza. 2001. Roost-site characteristics of Mexican spotted owls in Sierra Fria, Aguascalientes, Mexico. *Journal of Raptor Research* 35:165-168. Obtenido de <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/jrr/v035n02/p00165-p00168.pdf>
- Trotta, M. N., J. M. Lobo y F. J. Cabrero S. 2008. Distribución conocida y potencial de las especies de *Geotrupinae* (Coleoptera: Scarabaeoidea) en México. *Acta Zoológica Mexicana* 24(2): 39-65. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/575/57524203.pdf>
- U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. 1995. Recovery Plan for the Mexican spotted owl: Volume I. Albuquerque, New Mexico, USA.

- U.S. Fish and Wildlife Service. 2012. Final Recovery Plan for the Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*), First Revision. U.S. Fish and Wildlife Service. Albuquerque, New Mexico, USA. 413 pp.
- Ward, J. P. y W. M. Block. 1995. Mexican spotted owl prey ecology. En: USDI Fish and Wildlife Service. Recovery plan for the Mexican spotted owl, vol. II, Chapter 5 (pp 1-48). Albuquerque, N. M. U.S.A.
- Weathers, W. W., P. J. Hodum, y J. A. Blakesley. 2001. Thermal ecology and ecological energetics of California spotted owls. *The Condor* 103:678-690. Obtenido de <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1370101?uid=3738664&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104492394343>
- Willey, D. W. y C. Van Riper. 2007. Home range characteristics of Mexican spotted owls in the Canyonlands of Utah. *Journal of Raptor Research* 41:10-15. Obtenido de [http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=crc\\_research](http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=crc_research)
- Young, K. E., 1996. Diet Composition of Mexican spotted owls in southwestern Chihuahua and Aguascalientes, Mexico. Technical Report, New Mexico State University. Department of Fishery and Wildlife Science. Las Cruces, New Mexico. 18 pp.
- Young, K. E., P. J. Zwank, R. Valdez, J. L Dye y L. A. Tarango. 1997. Diet of Mexican spotted owls in Chihuahua and Aguascalientes, México. *Journal Raptor Ressearch* 31(4):376-380. Obtenido de <http://www.fs.fed.us/psw/publications/4251/young.pdf>

Young, K. E., R. Valdéz, P. J. Zwank y W. R. Gould. 1998. Density and roost site characteristics of spotted owls in the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico. *The Condor* 100:732-736. Obtenido de <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/condor/v100n04/p0732-p0736.pdf>

Zwank, P. J., K. W. Kroel, D. M. Levin, G. M. Southward, y R. C. Roome. 1994. Habitat characteristics of Mexican spotted owls in southern New Mexico. *J. Field. Ornithology*. 65: 324-334. Obtenido de <http://www.jstor.org/discover/10.2307/4513948?uid=3738664&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104492394343>

## ANEXO 1.

Pareja subadulta de *Strix occidentalis lucida* perchando en *Quercus* spp. localizada en el Cerro Pardo, Tlachichila, Zacatecas en el 2013.



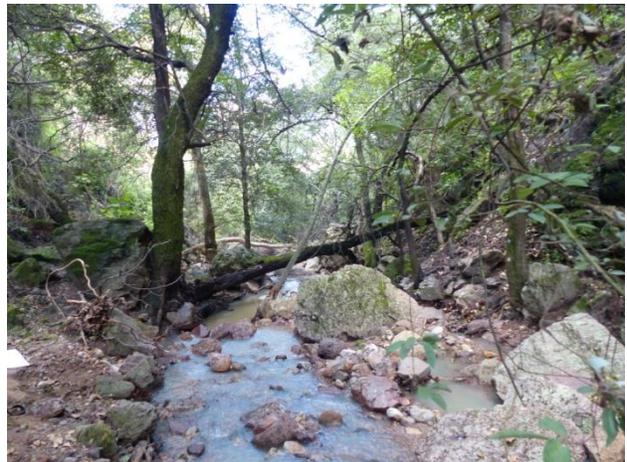
Pareja subadulta de *Strix occidentalis lucida* perchando en *Alnus* spp. y especie no identificada, de la Barranca Angosta, Tlachichila, Zacatecas, en 2013.



Hábitat del tecolote moteado mexicano en el Cerro Pardo, Tlachichila, Zacatecas.



Hábitat del tecolote moteado mexicano en la Barranca Angosta, Tlachichila, Zacatecas.



Hábitat del tecolote moteado mexicano en el Rincón Verde, Tlachichila, Zacatecas.



## ANEXO 2.

Información de las variables de los sitios de descanso del tecolote moteado mexicano asociadas con las coordenadas utilizadas en el programa Maxent.

Variabes	Ca	LV	ALI	AG	Chi	Ve	CP	ET	EC	EP	LA	ETe	RV	CPa	BA
Altitud (msnm)	2550	2556	2690	2337	2400	2613	2490	2400	2400	2750	2650	2630	2440	2440	2438
Pendiente (%)	56.5	65	45	64	72	5	44.4	66.6	44.4	77.7	77.7	77.7	68	60.5	0
Exposición	SE	S	NO	S	NO	S	N	NE	N	NE	SO	NO	NE	NE	SO
Tipo de percha	árbol/ cueva	árbol	cueva	cueva	árbol/ cueva	árbol	árbol/ peñasco	árbol	Árbol	Peñasco	Peñasco	Peñasco	Cueva	Árbol	Árbol
Altura de percha (m)	4	8, 4	6.5	5	4, 4.2	5	5	6	6	8	4	6	9	8	8
Nº de estratos	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	1	3	3	3	3
Altura (m)	11.1	11.3	13.4	13.4	10	7.6	8	6	8	9	8	8	7.28	7.33	12.6
DAP (cm)	27.7	25.1	37.9	35	20.8	23.5	42	30	40	22	27	26	26.91	25.93	45.7
Cobertura de copas (%)	66.3	61.3	67.5	52.5	57.5	25	65	55	70	40	60	80	41.25	50	80.75

CA= Cacaixtles, LV= La Venadita, ALI= Arroyo los Indios, AG= Arroyo Guacamayas, Chi= Chilarcitos, Ve= Ventanillas (**Bravo-Vinaja 2003**), CP= Cueva Prieta, ET= El Tizado, EC= El Carrizal, EP= El Pinal, LA= La Angostura, ETe= El Tejamanil (**Márquez et al., 2002**), RV= Rincón Verde, CPa= Cerro Pardo, BA= Barranca Angosta (**este estudio**).

### ANEXO 3.

Ubicación de las estaciones de llamado para la localización del tecolote moteado mexicano en Tlachichila, Zacatecas en el 2013.

