



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUS SAN LUIS POTOSÍ

INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

HÁBITAT Y RELACIÓN FILOGENÉTICA DEL TECOLOTE MOTEADO MEXICANO (*Strix occidentalis lucida*) EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO

MARIANA JOVITA SILVA PIÑA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México

JULIO, 2017



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el(la) que suscribe Mariana Jovita Silva Piña, alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del(la) Profesor(a) Luis Antonio Tarango Araimbula, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Hábitat y relación filogenética del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México.

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El (la) Consejero (a) o Director (a) de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, a 07 de julio de 2017.

Mariana JSP

Firma

Vo. Bo. Profesor(a) Consejero(a) o Director(a) de Tesis

La presente tesis, titulada: **HÁBITAT Y RELACIÓN FILOGENÉTICA DEL TECOLOTE MOTEADO MEXICANO (*Strix occidentalis lucida*) EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO**, realizada por la alumna **MARIANA JOVITA SILVA PIÑA**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**


CONSEJO PARTICULAR

**CONSEJERO:
(Director de Tesis)**



DR. LUIS ANTONIO TARANGO ARÁMBULA

ASESOR:



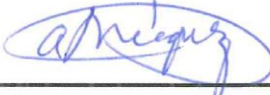
DR. FERNANDO CLEMENTE SÁNCHEZ

ASESOR:



DR. CÉSAR CORTEZ ROMERO

ASESOR:



DR. ALEJANDRO VELÁZQUEZ MARTÍNEZ

SALINAS DE HGO., SAN LUIS POTOSÍ

JULIO, 2017

HÁBITAT Y RELACIÓN FILOGENÉTICA DEL TECOLOTE MOTEADO MEXICANO (*Strix occidentalis lucida*) EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO.

Mariana Jovita Silva Piña, MC

Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN GENERAL

El tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) es una especie que se encuentra en la categoría de amenazada y ha sido poco estudiada en México. Esta investigación se realizó durante 2015-2016 para evaluar las características del hábitat y determinar la relación filogenética del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México. La tesis consta de dos capítulos, el primero trata sobre la caracterización del hábitat del tecolote moteado mexicano (sitios de descanso y aleatorios) y el segundo sobre medidas morfométricas y estimar la relación filogenética. Se localizaron 29 individuos en 11 sitios de descanso en donde se evaluó el hábitat y capturaron cuatro ejemplares. De la información de la evaluación del hábitat, se obtuvo la estadística descriptiva de las variables (medias y desviaciones estándar), se identificó la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea presente en los sitios estudiados, y se identificaron las variables del hábitat que mejor explican la presencia del tecolote. Los tecolotes percharon preferentemente en encinos, en áreas más inclinadas que los sitios aleatorios y en laderas con exposición noreste. Los sitios reproductivos se ubicaron a una elevación mayor, presentaron mayor densidad de árboles y árboles de percha con un mayor diámetro. Las variables que más explican la presencia de la especie en el área de estudio fueron altura del árbol de percha, la cobertura arbustiva, diámetro a la altura del pecho del árbol de percha y la presencia de *Quercus rugosa* Née. El peso promedio de los ejemplares fue de 492 ± 86.5 cm; su longitud total y envergadura de 40.9 ± 2.2 cm y 98 ± 3.5 cm, respectivamente. Los individuos bajo estudio presentaron haplotipos diferentes, lo que indica que las poblaciones de donde provinieron, probablemente se encuentran aisladas unas de otras, reproductiva y geográficamente; asimismo, los individuos se clasificaron en un solo grupo monofilético que comparte caracteres genéticos y que señala que los individuos estudiados proceden de un ancestro común. La información sobre preferencia de hábitat y filogenética de esta especie, será de utilidad para establecer estrategias de manejo y conservación de *Strix occidentalis lucida* en su área de distribución.

Palabras clave: análisis genéticos, medidas morfométricas, monofilético, sitios de descanso, sitios aleatorios, vena branquial.

HABITAT AND PHYLOGENETICAL RELATIONSHIP OF THE MEXICAN SPOTTED OWL (*Strix occidentalis lucida*) IN THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO.

Mariana Jovita Silva Piña, MC

Colegio de Postgraduados, 2017

ABSTRACT

The Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*) is a threatened species that has been scarcely studied in Mexico. This research was conducted during 2015-2016 to evaluate the characteristics of the habitat and determine the phylogenetic relationship of the Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*) in the Sierra Madre Occidental, Mexico. The thesis consists of two chapters, the first one on the characterization of the Mexican spotted owl habitat (roosting and random sites) and the second on its morphometric measures and estimate the phylogenetic relationship. Twenty-nine individuals were located at 11 roosting sites where habitat was evaluated and four individuals were captured. From the information of the habitat variables evaluated, the descriptive statistics (means and standard deviations) were obtained, and the arboreal, shrub and herbaceous vegetation present in the studied sites and the habitat variables that best explain the presence of the owl were identified. The owls perched preferentially in oaks, in areas more inclined than random sites and in slopes with northeast exposition. The breeding sites were located at a higher elevation, presented higher density of trees and roosting trees with a larger diameter. The variables that most explain the presence of the species in the study area were height of the roosting tree, the shrub cover, diameter at breast height of the roosting tree and the presence of *Quercus rugosa* Née. The average weight of the specimens was 492 ± 86.5 g; its total length and wingspan of 40.9 ± 2.2 cm and 98 ± 3.5 cm, respectively. The individuals under study presented different haplotypes, indicating that the populations from which these individuals came are probably isolated from each other, reproductively and geographically; Likewise, individuals were classified into a single monophyletic group that shares genetic traits and indicates that the individuals studied come from a common ancestor. The information on habitat preference and phylogenetic of this species will be useful to establish strategies for the management and conservation of *Strix occidentalis lucida* in the area of its distribution.

Key words: branchial vein, genetic analysis, monophyletic, morphometric measures, random sites, roosting sites.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza para no rendirme en ningún momento.

A mis padres, pues ellos son el reflejo de lo que hoy soy, al mejor maestro, mi padre un ejemplo de esfuerzo y dedicación Manuel Carlos Silva Encinas, a mi madre Ana Jovita Piña Ortiz por su infinito apoyo en todo momento.

A mi abuela Blanca Viola Encinas Saavedra por todo el amor que me ha brindado, por ser un ejemplo de mujer.

A mis hermanos.

A toda mi familia muchas gracias por brindarme el amor y calidez, gracias por todo su apoyo.

A Emmanuel, gracias por confiar en mí.

Los quiero mucho.

¡GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por brindarme la oportunidad de cumplir una meta más en vida.

Al **Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí**.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca de postgrado otorgada.

Al **Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula**, por su apoyo constante, atención, consejos y paciencia aportándome valiosas sugerencias.

Al **Dr. Fernando Clemente Sánchez**, por sus siempre acertados comentarios.

Al **Dr. César Cortez Romero**, por su humildad, valiosa orientación y enseñanza.

Al **Dr. Alejandro Velázquez Martínez**, por sus sugerencias y correcciones del presente trabajo.

Al **Dr. Víctor Manuel Ruiz Vera**, por el apoyo y facilidades otorgadas para el desarrollo del proyecto.

Al **Dr. Saúl Ugalde Lezama**, por brindarme su apoyo y conocimientos.

Al **M.C. Fernando Isaac Gastelum Mendoza** por apoyarme al inicio de esta meta, estaré siempre agradecida.

A **Jimena Munguía Velázquez** por enseñarme todos sus conocimientos, por su apoyo y paciencia.

A **Ricardo Serna Lagunes** por ayudarme cuando más difícil se me hacía.

A **Javier Rafael Valdez**, por apoyarme y ayudarme en campo.

Al **herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA)** y al Biol. **Julio Martínez Ramírez** por enseñarme a identificar plantas.

Al **Sr. Alberto Guerrero Pérez** y **Sres. Julio Díaz Torre Macías** y **Jaime G. Díaz Torre Llamas**, propietarios de los Ranchos el Gauro y Antrialgo, respectivamente de la Sierra Fría, Aguascalientes por brindarme su hospitalidad y acceso para la realización de la presente investigación.

Al **Ing. Rodolfo Pineda Pérez**, Director de la Reserva de La Biosfera La Michilía y al técnico **Pedro Roldan Morales** por su apoyo en campo.

A **Dr. Genaro Olmos Oropeza** y **familia** quienes me brindaron su hogar en Tlachichila, Zacatecas en apoyo a este trabajo.

Al **Dr. Erik Joaquín Torres Romero**, por su apoyo en la elaboración de figuras para el presente documento.

A la **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)** y **Dirección General de Vida Silvestre** por la licencia de colecta científica por proyecto otorgada.

A **Olivia Delgadillo Ruiz** y el **Dr. Francisco Javier Morales Flores** que me apoyaron y brindaron sus conocimientos.

A **mis amigos y compañeros de generación** que estuvieron siempre ahí, por compartir buenos y malos momentos, siempre los recordare. Alex, Caro, Charly, Emmanuel, Eyra, Mayra y Artemio.

Al personal de la subdirección del Colegio de Postgraduados, San Luis Potosí, especialmente a la **Dra. Brenda Trejo Téllez, Norma Angélica Morales Palacios** y **Lic. Alejandra Garza Vázquez**.

A **todas las personas que sin esperar nada a cambio, compartieron su conocimiento**.

Gracias a todos los que me apoyaron y creyeron en la realización de este proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
LITERATURA CITADA.....	4
1. CAPITULO I. HÁBITAT DEL TECOLOTE MOTEADO MEXICANO (<i>Strix occidentalis lucida</i>) EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO	8
1.1. RESUMEN	8
1.2. ABSTRACT.....	9
1.3. INTRODUCCIÓN.....	10
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	12
1.4.1. Área de estudio.....	12
1.4.1.1. Súchil, Durango	12
1.4.1.2. Chalchihuites, Zacatecas	13
1.4.1.3. Nochistlán de Mejía, Zacatecas	14
1.4.1.4. San José de Gracia, Aguascalientes	14
1.4.2. Localización de tecolotes	15
1.4.3. Caracterización del hábitat.....	17
1.4.4. Recolecta e identificación de vegetación	18
1.4.5. Análisis estadísticos.....	19
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
1.5.1. Localización de tecolotes	23
1.5.2. Caracterización del hábitat.....	25
1.6. CONCLUSIONES	44
1.7. LITERATURA CITADA	45
2. CAPITULO II. RELACIÓN FILOGENÉTICA DEL TECOLOTE MOTEADO MEXICANO (<i>Strix occidentalis lucida</i>) EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO.....	52
2.1. RESUMEN	52
2.2. ABSTRACT	53
2.3. INTRODUCCIÓN	54
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	58

2.4.1. Área de estudio	58
2.4.2. Captura de tecolotes	58
2.4.3. Medidas morfométricas	58
2.4.4. Colecta de muestra sanguínea.....	59
2.4.5. Extracción de ADN	59
2.4.6. Cuantificación de ADN	60
2.4.7. Amplificación y secuenciación de ADN	60
2.4.8. Análisis estadísticos	61
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
2.6. CONCLUSIÓN	73
2.7. LITERATURA CITADA.....	74
2.8. CONCLUSIONES GENERALES.....	81
2.9. ANEXOS	83

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Variables físicas y biológicas registradas en sitios de descanso y sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>), en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	18
Cuadro 1.2. Categorías de las variables biológicas que resultaron significativas en el ARP de los sitios de descanso y aleatorios del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>), en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).....	22
Cuadro 1.3. Características de los tecolotes moteados mexicanos (<i>Strix occidentalis lucida</i>) por estado y sitio de descanso en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	25
Cuadro 1.4. Frecuencia de uso de variables de los sitios de descanso (n=11) del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).....	27
Cuadro 1.5. Medias y desviaciones estándar de las variables evaluadas en sitios de descanso y aleatorios en el hábitat del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) de la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).....	31
Cuadro 1.6. Medias y desviaciones estándar de las variables evaluadas por tipo de sitio en el hábitat del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) de la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	32
Cuadro 1.7. Índice de Valor de Importancia de las especies arbóreas registradas en los sitios de descanso del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	33
Cuadro 1.8. Índice de Valor de Importancia de las especies arbóreas registradas en los sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	34
Cuadro 1.9. Especies arbustivas y herbáceas registradas en los sitios de descanso y aleatorios del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	35

Cuadro 1.10. Diversidad de especies por estrato, para sitios de descanso (SD; n=11) y sitios aleatorios (SA; n=31) del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	36
Cuadro 1.11. Coeficiente de semejanza de Jaccard (Cj) y Sorensen (Cs) para sitios de descanso y sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	37
Cuadro 1.12. Resultados del análisis de Regresión <i>Poisson</i> entre las variables biológicas de los sitios de descanso y aleatorios con la presencia de tecolotes moteados mexicanos (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	38
Cuadro 1.13. Resultados de los análisis de Kruskal-Wallis para las variables biológicas derivadas del <i>ARP</i> para los sitios de descanso y aleatorios de tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	41
Cuadro 2. 1. Número de tecolotes moteados mexicanos (<i>Strix occidentalis lucida</i>) por estado y municipio presentes en los sitios de captura en la Sierra Madre Occidental, México.	63
Cuadro 2. 2. Medidas morfométricas de individuos de tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) capturados en la Sierra Madre Occidental, México.	64
Cuadro 2. 3. Distancias lineales en km entre sitios de captura del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México.	66
Cuadro 2. 4. Composición nucleotídica de las secuencias de tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) obtenidas y las reportadas por el NCBI.	68
Cuadro 2. 5. Matriz de distancias genéticas con base a <i>p</i> distancias.	69
Cuadro 2. 6. Diversidad genética de los individuos de tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>).	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Estados y municipios considerados para el estudio de uso de hábitat del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	16
Figura 1.2. Sitios de descanso reproductivos y no reproductivos caracterizados en el hábitat del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) por estado y municipio en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	24
Figura 1.3. Representación dimensional del ACS entre las frecuencias de tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) y las variables biológicas categóricas del hábitat en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).	40
Figura 2. 1. Tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) de Zacatecas (Izquierda), búho barrado (<i>Strix varia</i>) (Derecha). (Copyright© 2015 by Scott Weidensaul).	56
Figura 2. 2. Mapa de distribución de <i>S. o. lucida</i> y <i>S. varia</i> en EE. UU. y México (Haig <i>et al.</i> , 2004).	56
Figura 2. 3. Sitios de captura del tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México.....	64
Figura 2. 4. Tecolotes moteados mexicanos capturados en Súchil, Durango (Izquierda) y San José de Gracia, Aguascalientes (Derecha) en la Sierra Madre Occidental, México.	65
Figura 2. 5. Amplificación de los primers diseñados para <i>S. o. lucida</i> . Carril 1 (marcador molecular 1kb), carril 2 (S_DGO), carril 3 (S_AGS), carril 4 (C_ZAC), carril 5 (N_ZAC), Carril 6 (marcador molecular 1kb).	67
Figura 2. 6. <i>Mismatch distribution</i> para los individuos <i>S. o. lucida</i> del presente estudio junto con dos individuos reportados por Barrowclough <i>et al.</i> (2006).	71
Figura 2. 7. Filograma de relaciones genealógicas entre los individuos capturados de tecolote moteado mexicano (<i>Strix occidentalis lucida</i>) en la Sierra Madre Occidental, México.....	72

INTRODUCCIÓN GENERAL

México, es un país megadiverso que alberga la flora y fauna de dos regiones biogeográficas (neártica y neotropical), colocando a este territorio como un lugar privilegiado de variedad de ecosistemas y variación genética de especies (Placencia *et al.*, 2011). Concretamente, México es un país rico en ecosistemas terrestres, costeros y marinos (Martínez *et al.*, 2014); un ejemplo de ecosistema terrestre en México es la Sierra Madre Occidental (SMO), la cual se caracteriza por poseer el complejo montañoso más extenso y continuo de México. La SMO representa un valor económico y ambiental, ya que capta la mayor parte del agua que abastece a los mantos freáticos e irriga amplias zonas en el noroeste de México (González-Elizondo, 1997). La SMO cuenta con la mayor superficie de bosques templados en el país y en ella confluye una diversidad significativa de especies y hábitats; además, contiene una proporción sobresaliente de endemismos (González-Elizondo *et al.*, 2012). Las características de vegetación de la Sierra Madre Occidental propician ambientes adecuados para una variedad de fauna silvestre, uno de estos grupos lo constituyen las aves, las cuáles por su función en la estructura de los ecosistemas, la diversidad de sus formas, su interesante conducta y migración son clave en el desarrollo de la ciencia (Navarro-Singüenza *et al.*, 2014). Las aves rapaces nocturnas desempeñan un papel fundamental en la estructura y dinámica de las comunidades debido a su función como depredadores topos (Sergio *et al.*, 2008). Asimismo, la presencia de las aves está muy relacionada con la condición de sus hábitats, por lo que son consideradas como indicadores de su calidad (Arizmendi, 2001; Browder *et al.*, 2002). Un ejemplo de este tipo de especies es el tecolote moteado (*Strix occidentalis*), la cual, ante la pérdida de bosques maduros disminuye su tamaño poblacional (Isasi-Catalá, 2011). Se reconocen tres subespecies de tecolotes o búhos, el tecolote moteado nortero (*Strix occidentalis caurina*), el tecolote moteado californiano (*S. o. occidentalis*) y el búho manchado o tecolote moteado mexicano (TMM) (*S. o. lucida*). Siendo, esta última la única que se distribuye en Estados Unidos y México desde Utah, Colorado, Arizona, Nuevo México y Texas (Dawson *et al.*, 1987) hasta la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico Transversal (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012).

El TMM se encuentra en categoría de amenazada en los Estados Unidos (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012) y en México (SEMARNAT, 2010). En Estados Unidos esta especie ha sido intensamente estudiada en cuanto a su hábitat (Ganey y Balda, 1994; Ganey *et al.*, 2000; Willey y Van-Riper III, 2015), composición de dieta (Willey, 2013) sobre requerimientos de espacio (Ganey *et al.*, 1998; Ganey *et al.*, 2003; Willey y Van-Riper III, 2007; 2014), genética (Barrowclough *et al.*, 1990; Barrowclough *et al.*, 1999; Haig *et al.*, 2004; Barrowclough *et al.*, 2006), entre otros estudios diversos. Sin embargo, en México esta especie ha sido poco estudiada y la investigación se ha enfocado a la caracterización de su hábitat (Tarango *et al.*, 1997; Young *et al.*, 1998; Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2002; Palma-Cancino, *et al.*, 2014) y su dieta (Young *et al.*, 1997; Márquez, 2002; Bravo-Vinaja *et al.*, 2005) y poco se ha incursionado en estudios sobre su diversidad genética. Por ello, considerando que la información de Aguascalientes de Tarango *et al.* (2001) y Márquez *et al.* (2002) se obtuvo hace aproximadamente 15 años, que solo incluyó información de sitios de descanso y no de sitios aleatorios; que los estudios de Aguascalientes y el conducido por Palma-Cancino *et al.* (2014) en Zacatecas no describieron las características del hábitat de los sitios seleccionados por parejas reproductivas, que los bosques han sufrido cambios por el aprovechamiento forestal, por incendios forestales y por contaminación, y que la información sobre la diversidad genética del TMM en México es muy escasa (Barrowclough *et al.*, 2006), marcan la pauta para seguir investigando sobre *S. occidentalis lucida*, especie que habita los bosques templados de México. Los objetivos de este estudio fueron: 1) Caracterizar el hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) y 2) Obtener las medidas morfométricas y estimar y comparar la relación filogenética del TMM en la Sierra Madre Occidental, México, específicamente este estudio se condujo en los municipios de SÚchil, Durango, San José de Gracia, Aguascalientes y Nochistlán de Mejía y Chalchihuites, Zacatecas. Los resultados de este estudio complementan los resultados de los estudios previos para entender mejor las necesidades de hábitat de la especie y establecen las bases para determinar cambios en la estructura genética de la especie en un futuro. Asimismo, la información sobre preferencia de hábitat y filogenética de esta especie, será

de utilidad para establecer estrategias de manejo y conservación de *Strix occidentalis lucida* en su área de distribución.

LITERATURA CITADA

- Arizmendi, M. C. 2001. Multiple ecological interactions: nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Canadian Journal of Zoology* 79:997-1006.
- Barrowclough, G. F. and Gutiérrez. R.J. 1990. Genetic variation and differentiation in the Spotted Owl (*Strix occidentalis*). *Auk* 107:737-744.
- Barrowclough, G. F., Gutierrez, R. J. and Groth. J. G. 1999. Phylogeography of Spotted Owl (*Strix occidentalis*) populations bases on mitochondrial DNA sequences: gene flow, genetic structure, and a novel biogeographic pattern. *Evolution*, vol. 53, no. 3, pp. 919-931.
- Barrowclough, G. F., Groth, J. G., Mertz, L. A. and Gutiérrez. J. 2006. Genetic structure of Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida*) population in a fragmented landscape. *The Auk*, 123(4): 1090-1102.
- Bravo-Vinaja, M. G., Tarango, L. A., Clemente. F., Mendoza, G. D., Alcántara, J. L. y Soto-Aquino. H. V. 2005. Composición y variación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Valparaíso, Zacatecas, México. *Agrociencia*, 39: 509-515. 2005.
- Browder, S. F., Johnson, D.H., Ball, I. J. 2002. Assemblages of breeding birds as indicators of grassland condition. *Ecol. Indicat.* 2: 257-270.
- Dawson, W. R., Ligon, J. D., Murphy, J. R., Myers, J. P., Simberloff, D. and Verner. J. 1987. Report of the scientific advisory panel on the Spotted Owl. *The Condor* 89:205-229.
- Haig, S. M., Mullins. T. D., Forsman. E. D. 2004. Subspecific Relationships and Genetic Structure in the Spotted Owl. *Conservation Genetics* 5: 683-705.
- Isasi-Catala, Emiliana. 2011. Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, Caracas, Venezuela. Vol. 36, pp. 31-38.
- Ganey, J. L. y Balda. R. P. 1994. Habitat selection by Mexican Spotted Owls in Northern Arizona. *The Auk* 11 (1): 162-169.

- Ganey, J. L., Block, W. M., Dwyer, J. K., Strohmeier, B. E. and Jenness, J. S. 1998. Dispersal Movements and Survival rates of juvenile Mexican Spotted Owls in Northern Arizona. *Wilson bull.*, 110 (2) pp. 206-217.
- Ganey, J. L., Block, W. M. and King, R. M. 2000. Roost sites of Radio-Marked Mexican Spotted Owls in Arizona and New Mexico: Sources of Variability and Descriptive Characteristics. *J. Raptor Res*, 34 (4): 270-278.
- Ganey, J. L., Block, W. M. and Ackers, H. 2003. Structural Characteristic of forest Stands Within Home Ranges of Mexican Spotted Owls in Arizona and New Mexico. *Wester journal of Applied Forestry*, 18 (3).
- González-Elizondo, M. S. 1997. Upper Mezquital River region, Sierra Madre Occidental, México, In: Davis, S. D., V. H. Heywood, O. Herrera-McBryde, J. Villa-Lobos y A. C. Hamilton (eds.). *Centres for plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. Vol. III: The Americas. The World Wide Fund for Nature & International Union for the Conservation of Nature - The World Conservation Union. Cambridge, UK. pp. 157-160.
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., Tena-Flores, J. A., Ruacho-González, L., López-Enríquez. L. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una Síntesis. *Acta Botánica Mexicana*, 100:351-403.
- Plascencia, R. L., Castañón Barrientos, A., Raz-Guzmán, A. 2011. La biodiversidad en México su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias*, pp. 36-43 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México.
- Márquez, O. M. 2002. Determinación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Sierra Fría, Aguascalientes. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 73 (2): 205-211.
- Márquez, O. M., Tarango, L. A., Mendoza. M.G. 2002. Caracterización de hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida* (X) Nelson, 1903) en Sierra Fría, Aguascalientes. *Agrociencia*, 36-5, 541:546.

- Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. E. y Álvarez, F. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S1-S9.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Townsend Peterson, A., Berlanga-García, H. y Sánchez-González, L. A. 2014. Biodiversidad de aves de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S476-S495.
- Palma-Cancino, D. Y. Tarango, L. A. Ugalde, S. Alcántara, J. L. Ángeles, G. Ramírez, G. Martínez, J. L. 2014. Hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, México. Agroproductividad, vol. 7. (4):3-9.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059 SEMARNAT- 2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio Lista de especies en riesgo. Poder Ejecutivo Federal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.dof.gob.mx/> (acceso en enero de 2015).
- Sergio, F., Caro, T. Brown, D., Clucas, B., Hunter, J., Ketchum, J., McHugh, K. y Hiraldo, F. 2008. Top predators as conservation tools: ecological rationale, assumptions, and efficacy. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 39:1-19
- Tarango, L. A., Valdez, R., Zwank, P. J. and Cardenas, M. 1997. Mexican Spotted Owl Habitat Characteristics in Southwestern Chihuahua, México. The Southwestern Naturalist 42(2): 132-136.
- Tarango, L. A., Valdez, R., Clemente, F. and Mendoza, G. 2001. Roost site characteristics of Mexican Spotted Owl in Sierra Fría, Aguascalientes, México. J. Raptor Research. 35: 165-168.
- 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.
- Willey, D. W. and Van-Riper III, C. 2007. Home range characteristics of Mexican Spotted Owls in the Canyonlands of Utah. Journal of Raptor Research, 41 (1):10-15.

- Willey, D. W. 2013. Diet of Mexican Spotted Owls in Utah and Arizona. *The Wilson Journal of Ornithology*, 125 (4):775-781.
- Willey, D. W. and Van Riper III, C. 2014. Home range Characteristics of Mexican Spotted Owls in the Rincon Mountains, Arizona. *The Wilson Journal of Ornithology*. 126(1):53-59.
- Willey, D. W. and Van-Riper III, C. 2015. Roost habitat of Mexican Spotted Owls (*Strix occidentalis lucida*) in the Canyonlands of Utah. *The Wilson Journal of Ornithology*. 127 (4):690-696.
- Young, K. E., Zwank, P. J., Valdez, R., Dye, J. L. and Tarango, L. A. 1997. Diet of the Mexican Spotted Owls in Chihuahua and Aguascalientes, México. *Journal Raptor Research*, 31: 376-380.
- Young, K. E., Valdez. R., Zwank. P. J., Gould. W. R. 1998. Density and Roost site Characteristics of Spotted Owls in the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico. *The Condor*. 100:732-736.

1. CAPITULO I. HÁBITAT DEL TECOLOTE MOTEADO MEXICANO (*Strix occidentalis lucida*) EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO.

1.1. RESUMEN

El tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) se distribuye desde Utah, Colorado, Arizona, Nuevo México, Texas EE. UU. hasta la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico Transversal. Esta subespecie ha sido muy estudiada en los Estados Unidos, pero escasamente en México. El presente estudio se desarrolló durante julio 2015 a julio 2016 en Aguascalientes, Durango y Zacatecas para 1) Caracterizar el hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en sitios de descanso (reproductivos y no reproductivos) y aleatorios y 2) Identificar las variables físicas y biológicas que mejor explican la presencia del tecolote moteado mexicano en el área estudiada. A la información sobre las variables del hábitat se le registró la estadística descriptiva y en los sitios de descanso y aleatorios se identificaron las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Para identificar las variables que más explican la presencia del tecolote en el área de estudio se realizó una Regresión de *Poisson* (ARP). Para observar la asociación entre el número de tecolotes por sitio de descanso y las variables que resultaron significativas en el ARP, se llevó a cabo un Análisis de Correspondencia Simple (ACS) y para determinar las diferencias entre las variables significativas de los sitios de descanso y aleatorios, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis. Se localizaron 29 tecolotes en 11 sitios de descanso, la mayoría en el tipo de vegetación bosque encino-pino (63.6%). Los tecolotes percharon preferentemente en encinos (90.9%) ubicados en laderas más inclinadas que la de los sitios aleatorios y con exposición noreste. Los sitios reproductivos se ubicaron a una elevación mayor, con mayor densidad de árboles, y árboles de percha y árboles muertos sobre la superficie del suelo de mayores diámetros que los encontrados en los sitios de descanso no reproductivos y aleatorios. Las variables que más explican la presencia de la especie en el área de estudio fueron altura del árbol de percha, la cobertura arbustiva y DAP del árbol de percha. La especie arbórea en los sitios evaluados con el Índice de Valor de Importancia (IVI) más alto fue *Quercus rugosa* Née. El ACS identificó la preferencia de los tecolotes por altura de árboles de percha, altura de percha y altura de árboles en las categorías de media a alta, así como el DAP del árbol de percha en la categoría media. Esta información complementa a la ya existente sobre las preferencias de hábitat del tecolote moteado, y puede ser utilizada en planes de manejo y conservación de la especie en México.

Palabras clave: Caracterización del hábitat, Índice de valor de importancia, preferencia, sitios de descanso, variables.

CHAPTER I. MEXICAN SPOTTED OWL (*Strix occidentalis lucida*) HABITAT IN THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO.

1.2. ABSTRACT

The distributional range of the Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida*) includes from Utah, Colorado, Arizona, New Mexico, Texas, USA. to Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental and Eje Neovolcanico Transversal. This subspecies has been intensely studied in the United States, but scarcely in Mexico. The present study was developed during July 2015 to July 2016 in Aguascalientes, Durango and Zacatecas, Mexico to 1) Characterize the habitat of the Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*) in roosting (reproductive and non-reproductive) and randomized and 2) Identify the physical and biological variables that best explain the presence of the Mexican spotted owl in the studied area. Descriptive statistics were recorded for information on habitat variables, and tree, shrub and herbaceous species were collected and identified at roosting and random sites. To identify the variables that most explain the presence of the owl in the study area, Poisson Regression Analysis (ARP) was performed. To observe the association between the number of owls per roosting site and the variables that were significant in the ARP, a Simple Correspondence Analysis (ACS) was conducted, and to determine the differences between the significant variables of the roosting and randomized sites, a Kruskal-Wallis test was performed. Twenty-nine owls were found in 11 roosting sites, most of them in the oak-pine forest vegetation type (63.6%). Owls perched preferentially in oaks (90.9%) located on slopes more inclined than those of random sites and with northeast exposure. The breeding sites were located at higher elevations, with higher density of trees, and roosting and dead trees on the surface of the soil of larger diameters than those found at non-breeding and random rest sites. The variables that most explain the presence of the species in the study area were height of the roosting tree, the shrub cover and DAP of the roosting tree. The arboreal species with the highest Importance Index Value (IVI) was *Quercus rugosa* Née. The ACS identified the preference of owls by height of roosting trees, perch height and height of trees in the medium to high categories, as well as the DAP of the perch tree in the middle category. This information complements the existing on habitat preferences of the Mexican spotted owl, and could be used in management and conservation plans for the species in Mexico.

Key words: Habitat characterization, Importance Index Value, preference, roosting sites, variables.

1.3. INTRODUCCIÓN

Las aves en los ecosistemas, han sido un grupo clave en el desarrollo de las ciencias biológicas, debido a sus diferentes formas, interesante conducta, plumajes coloridos y cantos llamativos (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014). Las aves rapaces desempeñan un papel ecológico importante al regular las poblaciones de las cuales se alimenta (Garza-Herrera, 1999). Tytonidae y Strigidae son las familias del Orden Strigiformes, la familia Tytonidae está representada por una especie (*Tyto alba*) y Strigidae por 29 especies (AOU, 2011). Dentro de Strigidae se encuentra *Strix occidentalis*, de la cual se reconocen tres subespecies, el tecolote moteado norteamericano (*S. o. caurina*), el tecolote moteado californiano (*S. o. occidentalis*) y el tecolote moteado mexicano (TMM) (*S. o. lucida*). Estas subespecies, se distribuyen en Norteamérica desde el sur de Columbia Británica hasta el centro-sur de México (USDI Fish and Wildlife Service, 1995; Tarango *et al.*, 2001, Márquez *et al.*, 2002; Palma-Cancino *et al.*, 2014).

El TMM es la única subespecie que se distribuye en los Estados Unidos y México, y su distribución es la más amplia de las tres subespecies. En los Estados Unidos, el TMM ocurre desde Utah, Colorado, Arizona, Nuevo México y Texas (Dawson *et al.*, 1987) y en México se le encuentra en la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico Transversal (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012). Su distribución es discontinua, seleccionando sistemas montañosos aislados y cañones (Gutiérrez *et al.*, 1995, Ward *et al.*, 1995), en bosques de coníferas, bosques mixtos y bosques caducifolios de climas templados y fríos (Tarango *et al.*, 1997; Young *et al.*, 1998; Navarro y Tarango, 2000; Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2002; Palma-Cancino *et al.*, 2014). Sin embargo, debido a actividades antropogénicas como la tala de bosques e incendios forestales el TMM se encuentra en la categoría de amenazada en los Estados Unidos (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012) y México (SEMARNAT, 2010).

En los Estados Unidos, el TMM ha sido muy estudiado sobre su biología, amenazas, requerimientos de hábitat (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012), así como sobre su comportamiento, selección de hábitat, movimientos, índices de supervivencia, espacio,

distribución (Ganey, 1990; Ganey y Balda, 1994; Ganey *et al.*, 1998; Ganey *et al.*, 2000; Ganey *et al.*, 2003), sobre tasas de supervivencia (Ganey *et al.*, 2005) y estudios genéticos (Barrowclough y Gutiérrez, 1990; Barrowclough *et al.*, 1999; Barrowclough *et al.*, 2006; High *et al.*, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2007). En contraste, en México son pocos los estudios realizados para *S. o. lucida* y éstos se han centrado en la Sierra Madre Occidental (Tarango *et al.*, 2001), no se ha muestreado ni se tienen reportes recientes del TMM en la Sierra Madre Oriental ni en el Eje Neovolcánico Transversal. Los estudios sobre *S. o. lucida* han versado sobre su hábitat en Chihuahua, México (Tarango *et al.*, 1997; Young *et al.*, 1998), Aguascalientes (Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2002), sobre composición de dieta en Chihuahua, Aguascalientes y Zacatecas (Young *et al.*, 1997; Márquez, 2002; Bravo-Vinaja *et al.*, 2005). Un estudio más reciente sobre la caracterización de su hábitat se condujo en Tlachichila, Zacatecas del municipio de Nochistlán de Mejía, Zacatecas (Palma-Cancino *et al.*, 2014), este estudio incluye el reporte más sureño de la distribución del TMM en la Sierra Madre Occidental muy próximo con los límites del estado de Jalisco. Por ello, considerando que la información de Aguascalientes por Tarango *et al.* (2001) y Márquez *et al.* (2002) que se obtuvo hace aproximadamente 15 años, que solo incluyó información de sitios de descanso y no de sitios aleatorios; que los estudios de Aguascalientes y el conducido por Palma-Cancino *et al.* (2014) en Zacatecas no describieron las características del hábitat de los sitios seleccionados por parejas reproductivas, que los bosques han sufrido cambios por el aprovechamiento forestal, por incendios forestales y por contaminación, marcan la pauta para seguir investigando sobre *S. occidentalis lucida*, especie que habita los bosques templados de México.

Los objetivos del presente estudio fueron: 1) Caracterizar el hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en sitios de descanso (reproductivos y no reproductivos) y aleatorios y 2) Identificar las variables físicas y biológicas que mejor explican la presencia del tecolote moteado mexicano en los municipios de Súchil, Durango, San José de Gracia, Aguascalientes, y Nochistlán de Mejía y Chalchihuites, Zacatecas. La información derivada de este estudio complementa la información sobre

preferencias de hábitat por el tecolote moteado mexicano en México y sirve de base para la elaboración de planes de manejo y conservación para *S. o. lucida* en la Sierra Madre Occidental, México.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó durante julio 2015 a julio 2016 (Anexo 1) en cuatro municipios de la Sierra Madre Occidental, México (Figura 1.1). Los cuales fueron: 1) SÚchil, Durango, particularmente La Reserva de la Biosfera La Michilía (RBLM) y áreas aledañas, 2) Nochistlán de Mejía y Chalchihuites, Zacatecas y 3) El Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes, específicamente en el Área Natural Protegida Sierra Fría (ANPSF). Esta investigación se desarrolló en la Unidad de Recuperación del tecolote moteado mexicano Sierra Madre Occidental Sur (USDI Fish and Wildlife Service, 1995).

1.4.1.1. SÚchil, Durango

SÚchil se localiza entre los paralelos 23° 07' y 23° 43' de latitud norte y 103° 47' y 104° 22' y longitud oeste con altitudes entre 1400 y 3100 m. Colinda al norte con los municipios de Mezquital, Nombre de Dios, Vicente Guerrero y el estado de Zacatecas y al oeste con el municipio de Mezquital, Durango. Se encuentra en la provincia de la Sierra Madre Occidental, cuenta con superficie de gran meseta con cañadas (48.5%), sierra alta (15.1%), lomerío con cañadas (13.2%). La temperatura oscila entre 12-20°C (INEGI, 2010a). Dentro de este municipio, se encuentra la Reserva de la Biosfera de la Michilía (RBLM) la cual ha sido declarada como Área Natural por parte del Gobierno de México. Esta se encuentra entre dos grandes provincias, en la Sierra Madre Occidental y el Altiplano Mexicano (González-Elizondo *et al.*, 1993) y es una estación de investigación científica de enseñanza y preparación en el conocimiento de la flora y la fauna. En cuanto a su importancia biológica, la RBLM es una región Terrestre Prioritaria de México (RTP), además se encuentra en el sistema de Áreas de Importancia para la Conservación de

las Aves (AICA; DRBLM, 2004). Este municipio posee bosques templados (González-Elizondo *et al.*, 1993), las especies de pinos más comunes son el pino amarillo (*Pinus cooperi*), pino piñonero (*P. cembroides*), pino real (*P. engelmanni*), pino blanco (*P. arizonica*) y el pino chino (*P. chihuahuana*), las especies de encinos más comunes son el encino blanco (*Quercus hartwegii*), el palo rojo (*Q. eduardii*), el encino laurillo (*Q. durifolia*) y el encino colorado (*Q. sideroxylla*). Existen otras especies como los cedros (*Juniperus* spp.) madroños (*Arbutus* spp.) y la manzanita (*Arctostaphylos pungens*) (González-Elizondo *et al.*, 1993). En este municipio se incluyen 42 especies de mamíferos en 14 familias y 35 géneros (DRBLM, 2004) (Figura 1.1).

1.4.1.2. Chalchihuites, Zacatecas

Se localiza entre los paralelos 23° 16' y 23° 37' de latitud norte y 103° 43' y 104° 07' longitud oeste. Este municipio limita al norte con Sombrerete, al sur con el municipio de Jiménez del Teúl y al oeste con el Estado de Durango, y la superficie calculada es de 891 km². Se encuentra fisiográficamente en la Sierra Madre Occidental y Mesa Central con elevaciones entre 1900-3000 m. Su clima es templado con temperaturas entre 3 y 18° C, sub-húmedo con lluvias en verano, la temperatura del mes caliente es mayor a 22°C (INEGI, 2010c). Las especies arbóreas más comunes son encino roble (*Quercus* sp.), cedro (*Juniperus* sp.), pino piñonero (*P. cembroides*), pino real (*P. engelmanni*), palo colorado (*Q. eduardii*) y mezquite (*Prosopis* sp.), madroño (*Arbutus* sp.), manzanita (*Arctostaphylos pungens*), así como diversos géneros de gramíneas. La fauna predominante son codorniz (*Colinus virginianus*), grulla gris (*Grus canadensis*), paloma ala blanca (*Zenaida asiatica*), paloma de collar (*Patagioenas fasciata*), paloma güilota (*Zenaida macroura*), agachona (*Gallinago gallinago*) y ganga (*Bartramia longicauda*), ardilla (*Spermophilus* spp.), conejo (*Sylvilagus* spp.), coatí (*Nasua narica*), coyote (*Canis latrans*), liebre (*Lepus* spp.), mapache (*Procyon lotor*) y tlacuache (*Didelphis virginiana*), guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*), jabalí de collar (*Tayassu tajacu*), gato montés (*Lynx rufus*), zorra gris (*Urocyon cinereogenteus*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (INAFED, 2010a) (Figura 1.1).

1.4.1.3. Nochistlán de Mejía, Zacatecas

El municipio de Nochistlán de Mejía se ubica en el extremo suroeste del estado de Zacatecas (21° 12' y 21° 40'N; 102° 41' y 103° 03'O), en un rango altitudinal de 1900-2700 msnm, colinda al norte con el municipio de Jalpa y el estado de Jalisco, al este con Apulco y el estado de Jalisco, al sur con Jalisco, al oeste con los municipios de Moyahua de Estrada, Juchipila, Apozol y Jalpa. Se encuentra entre las provincias fisiográficas del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Occidental, y ocupa 1.2% de la superficie estatal. Los intervalos de temperatura oscilan entre 14-20°C, con precipitaciones entre 700-1000 mm. El clima es templado semicálido subhúmedo con lluvias en verano. La vegetación se conforma de bosques de pino, encino, pino-encino, bosque tropical caducifolio, así como matorral xerófilo, vegetación secundaria y pastizal inducido (INEGI, 2010b). Además, incluye, frutales como el durazno, chabacano, higo, naranjo, limonero, aguacate, pera y manzana. Los mamíferos silvestres presentes son el conejo (*Sylvilagus spp.*), liebre (*Lepus spp.*), puma (*Puma concolor*), jabalí de collar (*Tayassu tajacu*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), gato montés (*Lynx rufus*), coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereogenteus*) y mapache (*Procyon lotor*). Entre las aves destacan la codorniz común (*Colinus virginianus*), paloma de collar (*Patagioenas fasciata*), paloma ala blanca (*Zenaida asiatica*), paloma güilota (*Zenaida macroura*) (INAFED, 2010b) (Figura 1.1).

1.4.1.4. San José de Gracia, Aguascalientes

San José de Gracia (21° 58' y 22° 20'N; 102° 21' y 102° 43'O) colinda al norte con el estado de Zacatecas y el municipio Rincón de Romos, al este con Pabellón de Arteaga, al sur con los municipios de Jesús María y Calvillo, de igual manera colinda al oeste con Calvillo y Zacatecas. Forma parte de la Sierra Madre Occidental, y su temperatura varía de 12 a 18°C. San José de Gracia forma parte del Área Natural Protegida Sierra Fría, la cual tiene una superficie de 112,090ha, es una región montañosa con altitudes desde 2200 a 3050 msnm (INEGI, 2010d). Esta área se caracteriza por tener una diversidad de zonas ecológicas y diferentes tipos de vegetación como bosque templado y está

dominada por comunidades de encino (*Quercus* spp.), pino (*Pinus* spp), cedro (*Juniperus* sp.) y arbustos como la manzanita (*Arctostaphylos pungens* y *A. Polifolia*), madroño (*Arbutus glandulosa* y *A. Arizonica*), chaparral, matorral xérofilo, pastizal, bosque tropical seco y matorral subtropical (Sosa *et al.*, 2014). Los mamíferos en esta zona son venado cola blanca, puma (*Puma concolor*), gato montés (*Lynx rufus*), jabalí de collar (*Tayassu tajacu*), ardilla nayarita (*Sciurus nayaritensis*), rata hispida del algodón (*Sigmodon hispidus*), ratón de patas blancas (*Peromyscus* sp.), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereogenteus*), liebre cola negra (*Lepus californicus*) y conejo cola blanca (*Sylvilagus audubonni*) (De la Riva, 2006). También se reportan 141 especies de aves, de las cuales 71 son residentes y 70 migratorias, pertenecientes a 13 órdenes, 34 familias y 100 géneros (De la Riva y Franco, 2008) (Figura 1.1).

1.4.2. Localización de tecolotes

Para llevar a cabo la caracterización del hábitat del TMM, primero se localizaron sus sitios de descanso (sitios reproductivos y no reproductivos). Para ello, se realizaron recorridos diurnos en las áreas en donde existían reportes previos de la presencia del TMM. En particular, en Durango se recorrieron las áreas con reporte de avistamientos llevados a cabo por Garza-Herrera (1999), en Zacatecas en las áreas reportadas por Palma-Cancino *et al.* (2014) y en Aguascalientes en los sitios reportados por Tarango *et al.* (2001) y Márquez *et al.* (2002).

Los recorridos diurnos consistieron en recorrer arroyos, cañadas, veredas y brechas en las áreas donde existían reportes previos sobre la presencia del tecolote, durante éstos se imitaba el canto del tecolote. Esta especie de tecolote es muy territorial; por ello, se usaron grabaciones con cantos de la especie (www.xeno-canto.org) para detectar su presencia y localizar sus sitios de descanso.

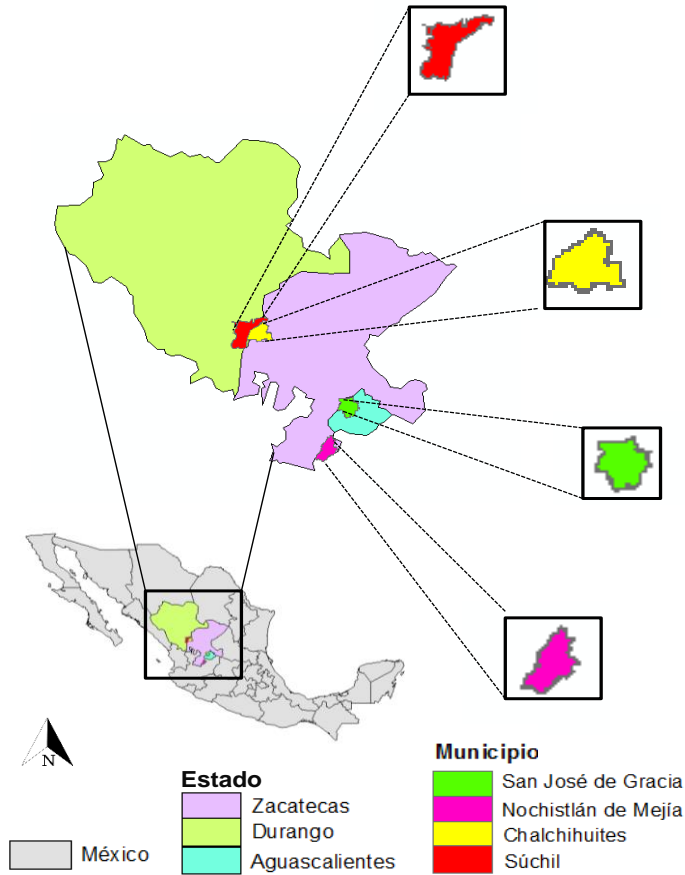


Figura 1.1. Estados y municipios considerados para el estudio de uso de hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Para incrementar el número de sitios de descanso del TMM, en las áreas donde no se tenían registros de la especie, pero que reunían las condiciones de hábitat, se realizaron recorridos diurnos y nocturnos. Durante los recorridos diurnos se seleccionaron sitios y se establecieron estaciones de llamado para visitarlos y muestrearlos durante la noche (20:00-01:00 h) (Forsman, 1983), las distancias entre las estaciones de llamado variaron entre 0.5 y 3.0 km, dependiendo de la topografía del terreno y de las condiciones del hábitat del área muestreada. En cada estación de llamado se asignaron 5 minutos para reproducir los cantos y 10 minutos para escuchar una posible respuesta del TMM.

Cuando se obtuvo alguna respuesta del TMM, se registró la hora, coordenadas de la estación, la dirección y distancia del punto de respuesta a la estación de llamado. Esta información se utilizó para localizar durante el día los sitios de descanso del o de los individuos de los que se obtuvo respuesta la noche anterior. La búsqueda de tecolotes y la localización de sus sitios de descanso durante el día, se llevó a cabo recorriendo las áreas con mayor probabilidad de presencia del TMM, reproduciendo las grabaciones continuamente y buscándolos árbol por árbol y en acantilados.

Una vez localizados los tecolotes, en cada sitio de descanso, se identificaron los TMM por localidad (nombre del sitio), por estado, se contaron, se identificó el tipo de percha utilizado (árbol o cueva), y cuando fue posible, se determinó su sexo, si fueron individuos solitarios o parejas reproductivas, anotando en su caso, el número de polluelos.

1.4.3. Caracterización del hábitat

Una vez localizados los tecolotes y determinado sus sitios de descanso, se procedió a evaluar el hábitat (Anexo 2) en parcelas circulares de 20 m de diámetro (Solis y Gutiérrez, 1990). Para establecer cada una de las parcelas, se consideró el árbol de percha como su centro. En los casos en que el sitio de descanso fue una cueva, la parcela de evaluación se estableció tomando como centro el árbol más cercano que tuviera un DAP ≥ 15 cm. En estas parcelas se evaluaron variables físicas y biológicas (Cuadro 1.1). A cada parcela evaluada se le asignó una clave de identificación, así como el nombre de la localidad, se registró la fecha y hora de evaluación, su altitud (msnm) y las coordenadas geográficas (latitud y longitud).

A las cuevas utilizadas para perchar se les tomaron las siguientes medidas: a) largo de la cueva, b) ancho de la cueva, c) profundidad de la cueva, d) altura de la superficie del suelo a la base de la cueva, e) altura de la parte superior de la cueva hacia la parte final del macizo rocoso y f) altura total del macizo rocoso (Palma-Cancino *et al.*, 2014).

Cabe señalar que, en el presente estudio, aunque cuatro de las 11 áreas con presencia del tecolote (una en Aguascalientes y tres en Zacatecas) se relacionaron con las ya reportadas por Tarango *et al.* (2001), Márquez *et al.* (2002) y Palma-Cancino *et al.* (2014), en ninguno de los casos, la caracterización del hábitat se llevó a cabo en los mismos árboles o cuevas ya evaluadas.

Para cuantificar más precisamente el hábitat del TMM y para definir una posible selección de algunos atributos por esta especie, se evaluaron tres parcelas seleccionadas al azar (sitios aleatorios) por cada sitio de descanso (sitio reproductivo o sitio no reproductivo), excepto para un sitio donde solo se evaluó una parcela aleatoria debido al difícil acceso a la zona. Estas se establecieron a distancias de 50, 100 o 150m del centro del sitio de descanso y seleccionando una dirección aleatoria (N, S, E, O, NE, NO, SE, SO), en ellas se cuantificaron las mismas variables evaluadas en los sitios de descanso (Cuadro 1.1).

1.4.4. Colecta e identificación de vegetación

Para complementar la caracterización del hábitat de los sitios de descanso del TMM y sitios aleatorios, se colectaron muestras de plantas arbóreas, arbustivas y herbáceas.

Cuadro 1.1. Variables físicas y biológicas registradas en sitios de descanso y sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*), en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Característica	Variable	Forma de evaluación
Físicas	Elevación.	GPS GARMIN.
	Inclinación de la Pendiente.	Clinómetro SUUNTO PM-5/360PC.
	Dirección de la pendiente.	Brújula Brunton Eclipse 5889.
	Dimensiones de cuevas y características.	Cinta métrica y Clinómetro SUUNTO PM-5/360PC.
Biológicas	Especie de percha.	Claves dicotómicas.

Característica	Variable	Forma de evaluación
	Altura (árbol de percha, rama de percha, árboles vivos, árboles muertos en pie).	Clinómetro SUUNTO PM-5/360PC.
	DAP (árbol de percha, árboles muertos en pie, árboles muertos caídos) y largo de árboles muertos caídos.	Cinta métrica Truper 20m-66'.
	Orientación de la rama de percha.	Brújula Brunton Eclipse 5889.
	Tipo de vegetación, número de estratos, nivel de descomposición de árboles.	Visualmente.
	Cobertura del dosel (%).	Densiómetro (Young <i>et al.</i> , 1998).
	Cobertura del suelo (%)	
	Hierba, pasto, hojarasca, arbusto, suelo desnudo, roca y material leñoso.	Línea de Canfield (Canfield, 1941) dos líneas de 20m de largo por parcela (dirección norte-sur y este-oeste).

Las muestras se recolectaron al momento de caracterizar el hábitat y se etiquetaron con una clave, nombre, coordenadas del sitio, se colocaron y mantuvieron en una prensa botánica hasta su identificación en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), la cual se llevó a cabo utilizando un estereoscopio, claves dicotómicas y referencias bibliográficas.

1.4.5. Análisis estadísticos

Con la información de las variables del hábitat evaluadas en los sitios de descanso y aleatorios, se obtuvo la estadística descriptiva (medias y desviaciones estándar). Esta

información se agrupó por sitios de descanso y aleatorios. Asimismo, se obtuvo un IVI (Índice de Valor de Importancia) de las especies arbóreas, el cual se refiere a las especies de plantas que más contribuyen a la estructura del ecosistema (Cottam y Curtis, 1956) mediante la siguiente fórmula:

$$IVI = (Domr + Dr + Fr)/3$$

Dónde:

Domr= área basal relativa o dominancia relativa.

Dr= densidad relativa.

Fr= frecuencia relativa.

El área basal se calculó con la siguiente fórmula:

$$AB = \frac{\pi}{4}(DN)^2$$

Dónde:

$\pi = 3.1416$

DN= Diámetro normal

Además, para las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de los sitios de descanso y sitios aleatorios, se calculó el Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual mide la heterogeneidad de la comunidad, el valor máximo es indicador de una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes. Oscila entre los valores de 1.5 a 3.5 y solo de manera extraordinaria llega a un valor de 4.5 (Margalef, 1972), el cálculo se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$- \sum pi Ln (pi)$$

Dónde:

H' = diversidad de Shannon-Wiener.

Pi = (ni/N) = abundancia relativa. ni = número de individuos de la especie i.

N = número total de individuos.

Ln = logaritmo natural.

Por otra parte, para las especies de los tres estratos (arbóreas, arbustivas y herbáceas) tanto para sitios de descanso y sitios aleatorios, se calculó el índice o Coeficiente de Jaccard (Cj) que relaciona las especies en común entre la suma de las especies de ambas condiciones menos las especies compartidas (Magurran, 1988), este se calculó de la siguiente manera:

$$Cj = \frac{j}{a + b - j}$$

Donde:

a = número de especies en el ecosistema A.

b = número de especies en el ecosistema B

j = número de especies compartidas por las comunidades.

Además, para los mismos estratos, se calculó el índice o Coeficiente de Sorensen (Cs), que relaciona el número de especies compartidas en ambas condiciones comparadas (Magurran, 1988), y se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$Cs = 2j / (a + b)$$

Dónde:

a = número de especies en el ecosistema A.

b = número de especies en el ecosistema B.

j = número de especies compartidas por las comunidades.

El valor de los índices oscila de uno (1) si se comparten todas las especies o cero (0) al no compartir ninguna especie (Magurran, 1988).

Para determinar las variables del hábitat del tecolote moteado (*Strix occidentalis lucida*) que más explican su presencia en el área de estudio (considerando las variables evaluadas en sitios de descanso y aleatorios) se realizó un análisis de Regresión *Poisson* (ARP). Asimismo, para incluir en el ARP la información de las variables evaluadas a los árboles de percha del TMM, en los sitios aleatorios, se simularon árboles de percha (el árbol ubicado en el centro de la parcela). En este análisis, se utilizó un Modelo Lineal Generalizado (Generalized Linear Model GLM) seleccionando las variables por pasos (Stepwise), con un criterio de clasificación del mínimo Akaike (AIC; Akaike, 1969) en donde la variable dependiente (y) fue el número de tecolotes registrados por sitio de descanso y las independientes (x_i) las variables físicas y biológicas. Este análisis se realizó utilizando el Software estadístico *R*-versión 3.3.1 (2016).

Para observar gráficamente la asociación entre el número de tecolotes por sitio de descanso y las variables biológicas que resultaron significativas en el *ARP*, se realizó un Análisis de correspondencia Simple (ACS) con un $\alpha=0.5$; dicho análisis se llevó a cabo con el software *Statistica* 13.2 (2016). Para ello, las variables biológicas se categorizaron mediante histogramas construidos en *Excel* 2016 (Cuadro 1.2). Con la finalidad de determinar posibles diferencias entre las variables biológicas identificadas como estadísticamente significativas en el *ARP* de los sitios de descanso y aleatorios, se realizó una prueba no paramétrica de *Kruskal-Wallis* con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Estos análisis se llevaron a cabo empleando el software *JMP IN* 8.0 (2008).

Cuadro 1.2. Categorías de las variables biológicas que resultaron significativas en el *ARP* de los sitios de descanso y aleatorios del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*), en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Variable	Clave	Rango
Altura de árbol de percha (m)		
Baja	(AapB)	5 - 8.84
Media	(AapM)	8.85 - 11.24
Alta	(AapA)	11.25 - 17.00

Variable	Clave	Rango
Arbusto (%)		
Nulo	(ArbN)	0 - 1.20
Muy bajo	(ArbMb)	1.21 - 4.80
Bajo	(ArbB)	4.81 - 20.00
DAP del árbol de percha (cm)		
Bajo	(DapapB)	9.23 - 29.32
Medio	(DapapM)	29.33 - 39.36
Alto	(DapapA)	39.37 - 92.94
Altura de árboles (m)		
Baja	(AaB)	4.9 - 7.40
Media	(AaM)	7.41 a 9.34
Alta	(AaA)	9.35 - 18.80
Altura de percha (m)		
Baja	(ApB)	2 - 3.92
Media	(ApM)	3.93 - 6.64
Alta	(ApA)	6.65 - 10.00
Material leñoso (%)		
Muy bajo	(MIMb)	0 - 4.35
Bajo	(MIB)	4.36 - 12.32
Medio	(MIM)	12.33 - 36.25

AapB= Altura de árbol de percha bajo; AapM= Altura de árbol de percha media; AapA=Altura de árbol de percha alta; ArbN= Arbusto nulo; ArbMb= Arbusto muy bajo; ArbB=Arbusto bajo; DapapB= Diámetro a la altura del pecho del árbol de percha baja; DapapM= Diámetro a la altura del pecho del árbol de percha media; DapapA= Diámetro a la altura del pecho del árbol de percha alto; AaB=Altura de árboles baja; AaM=Altura de árboles media; AaA= Altura de árboles alta; ApB= altura de percha baja; ApM=Altura de percha medio; ApA= Altura de percha alto; MIMb=Material leñoso muy bajo; MIB=Material leñoso bajo; MIM=Material leñoso medio.

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1. Localización de tecolotes

Durante julio 2015 a julio 2016 se localizaron 29 tecolotes (12 adultos, ocho subadultos y nueve polluelos) en 11 sitios de descanso (reproductivos y no reproductivos). Se

encontraron 11 tecolotes en Durango, nueve en Zacatecas y nueve en Aguascalientes (Figura 1.2; Cuadro 1.3; Anexo 3) con una relación de 2.6 tecolotes por sitio de descanso y un esfuerzo de muestreo de 123, 72 y 60 horas, respectivamente. El número de tecolotes registrados por sitio de descanso en el presente estudio fue superior ($x=2.6$) a lo reportado para Chihuahua por Tarango *et al.* (1997) ($x=1.9$), pero menor al registrado por Young *et al.* (1998) ($x=2.9$); también fue superior ($x=1.3$ y $x=1.6$) al reportado para Aguascalientes por Tarango *et al.* (2001) y Márquez *et al.* (2002), respectivamente y para el registrado para Zacatecas ($x=1.6$) por Palma-Cancino *et al.* (2014). El número de tecolotes encontrados por sitio de descanso depende de las condiciones estructurales del hábitat, de la disponibilidad de sitios para descanso y anidación, y de la disponibilidad de presas para el TMM.

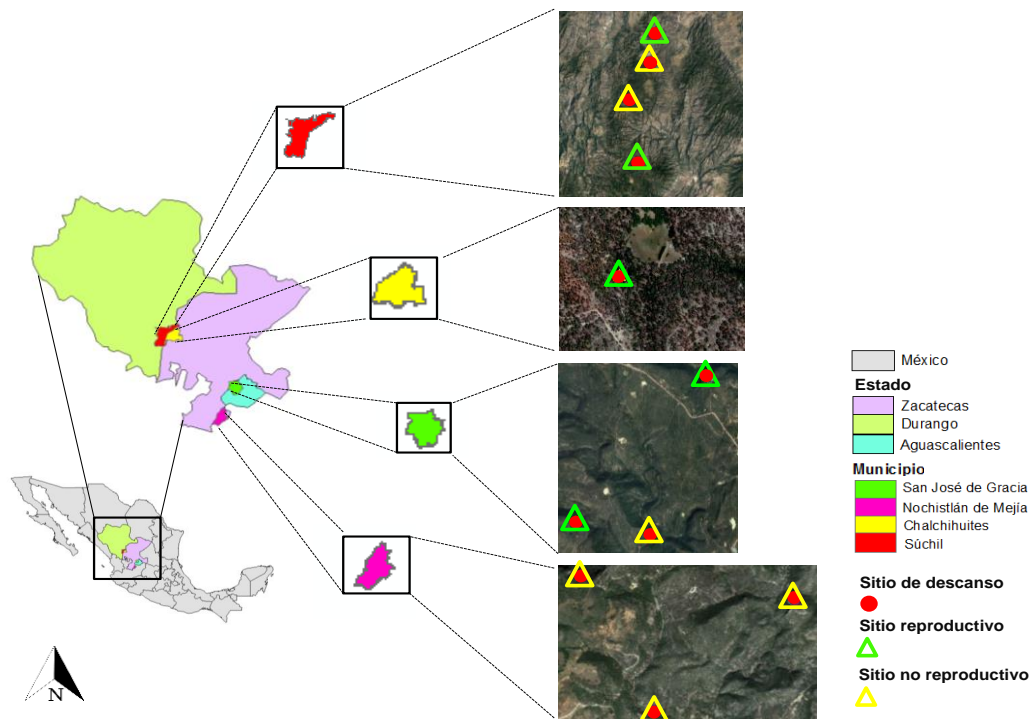


Figura 1.2. Sitios de descanso reproductivos y no reproductivos caracterizados en el hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) por estado y municipio en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

1.5.2. Caracterización del hábitat

El hábitat del TMM se caracterizó en 42 sitios (11 sitios de descanso y 31 sitios aleatorios). Los sitios de descanso (sitios reproductivos y sitios no reproductivos), en su mayoría (90.9%) se encontraron en los tipos de vegetación bosque de encino-pino y encino, y los tecolotes percharon preferentemente (90.9%) en encinos *Quercus rugosa* Née, *Quercus obtusata* Bonpl., *Quercus sideroxylla* Bonpl. y *Quercus potosina* Trel. La selección del tecolote moteado por hábitats compuestos de encino-pino se reportó para Aguascalientes (Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2002) y para Nuevo México por Seamans *et al.* (1995). En Chihuahua, los sitios de descanso se relacionaron con *Quercus* spp., *Pinus arizonica*, *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii* (Tarango *et al.*, 1997). El TMM utiliza también áreas dominadas por pinos piñoneros y cedros (*Pinus edulis-Juniperus monosperma*) para anidar (Bowden *et al.*, 2015). En Nuevo México, Ganey *et al.* (2013) reportan que el TMM anida en bosques mixtos de coníferas (*Abies concolor* o *Pseudotsuga menziesii*) y la mayoría lo hace en cavidades de árboles muertos o en el muérdago (*Arceuthobium* spp.). Sin embargo, Young *et al.* (1998) reportaron que en Chihuahua la composición de especies en las áreas de descanso del TMM fue principalmente de pinos (49%), encinos (36%) y abetos (7%).

Cuadro 1.3. Características de los tecolotes moteados mexicanos (*Strix occidentalis lucida*) por estado y sitio de descanso en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Sitio de descanso	Número	Nivel de desarrollo	Sexo
Durango			
Arroyo el Toribio	1	Subadulto	Desconocido
Mesa del burro*	2	Adultos	Hembra y macho
	3	Polluelos	Desconocido
Las Margaritas	1	Subadulto	Desconocido
Los Corralitos*	2	Adultos	Hembra y macho

Sitio de descanso	Número	Nivel de desarrollo	Sexo
	2	Polluelos	Desconocido
Zacatecas			
Peña Parda	2	Subadultos	Hembra y macho
Barranca Angosta	2	Subadultos	Hembra y macho
Rincón Verde	2	Subadultos	Hembra y macho
El Purgatorio*	2	Adultos	Hembra y macho
	1	Polluelo	Desconocido
Aguascalientes			
Cueva Prieta	2	Adultos	Hembra y macho
Antrialgo*	2	Adultos	Hembra y macho
	2	Polluelos	Desconocidos
Laguna Seca*	2	Adultos	Hembra y macho
	1	Polluelo	Desconocido

*sitio reproductivo.

En Utah, Estados Unidos Willey y Van-Riper III (2015) identificaron que los sitios de descanso (n=189) del TMM se ubicaron, en ese orden, en rodales pequeños de bosques mixtos de coníferas, en matorral desértico, en áreas de pino piñonero y cedro, y en zonas ribereñas.

Hathcock y Haarmann (2008) identificaron que en el norte de Nuevo México el TMM prefiere áreas con mayor diversidad, densidad, altura de árboles, mayor cobertura del dosel y mayor densidad de arbustos. Asimismo, Ganey *et al.* (2014) reportaron que, en las montañas de Sacramento, Nuevo México, los sitios de anidación del TMM se caracterizaron por tener una cobertura del dosel y área basal mayor que los sitios aleatorios.

En este estudio el tecolote prefirió para descansar las laderas con exposición de la pendiente noreste y norte (81.8%) y en ramas con orientación noreste, norte y noroeste (81.9%) (Cuadro 1.4). Resultados similares se obtuvieron en Chihuahua (Tarango *et al.*, 1997, Young *et al.*, 1998) y para Aguascalientes (Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*,

2002) en donde los tecolotes hicieron uso de laderas con exposición noreste y noroeste. Las laderas con exposición norte ofrecen condiciones medio ambientales más frescas para el TMM comparadas con las exposiciones sur; los ambientes más frescos y húmedos son los más adecuados para el TMM (Barrows, 1981; Ganey *et al.*, 1993).

En el área de estudio, los arboles de percha tuvieron una altura de 10.5 ± 2.4 m, un diámetro de 37.6 ± 20.5 cm y los tecolotes percharon a 6.2 ± 1.4 m de alto. La altura del árbol de percha fue menor a la reportada por Tarango *et al.* (1997) en Chihuahua, la cual fue de 13.0 ± 2.8 m, pero muy similar a la de Aguascalientes (10.4 ± 1.1 m) (Tarango *et al.*, 2001). La altura promedio de percha para Aguascalientes fue de 7.0 ± 0.7 m (Tarango *et al.*, 2001) y de 5.8 m (Márquez *et al.*, 2002); en Zacatecas esta altura fue de 7 ± 2.1 m (Palma-Cancino *et al.*, 2014), la cual fue muy similar a la de Aguascalientes (Tarango *et al.*, 2001). Asimismo, en Utah la altura promedio de los árboles de percha fue de 9.5 m y la de percha de 3.7 m, además, cuando los tecolotes descansaron en acantilados su altura de percha fue mayor (17.2 m) (Willey y Van-Riper III, 2015). Estos resultados indican que la estructura y condición del ecosistema juega un papel importante para generar microambientes preferidos por el TMM para descansar o anidar.

Cuadro 1.4. Frecuencia de uso de variables de los sitios de descanso (n=11) del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Tipo de vegetación		
Bosque de pino-encino	1	9.1
Bosque de encino-pino	7	63.6
Bosque de encino	3	27.3
Especie del árbol de percha		
<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	2	18.2
<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	2	18.2

Variable	Frecuencia	Porcentaje
<i>Quercus rugosa</i> Née.	5	45.4
<i>Prunus rhamnoides</i> Koehn.	1	9.1
<i>Quercus potosina</i> Trel.	1	9.1
Exposición de la pendiente		
Noreste	5	45.4
Este	1	9.1
Norte	4	36.4
Oeste	1	9.1
Orientación de la rama de percha.		
Noreste	4	36.4
Noroeste	2	18.2
Norte	3	27.3
Suroeste	1	9.1
Este	1	9.1

La densidad de árboles vivos y muertos fue mayor en los sitios de descanso que en los aleatorios (Cuadro 1.5). En los sitios de descanso reproductivos (SDR), la densidad de árboles fue mayor que la de los sitios de descanso no reproductivos (SDNR) y sitios aleatorios (SA). Asimismo, la elevación en los SDR fue mayor (2627.6) que la de los SDNR (2500.5) y SA (2563.3 msnm) (Cuadro 1.6). Al respecto, Tarango *et al.* (1997) encontraron que en Chihuahua la densidad de árboles fue mayor en las áreas en donde el TMM utilizó árboles para perchar (643 árboles ha⁻¹) que donde utilizó acantilados (610 árboles ha⁻¹).

Los sitios de descanso del TMM se ubicaron en áreas más inclinadas que los sitios aleatorios y en laderas con exposición noreste (Cuadro 1.5). Resultados similares se reportaron por Young *et al.* (1998) y Tarango *et al.* (1997) para el norte de México y por Tarango *et al.* (2001), Márquez-Olivas *et al.* (2002) y Palma-Cancino *et al.* (2014) para el centro de México, y para los Estados Unidos por Barrows (1981) y Willey y Van-Riper III (2015). Todos los sitios de descanso y el 84% (n = 26) de los sitios aleatorios se localizaron en áreas con tres estratos de vegetación. Los sitios de descanso, comparados con los sitios aleatorios presentaron mayor cobertura de dosel y una mayor

presencia de hojarasca y rocas (Cuadro 1.5). Barrows (1981) y Willey y Van-Riper III (2015) también reportan una cobertura del dosel densa en los sitios de descanso, específicamente en las laderas con orientación norte y mencionan que estas características del hábitat junto con otras, ofrecen un microclima más fresco para el TMM que las áreas abiertas. Se ha establecido que la razón del uso de ambientes más frescos por el TMM es por su falta de capacidad para disipar calor corporal (Barrows, 1981; Ganey *et al.*, 1993) y que su plumaje lo protege de las temperaturas frías. Al respecto, Ganey *et al.* (1993) observaron el aleteo gular del TMM a una temperatura de 30°C y del tecolote cornudo (*Bubo virginianus*) a una temperatura de 37°C, lo que indica que el tecolote cornudo tiene una capacidad mayor para soportar altas temperaturas; el aleteo gular es un mecanismo para disipar calor corporal.

En este estudio, los sitios de descanso presentaron mayor cobertura del suelo de hojarasca y roca. Resultados similares se reportaron por Young *et al.* (1998) y por Palma-Cancino *et al.* (2014). Presumiblemente el arreglo de la cobertura del suelo tiene una influencia sobre la presencia, cantidad y disponibilidad de presas. Al respecto, Carey *et al.* (1992) y Ward *et al.* (1998) sugieren que *S. occidentalis caurina* selecciona hábitats con base a la distribución de sus presas. Es muy probable que éste comportamiento también lo presente el TMM pues Ganey *et al.* (2014) estimaron que la biomasa de presas en áreas donde habían ocurrido incendios forestales fue mayor a la registrada en las áreas de anidación y que durante el invierno, el TMM utiliza áreas que tienen más alimento que aquéllas que le ofrecen condiciones de clima más adecuadas. Por ello, Block *et al.* (2005) recomiendan que las acciones de conservación del TMM deben dirigirse a incrementar el número de presas y no solo considerar en proveer condiciones estructurales para descanso y anidación; asimismo, enfatizaron la necesidad de incrementar las especies arbustivas y herbáceas en el hábitat del TMM mediante la reducción de árboles pequeños, la aplicación de fuego prescrito y a través del manejo de la capacidad de carga del ganado. Asimismo, Bond *et al.* (2009) reportaron que *S. occidentalis occidentalis* prefirió las áreas más quemadas, pues estas presentaron mayor

cobertura de arbustivas y herbáceas, variables que se relacionan con la presencia de presas.

El promedio de elevación registrada ($X=2558.3$ msnm) en esta investigación se encuentra dentro de los rangos reportados en México (Cuadro 1.5) (Tarango *et al.*, 1997; Young *et al.*, 1998; Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2002; Bravo-Vinaja *et al.*, 2005; Palma *et al.*, 2014); sin embargo, la elevación (2821 m) del sitio de descanso de Chalchihuites, Zacatecas es la mayor registrada para México. En contraste, el sitio de descanso con la menor elevación (2072m) se registró en Chihuahua (Young *et al.*, 1998).

En esta investigación, los sitios de descanso reproductivos se ubicaron a una elevación mayor, presentaron mayor densidad de árboles, árboles de percha con un mayor diámetro y los árboles muertos sobre la superficie del suelo tuvieron un mayor diámetro comparados con los sitios de descanso no reproductivos y aleatorios (Cuadro 1.6). En Nuevo México, los sitios de anidación presentaron mayor cobertura de dosel y más área basal (Ganey *et al.*, 2013). Resultados similares se obtuvieron por Young *et al.* (1998) en Chihuahua, México donde los sitios de descanso se ubicaron en áreas más inclinadas, con más capas de vegetación, mayor cobertura del dosel y de área basal que los sitios aleatorios y Bond *et al.* (2004) reportan que los sitios de anidación del tecolote moteado californiano (*S. occidentalis occidentalis*) también se asocian a árboles grandes, con una densidad de moderada a alta de árboles, una cobertura del dosel alta y una estructura vertical diversa, pero que las variables que más explican el hábitat de anidación del tecolote son el número de árboles grandes y la cobertura del dosel. En Nuevo México, Seamans *et al.* (1995) reportan que los árboles de anidación del TMM tuvieron una edad promedio de 163.7 años y un diámetro de 60.6 cm. Timm *et al.* (2016) identificaron que la cobertura del dosel y la inclinación de la pendiente fueron las variables más importantes con respecto a la selección del hábitat por el TMM. Asimismo, Hathcock y Haarmann (2008) en las montañas de Jemez, Nuevo México identificaron que los tecolotes se ubicaron en hábitats con mayor diversidad, densidad y altura de árboles, cobertura del dosel y densidad de arbustos. Willey y Van-Riper III (2014) encontraron

diferencias significativas entre sitios de descanso y sitios aleatorios en las variables cobertura del dosel, número de árboles, número de capas de vegetación, altura y diámetro de los árboles y área basal. Adicionalmente, en Utah Willey y Zambon (2014) encontraron que la inclinación de la ladera y la elevación fueron las variables que mejor predicen la ocurrencia del TMM en ambientes rocosos.

Cuadro 1.5. Medias y desviaciones estándar de las variables evaluadas en sitios de descanso y aleatorios en el hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) de la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Variable	Sitio de descanso (n=11)	Sitio aleatorio (n=31)
Elevación (msnm)	2558.3±127.4	2563.3±125.4
Inclinación de la pendiente (%)	28.2±16.5	24.5±18.2
Exposición de la pendiente	*NE (45.5%)	*NE (35%)
Tipo de vegetación	*BEP (63.6%)	*BEP (52%)
No. de estratos	*3 (100%)	*3 (84%)
Cobertura de dosel (%)	41.2±24.7	37.7±20.9
Número de árboles (ha)	426.7±238.8	393.3±168.7
Altura de árboles (m)	9.3±3.1	8.0±3.0
Área basal (m ² ha ⁻¹)	21.3±0.08	17.6±0.06
Árboles muertos en pie		
Número de árboles (ha)	47.7±44.5	27.7±33.4
Altura (m)	7.5±2.9	7.1±3.6
Diámetro a la altura del pecho (cm)	21.8±12.8	17.6±0.05
Nivel de descomposición	3.9±1.6	3.5±1.1
Árboles muertos caídos		
Número	1.5±1.3	0.87±1.52
Largo (m)	5.8±2.3	7.8±3.8
Diámetro (cm)	21.7±11.7	23.8±12.5
Nivel de descomposición	3.3±1.5	2.7±0.9

Variable	Sitio de descanso (n=11)	Sitio aleatorio (n=31)
Cobertura de suelo (%)		
Hierba	6.3±8.8	4.1±5.7
Pasto	15.1±15.0	20.6±13.6
Hojarasca	45.6±16.5	43.7±13.3
Arbusto	1.4±1.7	3.3±5.0
Suelo desnudo	3.9±3.0	5.2±6.5
Roca	21.8±17.3	12.7±13.1
Material leñoso	6.0 ±5.9	10.4±7.5

*El porcentaje se refiere al número de sitios. NE= Noreste, BEP= Bosque de encino-pino.

Cuadro 1.6. Medias y desviaciones estándar de las variables evaluadas por tipo de sitio en el hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) de la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Variable	Sitios reproductivos (n=5)	Sitios no reproductivos (n=6)	Sitios aleatorios (n=31)
Elevación (msnm)	2627.6±182.7	2500.5± 101.9	2563.3±125.4
DAP de los árboles de percha (cm)	43.6±27.8	32.5±12.3	35.7±12.2*
Densidad de árboles ha ⁻¹	557.3±9.4	324.8±3.9	391.7±5.3
DAP de los árboles muertos caídos (cm)	25±8	19.8±13.1	23.8±12.5

*Diámetro a la altura del pecho de percha simulada. DAP= Diámetro a la altura del pecho.

En los sitios de descanso y aleatorios se identificaron 27 especies de plantas arbóreas. Sin embargo, las más sobresalientes con un IVI acumulado de 59.7% en los sitios de descanso fueron *Quercus rugosa* Née, *Quercus sideroxyla* Bonpl, *Quercus obtusata* Bonpl, *Arbutus* sp. *Pinus chihuahuana* Engelman, *Pinus cembroides* Zucc y (Cuadro

1.7). En los sitios aleatorios las especies con un IVI acumulado de 69.7% fueron *Quercus sideroxylla* Bonpl., *Pinus chihuahuana* Engelman, *Quercus rugosa* Née., *Juniperus* sp., *Quercus resinosa* Liebm., *Arbutus* sp. y *Quercus potosina* Trel. (Cuadro 1.8). En México, los encinos son un componente muy común e importante en el hábitat del tecolote moteado mexicano (Tarango *et al.*, 1997; Young *et al.*, 1998; Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2002 y Palma-Cancino *et al.*, 2014), ya que éstos le proporcionan al TMM condiciones de temperatura adecuadas para descansar, anidar, desarrollar sus polluelos y como sitios de alimentación (Márquez *et al.*, 2002). En el presente estudio, el número de especies arbóreas encontradas en los sitios de descanso fue muy superior (20 vs 7 especies) al encontrado en los sitios de descanso en Chihuahua (Tarango *et al.*, 1997) y en los sitios de descanso de Zacatecas (20 vs 4) (Palma-Cancino *et al.*, 2014). En esta investigación se demuestra que los encinos son importantes para *S. occidentalis lucida*; sin embargo, las otras especies arbóreas registradas en el hábitat del TMM contribuyen también a proveer condiciones estructurales y ambientales requeridas por esta especie.

Cuadro 1.7. Índice de Valor de Importancia de las especies arbóreas registradas en los sitios de descanso del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Familia	Especie	IVI	%
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née.	44.5	14.8
	<i>Quercus sideroxylla</i> Bonpl.	39.5	13.2
	<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	28.1	9.4
Ericaceae	<i>Arbutus</i> sp.	22.6	7.5
Pinaceae	<i>Pinus chihuahuana</i> Engelman.	22.2	7.4
	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	22.1	7.4
Fagaceae	<i>Quercus potosina</i> Trel.	18	6
Rosaceae	<i>Prunus rhamnoides</i> Koehn.*	16.5	5.5
Cupressaceae	<i>Juniperus</i> sp.	14.9	5
Pinaceae	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	12.6	4.2
Fagaceae	<i>Quercus eduardi</i> Trel.	12.4	4.1
Clethraceae	<i>Clethra hartwegii</i> Briton.*	10.5	3.5

Familia	Especie	IVI	%
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> subs. <i>Arguta</i> (Schltdl.) Furlow.*	5.4	1.8
Fagaceae	<i>Quercus viminea</i> Trel.	5.3	1.8
Pinaceae	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltdl.*	4.8	1.6
	<i>Pinus</i> sp.	4.3	1.4
Scrophulariaceae	<i>Buddleia cordata</i> Kunth.*	4.2	1.4
Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth.	4.1	1.3
Fagaceae	<i>Quercus laeta</i> Liebm.*	3.9	1.3
Ericaceae	<i>Arbutus bicolor</i> S. S. González, M. González, M. González & P.D Sorenson.	3.8	1.3
		300	100

*Especies no encontradas en sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*).

Cuadro 1.8. Índice de Valor de Importancia de las especies arbóreas registradas en los sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Familia	Especie	IVI	%
Fagaceae	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	53.0	17.6
Pinaceae	<i>Pinus chihuahuana</i> Engelmann	37.5	12.5
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	30.7	10.2
Cupressaceae	<i>Juniperus</i> sp.	24.1	8.0
Fagaceae	<i>Quercus resinosa</i> Liebm.*	22.7	7.5
Ericaceae	<i>Arbutus</i> sp.	21.0	7.0
Fagaceae	<i>Quercus potosina</i> Trel.	20.9	6.9
	<i>Quercus eduardi</i> Trel.	16.1	5.3
	<i>Quercus candicans</i> Née.*	15.6	5.2
	<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	9.3	3.1
Pinaceae	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	7.8	2.6
Ericaceae	<i>Arbutus bicolor</i> S. S. González, M. González, M. González & P.D Sorenson.	6.1	2.0

Familia	Especie	IVI	%
Pinaceae	<i>Pinus sp.</i>	5.9	1.9
Meliaceae	<i>Cedrela dugesii</i> S. Wats.*	5.8	1.9
Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	4.5	1.5
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	4.2	1.4
Fagaceae	<i>Quercus viminea</i> Trel.	2.9	0.9
	<i>Quercus praeco</i> Trel.*	2.8	0.9
	<i>Quercus durifolia</i> Seemen.*	2.8	0.9
Pinaceae	<i>Pinus lumholtzii</i> B.L. Rob. & Fernald.*	2.6	0.8
Fagaceae	<i>Quercus scytophylla</i> Liebm.*	2.6	0.8
		300	100

*Especies no encontradas en sitios de descanso del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*).

Además, se identificaron 15 especies de arbustivas y 14 especies de herbáceas, en los sitios de descanso y sitios aleatorios (Cuadro 1.9).

Cuadro 1.9. Especies arbustivas y herbáceas registradas en los sitios de descanso y aleatorios del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Familia	Especie arbustiva
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth *
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. *
Asteraceae	<i>Brickellia oliganthes</i> (Less.) A Gray
Asteraceae	<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltld. *
Scrophulariaceae	<i>Buddleia cordata</i> Kunth *
Asparagaceae	<i>Dassylirium</i> sp.
Cistaceae	<i>Helianthemum</i> sp.
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth
Caprifoliaceae	<i>Lonicera pilosa</i> (Kunth) Spreng.
Fabaceae	<i>Painteria leptophylla</i> (DC.) Britton & Rose
	<i>Rhamnus microphylla</i> Humb. & Bonpl. Ex
Rhamnaceae	Schult
Asteraceae	<i>Stevia lucida</i> Lag *

Familia	Especie arbustiva
Asteraceae	<i>Stevia</i> sp.
Asparagaceae	<i>Yucca</i> sp. *
Herbácea	
Apocynaceae	<i>Asclepias notha</i> W.D. Stevens
Fabaceae	<i>Dalea</i> sp. *
Asteraceae	<i>Parthenium</i> sp. *
Plantaginaceae	<i>Penstemon roseus</i> (Cerv. ex Sweet) G. Don. **
Plantaginaceae	<i>Penstemon</i> sp.
Asteraceae	<i>Pippenalia delphiinifolia</i> (Rydb.) McVaugh *
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium semilanatum</i> (DC.) Anderb. *
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium</i> sp.
Asteraceae	<i>Roldana sessilifolia</i> (Hook. & Arn.) H. Rob. & Brettell *
Lamiaceae	<i>Salvia microphylla</i> Kunth *
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp.
Asteraceae	<i>Senecio chapalensis</i> S. Watson
Vervenaceae	<i>Verbena</i> sp. *
Asteraceae	<i>Verbesina</i> sp.

*Especies no encontradas en sitios de descanso del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*).

** Especie no presente en sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*).

El índice de Shannon-Wiener para las especies arbóreas fue mayor para los sitios de descanso; sin embargo, las especies arbustivas y herbáceas fueron más frecuentes en los sitios aleatorios (Cuadro 1.10).

Cuadro 1.10. Diversidad de especies por estrato, para sitios de descanso (SD; n=11) y sitios aleatorios (SA; n=31) del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

	Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo	
	SD	SA	SD	SA	SD	SA
No. de individuos	147	380	185	1093	97	376
No. de especies	20	21	9	15	7	13

	Arbóreo		Arbustivo		Herbáceo	
	SD	SA	SD	SA	SD	SA
Índice de Shannon-Wiener	2.41	2.09	1.92	2.19	1.58	2.01

El Cuadro 1.11, presenta los valores de Coeficiente de Semejanza de Jaccard (Cj) y Sorensen (Cs) de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, considerando los sitios de descanso y sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) como ecosistema A y ecosistema B, respectivamente, conforme a la fórmula de los índices ya mencionados.

Cuadro 1.11. Coeficiente de semejanza de Jaccard (Cj) y Sorensen (Cs) para sitios de descanso y sitios aleatorios del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Estrato	No. de especies			Coeficiente de semejanza	
	Sitios de descanso n=11	Sitios aleatorios n=31	Especies compartidas	Jaccard	Sorensen
Arbóreo	20	21	14	0.51	0.68
Arbustivo	9	15	9	0.6	0.75
Herbáceo	7	13	6	0.42	0.6

Para sitios de descanso se registraron 36 especies de plantas de las cuales las arbóreas fueron 55.5%, arbustivas 25% y herbáceas 19.4%, y para los sitios aleatorios se identificaron 49 especies vegetales de las cuales, arbóreas representaron el 42.8%, arbustivas 30.6% y herbáceas 26.5%. Estos resultados difieren con lo encontrado por Palma-Cancino *et al.* (2014) quienes registraron mayor cantidad de herbáceas en sitios de descanso y aleatorios. Además, ellos encontraron una similitud de especies vegetales baja entre los sitios de descanso y los sitios aleatorios, tanto para el índice de Jaccard como para el índice de Sorensen (0.125 y 0.285; respectivamente) a diferencia del presente trabajo.

El mejor modelo de regresión *Poisson* presentó un AIC= a 87.541 y sus resultados sugieren que seis variables biológicas presentaron la mayor asociación con la presencia de *S. o. lucida* sobresaliendo las variables diámetro a la altura del pecho del árbol de percha, cobertura arbustiva del suelo y la altura del árbol de percha (Cuadro 1.12). Esta información es congruente con los resultados obtenidos para esta especie (Seamans *et al.*, 1995; Hathcock y Haarmann, 2008; Willey y Van-Riper III, 2014).

El ACS muestra una asociación entre las frecuencias de *S. o. lucida* y las variables biológicas categóricas identificadas como variables significativas en el ARP. Las dimensiones consideran el 36.15% de la inercia total e identifican una asociación de los tecolotes en tres conjuntos de variables biológicas categóricas (Figura 1.3).

Cuadro 1.12. Resultados del análisis de Regresión *Poisson* entre las variables biológicas de los sitios de descanso y aleatorios con la presencia de tecolotes moteados mexicanos (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Coeficientes	Estimados	Error estándar	Valor de Z	Pr(> z)
(Intercept)	-1.39419	1.01806	-1.369	0.170856
Altura de árboles	0.3229	0.13851	2.331	0.019737
Altura del árbol de percha	-0.47593	0.1426	-3.338	0.000845
Altura de la rama de percha	0.47834	0.19457	2.458	0.013954
Cobertura del suelo arbustiva	-0.6881	0.20247	-3.399	0.000677
DAP del árbol de percha	0.0571	0.01471	3.882	0.000104
Cobertura del suelo material leñoso	-0.12419	0.04953	-2.507	0.012166

El primer conjunto agrupa a cinco sitios de descanso y los relaciona con las variables categóricas siguientes: a) altura de árbol de percha alta (AapA), b) altura de percha alta (ApA), altura de árboles alta (AaA). El segundo conjunto agrupa un solo sitio de percha relacionado con: a) altura de percha baja (ApB), b) altura de árboles baja (AaB), c) altura de árbol de percha baja (AapB), d) diámetro a la altura del pecho del árbol de percha baja (DAPapB). El tercer conjunto que agrupa a cinco sitios de descanso se relaciona con: a) diámetro a la altura del pecho del árbol de percha media (DAPapM), b) altura de árbol de percha media (AapM), altura de árboles media (AaM), c) altura de percha media (AdpM) y d) presencia de arbustos nula (ArbN) (Figura 1.3). Los conjuntos 1 y 3 definen la preferencia de los tecolotes por altura de árboles de percha, altura de percha y altura de árboles de media a alta, así como el diámetro a la altura del pecho del árbol de percha media, sobresaliendo la variable categórica presencia de arbustos nula. Las características descritas confirman los requerimientos del TMM, pero preocupa la baja o nula presencia de arbustos en el hábitat del tecolote moteado (Cuadro 1.5), los cuales, al igual que las herbáceas contribuyen con la presencia y disponibilidad de presas para esta especie (Block *et al.*, 2005; Bond *et al.*, 2009).

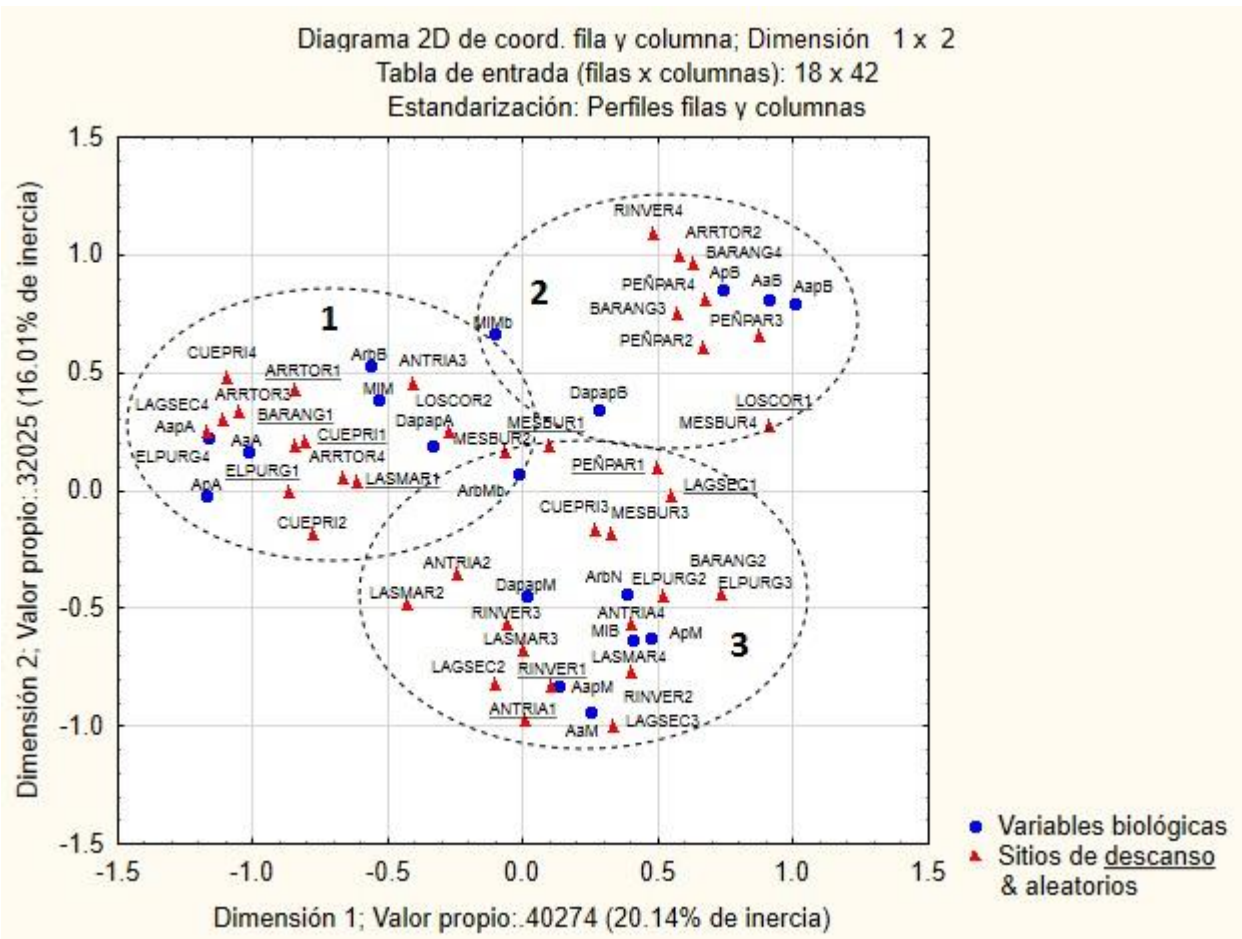


Figura 1.3. Representación dimensional del ACS entre las frecuencias de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) y las variables biológicas categóricas del hábitat en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Los resultados del análisis Kruskal-Wallis, no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las variables biológicas, identificadas como significativas por la Regresión *Poisson*, entre los sitios de descanso y aleatorios (Cuadro 1.13). En Estados Unidos es muy común que se encuentren diferencias significativas entre las variables evaluadas de los sitios de descanso o anidación, comparadas con las de los sitios aleatorios. Los resultados de Kruskal-Wallis indicaron dos posibilidades: a) que las condiciones generales del hábitat utilizado por el TMM para descansar y forrajear son muy similares y además adecuado para cubrir sus requerimientos o b) que el hábitat del TMM haya

sido modificado a través de aprovechamientos forestales, por el control de plagas forestales o por malas prácticas en el manejo del ganado.

Cuadro 1.13. Resultados de los análisis de Kruskal-Wallis para las variables biológicas derivadas del ARP para los sitios de descanso y aleatorios de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México (2015-2016).

Variable	ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
Altura de árboles	33.761	36	0.5755
Cobertura del suelo arbustiva	9.5711	9	0.3863
Cobertura del suelo material leñoso	17.1371	15	0.3107
Altura del árbol de percha	27.326	23	0.2423
DAP árbol de percha	38.6602	36	0.3504
Altura de la rama de percha	21.3886	18	0.2603

En cuatros sitios de descanso (n=3 en Aguascalientes, y n=1 en Durango), los tecolotes también hicieron uso de cuevas para perchar (Anexo 4). Estas cuevas tuvieron las siguientes estimaciones de sus dimensiones: a) Largo de la cueva (1.8 ± 1.3 m), b) ancho de la cueva (0.7 ± 0.2 m), c) profundidad de la cueva (1.3 ± 0.5 m), d) altura de la superficie del suelo a la base de la cueva (4.7 ± 1.8 m), e) altura de la parte superior de la cueva hacia la parte final del macizo rocoso (3.2 ± 1.4 m) y f) altura total del macizo rocoso (10.2 ± 1.5 m). En México el uso de sitios en acantilados rocosos por el TMM es común en el norte y centro de México (Tarango *et al.*, 1997; Márquez *et al.*, 2002; Palma-Cancino *et al.*, 2014). Dependiendo de las características del paisaje, esta especie muestra una habilidad para seleccionar componentes específicos de su hábitat; por ejemplo, en Utah

utiliza los cañones rocosos de las zonas áridas (Willey y Van-Riper III, 2015) en donde el ancho promedio de estos cañones fue de 68.6 ± 8.2 m, la altura de los acantilados de 77 ± 10.9 m y la altura promedio de percha en ambientes rocosos fue de 17.2 ± 2.2 m (Willey y Van-Riper III, 2015), y que la altura promedio de las perchas en cuevas fue de 4.7 m. Adicionalmente, Mullet *et al.* (2010) también reportan el uso de cañones angostos de las zonas áridas de Nuevo México y Texas donde la cobertura del dosel, el porcentaje de árboles jóvenes y la cobertura de la variable roca en los sitios de descanso y anidación, fueron mayores que las encontradas en los sitios aleatorios.

Los estudios para esta especie en México y en los Estados Unidos, demuestran que el tecolote moteado mexicano selecciona preferentemente ambientes forestales templados (Ganey y Balda, 1994; Tarango *et al.*, 1997, Young *et al.*, 1998; Peery *et al.*, 1999; Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2002; Palma-Cancino *et al.*, 2014; Willey y Van-Riper III., 2015) prefiriendo las asociaciones encino-pino y pino encino. Asimismo, se ha demostrado su habilidad para utilizar una diversidad de microambientes para descansar, anidar, migrar o forrajear (Block *et al.*, 2005; Willey y Van-Riper III, 2014; Willey y Van-Riper III, 2015). Sin duda, las condiciones estructurales de los ecosistemas en los que reside *S. occidentalis lucida* son importantes; sin embargo, otros componentes de su hábitat como el espacio y fuentes de alimentos son también importantes para su supervivencia; un ejemplo lo constituye la cobertura arbustiva y de herbáceas que promueven condiciones para la presencia de presas (Young *et al.*, 1998; Block *et al.*, 2005). Por ello, es importante manejar el bosque para proveer condiciones apropiadas para descansar y anidar y para el desarrollo y disponibilidad de las presas de las cuales depende. Al respecto, se ha demostrado que las áreas en donde se ha utilizado el fuego prescrito ha incrementado la diversidad y biomasa de presas preferidas por el tecolote y que la generación de hábitats de orilla también beneficia a esta especie (Ganey *et al.*, 2014). En México, el uso del fuego prescrito como una herramienta de manejo no se practica, y aunque se lleva un aprovechamiento forestal selectivo, éste no crea hábitat de orilla; por el contrario, éste se centra en seleccionar árboles que proporcionan mayor volumen de madera y no importa si éstos se localizan cerca de los sitios de descanso

del tecolote. Por ejemplo, el 19 de junio de 2016, se efectuó aprovechamiento forestal a 300m del sitio de descanso reproductivo ubicado en Chalchihuites, Zacatecas, el cual consistió de una pareja y un polluelo; asimismo, a 50 m del mismo sitio, se tenía marcado y programado el aprovechamiento de un pino de una altura de 16 m y un DAP de 37.2 cm. Éstos aprovechamientos además de que eliminan componentes arbóreos importantes para el TMM, le provocan estrés por el ruido de las motosierras, de las personas y camiones de carga. Desafortunadamente, esta situación ocurre en la mayor parte del rango de distribución del tecolote ya sea por aprovechamientos forestales, por acciones de recolecta de leña que afecta la composición de la cobertura del suelo, o por labores de control sanitario del bosque. Afortunadamente, los encinos son menos atractivos que los pinos para el aprovechamiento forestal y son talados en menor proporción.

Para manejar mejor el TMM en México es necesario implementar medidas de conservación considerando como lo proponen Peery *et al.* (1999), reservar un espacio de aproximadamente 235 ha (124.2 ha de coníferas mixtas y 11.6 ha de pino) alrededor de los sitios de descanso; sin embargo, en México existe un divorcio entre los manejadores de fauna silvestre y los técnicos forestales (Valdez *et al.*, 2006). Sin duda, México representa una gran oportunidad para estudiar las capacidades adaptativas del TMM a ambientes forestales alterados y degradados; en este proceso, se requiere saber sus requerimientos de espacio, el cual se supone que, por las condiciones de su hábitat en México, este requerimiento será mayor al reportado por Willey y Van-Riper III (2014) en los Estados Unidos, el cual varía entre 70 y 1160 has.

Aunque pudiera pensarse que los once sitios de descanso evaluados es un número bajo, se asignó un esfuerzo significativo para lidiar con dos limitantes fundamentales para desarrollar estudios sobre el TMM: 1) la inseguridad social que prevalece en las zonas rurales y más aún en las zonas forestales próximas al hábitat del TMM y 2) el tipo de propiedad en la mayor parte del hábitat del TMM, el cual es privado y generalmente es difícil obtener el acceso.

1.6. CONCLUSIONES

En este estudio, se localizaron 29 tecolotes en 11 sitios de descanso con un promedio 2.6 tecolotes/sitio. Los tecolotes percharon en encinos y en su mayoría se localizaron en los tipos de vegetación encino-pino y encinos. En los sitios de descanso se registraron 21 especies arbóreas, pero las que presentaron el Índice de valor de importancia (IVI) mayor fueron los encinos. Asimismo, se identificaron 15 especies arbustivas y 14 de herbáceas considerando en el hábitat del tecolote moteado (sitios de descanso y sitios aleatorios).

El tecolote prefirió descansar en laderas con exposición de la pendiente noreste y norte, en ramas orientadas en su mayoría hacia el norte y todos en áreas con tres estratos de vegetación y en el 36% de los sitios de descanso, los tecolotes utilizaron cuevas para descansar. Los sitios de descanso del TMM se ubicaron en áreas más inclinadas, y presentaron mayor cobertura de dosel, de hojarasca y rocas que los sitios aleatorios. Asimismo, la densidad de árboles vivos y muertos en los sitios de descanso fue mayor que la de los aleatorios. Los árboles de percha tuvieron una altura promedio de 10.5 m, un diámetro de 37.6 cm y percharon comúnmente a una altura de 6.2 m. Los sitios de descanso reproductivos se ubicaron en áreas más elevadas con una mayor densidad de árboles, con árboles de percha de mayor diámetro y árboles muertos sobre la superficie del suelo de mayores dimensiones que los encontrados en los sitios de descanso no reproductivos o aleatorios. Las variables que más explicaron la presencia del tecolote en el área de estudio fueron el DAP del árbol de percha, cobertura arbustiva del suelo y la altura del árbol de percha.

1.7. LITERATURA CITADA

- Academic SAS Institute Inc. 2008. JMP IN Version: Statistics for the Apple Macintosh. Statistics and Graphics Guide. Academic SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Akaike, H. 1969. Fitting autoregressive models for predictions. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*. 21:243- 247.
- AOU (American Ornithologists' Union). 2011. Checklist of North American Birds. Disponible en: www.aou.org/checklist/north/print.php (acceso en mayo de 2017).
- Barrowclough, G. F. and Gutiérrez. R.J. 1990. Genetic variation and differentiation in the Spotted Owl (*Strix occidentalis*). *Auk* 107:737-744.
- Barrowclough, G. F., Gutierrez, R. J. and Groth. J. G. 1999. Phylogeography of Spotted Owl (*Strix occidentalis*) populations based on mitochondrial DNA sequences: gene flow, genetic structure, and a novel biogeographic pattern. *Evolution*, vol. 53, no. 3, pp. 919-931.
- Barrowclough, G. F., Groth, J. G., Mertz, L. A. and Gutiérrez. J. 2006. Genetic structure of Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida*) population in a fragmented landscape. *The Auk*, 123(4): 1090-1102.
- Barrows, C. W. 1981. Roost Selection by Spotted Owls: An adaptation to heat Stress. *The Cooper Ornithological Society. Condor*. 83:302-309.
- Block, W. M., Ganey, J. L., Scott, P. E. and King, R. 2005. Prey ecology of Mexican Spotted Owls in pine-oak forests of northern Arizona. *Journal of Wildlife Management* 69:618–629.
- Bond, M. L., Seamans, M. E. and Gutiérrez, R. J. 2004. Modeling Nesting habitat selection of California Spotted Owls (*Strix occidentalis occidentalis*) in the Central Sierra Nevada using standard forest inventory metrics. *Forest Science* 50 (6).
- Bond, M. L., Lee, D. E., Siegel, R. B., Wars, J. P. 2009. Habitat use and Selection by California Spotted Owls in a Postfire Landscape. *The Journal of Wildlife Management*, 73(7):1116–1124.
- Bowden, T. S. Ferguson, J. M., Ward, R. V., Taper, M. L. and Willey, D. W. 2015. Breeding Season Home Range and Habitat use of Mexican Spotted Owls (*Strix*

- occidentalis lucida*) Below the South Rim of Grand Canyon National Park. The Wilson Journal of Ornithology. 127(4):678-689.
- Bravo-Vinaja, M. G., Tarango, L. A., Clemente, F., Mendoza, G. D., Alcántara, J. L. y Soto-Aquino, H. V. 2005. Composición y variación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Valparaíso, Zacatecas, México. Agrociencia, 39: 509-515. 2005.
- Canfield, R. H. 1941. Application of the line intercept method in sampling range vegetation. Journal of forestry 39:388-394.
- Carey, A. B., Horton, S. P. and Biswell, B. L. 1992. Northern Spotted Owls: Influence of prey base and landscape character. Ecological Monographs 62:223–250.
- Cottam, G., and Curtis, J. T. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology, 37:451-460.
- Dawson, W. R., Ligon, J. D., Murphy, J. R., Myers, J. P., Simberloff, D. and Verner, J. 1987. Report of the scientific advisory panel on the spotted owl. The Condor 89:205-229.
- De la Riva, H. G. 2006. Colección Mastozoológica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. En: C. Lorenzo, E. Espinoza, M. Briones y F. Cervantes (Eds.) Colecciones Mastozoológicas de México (pp. 211-220). UAA. México.
- De La Riva, H. G. y Ruíz Esparza, F. V. 2008. V. Capítulo 3. Biodiversidad. 3.17 Aves. En: CONABIO. La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado, pp. 148-161.
- DRBLM (Dirección de la Reserva de la Biosfera La Michilía. 2004. Plan Rector de las Microcuencas de la Reserva de la Biosfera La Michilía. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Durango, Dgo. México. 137pp.
- Forsman, E. D. 1983. Methods and materials, for locating and studying Spotted Owls. Gen. Tech. Rep. PNW-162. Portland, OR: US. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station.
- Ganey, J. L. 1990. Calling behavior of spotted owls in northern Arizona. The condor 92:485-490.

- Ganey, J. L. Balda, R. P. and King, R. M. 1993. Metabolic rate and evaporative water loss of Mexican Spotted and great Horned Owls. *Wilson Bull.*, 105(4), 1993, pp. 645-656.
- Ganey, J. L. and Balda. R. P. 1994. Habitat selection by Mexican Spotted Owls in Northern Arizona. *The Auk* 11 (1): 162-169.
- Ganey, J. L., Block, W. M., Dwyer, J. K., Strohmeier, B. E. and Jenness, J. S. 1998. Dispersal Movements and Survival rates of juvenile Mexican Spotted Owls in Northern Arizona. *Wilson bull.*, 110 (2) pp. 206-217.
- Ganey, J. L., Block, W. M. and King, R. M. 2000. Roost sites of Radio-Marked Mexican Spotted Owls in Arizona and New Mexico: Sources of Variability and Descriptive Characteristics. *J. Raptor Res*, 34 (4): 270-278.
- Ganey, J. L., Block, W. M. and Ackers, H. 2003. Structural Characteristic of forest Stands Within Home Ranges of Mexican Spotted Owls in Arizona and New Mexico. *Wester journal of Applied Forestry*, 18 (3).
- Ganey, J. L., Block, W. M., Ward, J. P. and Strohmeier, B. E. 2005. Home range, habitat use, survival, and fecundity of Mexican Spotted Owls in The Sacramento Mountains, New Mexico. *The Southwester Naturalis* 50 (3): 323- 333.
- Ganey, J. L., Apprill, D. L., Rawlinson, T. A., Kyle, S. C., Jonnes, R. S., Ward, J. P. Jr. 2013. Nesting habitat of Mexican Spotted Owls in Sacramento Mountains, New Mexico. *The Journal of Wildlife Management*. 77(7): 1426-1435.
- Ganey, J. L., Kyle, S. C., Rawlinson, T. A., Apprill, D. L. and Ward, J. P. 2014. Relative abundance of small mammals in nest core áreas and burned wintering áreas of Mexican Spotted Owls in the Sacramento Mountains, New Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology* 126(1):47-52.
- Garza Herrera, 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.

- González-Elizondo, S., González-Elizondo, M. y Cortés-Ortiz, A. 1993. Vegetación de la Reserva de la Biosfera "La Michilia", Durango, México. *Acta Botánica Mexicana* 22:1-104.
- Gutiérrez, R.J., Franklin A.B. and Lahaye. W.S. 1995. Spotted Owl. pp. 1-27. In: *The Birds of North America*, no. 179. A. Poole, P. Stettenheim y F. Gill (Eds.). Philadelphia: The Academy of Natural Sciences; Washington, DC; The American Ornithologists' Union.
- Gutiérrez, R. J., Cody, M., Courtney, S. and Franklin, A. B. 2007. The invasion of Barred Owls and its potential effect on the Spotted Owl: a conservation conundrum. *Biol. Invasions*, 9: 181-196.
- Hathcock, C. D. and Haarmann, T. K. 2008. Development of a predictive model for hábitat of the Mexican Spotted Owl in Northern New Mexico. *The Southwestern Naturalist* 53(1): 34-38.
- Haig, S. M., Mullins, T. D., Forsman, E. D. 2004. Subspecific Relationships and Genetic Structure in the Spotted Owl. *Conservation Genetics*, 5: 683-705.
- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). Secretaría de Gobernación. 2010a. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Chalchihuites, Zacatecas. Disponible: www.gob.mx/inafed (acceso en marzo de 2017).
- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). Secretaría de Gobernación. 2010b. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Nochistlán de Mejía, Zacatecas. Disponible: www.gob.mx/inafed (acceso en marzo de 2017).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (en línea). 2010a. Compendio de información geográfica municipal. Súchil, Durango, clave geostadística 10033. Disponible: www.inegi.gob.mx (acceso en marzo de 2017).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (en línea). 2010b. Compendio de información geográfica municipal. Nochistlán de Mejía, Zacatecas, clave geostadística 32034. Disponible: www.inegi.gob.mx (acceso en marzo de 2017).

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (en línea). 2010c. Compendio de información geográfica municipal. Chalchihuites, Zacatecas, clave geostadística 32009. Disponible: www.inegi.gob.mx (acceso en marzo de 2017).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (en línea). 2010d. Compendio de información geográfica municipal. San José de Gracia, Aguascalientes, clave geostadística 01008. Disponible: www.inegi.gob.mx (acceso en marzo de 2017).
- Magurran, A. 1988. Ecology diversity and its measurement. New Jersey. Princeton. 179 p.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity. Trans. Conn.acad.arts Sci. 44: 211-235 p.
- Márquez, O. M. 2002. Determinación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Sierra Fría, Aguascalientes. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 73 (2): 205-211.
- Márquez, O. M., Tarango, L. A., Mendoza. M. G. 2002. Caracterización de hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida* (X) Nelson, 1903) en Sierra Fría, Aguascalientes. Agrociencia, 36-5, 541:546.
- Mullet, T. C. and Ward, J. P. Jr. 2010. Microhabitat features at Mexican Spotted Owl nest and roost sites in the Guadalupe Mountains. Journal of Raptor Research 44:277–285
- Navarro, A. y Tarango, L. 2000. *Strix occidentalis* Xantus, 1859. p. 242-246. In: G. Ceballos y L. Márquez (eds.). Las aves de México en peligro de extinción. CONABIO, México, D.F.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Townssend Peterson, A., Berlanga-García, H. y Sánchez-González. L.A. 2014. Biodiversidad de aves de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S476-S495.
- Palma-Cancino, D. Y. Tarango, L. A. Ugalde, S. Alcántara, J. L. Ángeles, G. Ramírez, G. Martínez, J. L. 2014. Hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, México. Agroproductividad, vol. 7. (4):3-9.

- Peery, M. Z., Gutierrez, R. J. and Seamans, M. E. 1999. Habitat composition and configuration around Mexican Spotted Owl nest and roost sites in the Tularosa Mountains, New Mexico. *The Journal of Wildlife Management*, pp. 36-43.
- R- version 3.3.1 (2016-06-21) Copyright© 2016 The R Foundation for statistical Computing.
- Seamans, M. E. and Gutiérrez. R. J. 1995. Breeding hábitat of the Mexican Spotted Owl in the Tularosa Mountains, New Mexico. *The Condor* 97:944-952.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059 SEMARNAT- 2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio Lista de especies en riesgo. Poder Ejecutivo Federal.
- Solis, D. M., Gutiérrez R. J. 1990. Summer habitat ecology of Northern Spotted Owls in Northwestern California. *The Condor* 92, 739-748.
- Sosa, Ramírez, J., Solís Cámara, A. B., Jiménez Sierra, C. L., Íñiguez Dávalos, L. I., Ortega-Rubio, A. 2014. Manejo del área natural protegida Sierra Fría, Aguascalientes: situación actual y desafíos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 60, 71-77, 2014.
- Timm, B. C. and McGarigal, K. 2016. Multi-scale Mexican Spotted Owl (*Stix occidentalis lucida*) nest/root habitat selection in Arizona and comparison with single-scale modeling results. *Landscape Ecol.* Springer.
- Tarango, L. A., Valdez, R., Zwank, P. J. and Cardenas, M. 1997. Mexican Spotted Owl Habitat Characteristics in Southwestern Chihuahua, México. *The Southwestern Naturalist* 42(2): 132-136.
- Tarango, L. A., Valdez, R., Clemente, F. and Mendoza, G. 2001. Roost site characteristics of Mexican Spotted Owl in Sierra Fría, Aguascalientes, México. *J. Raptor Research*. 35: 165-168.
- U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service. 1995. Recovery Plan for the Mexican Spotted Owl: Vol. I. Albuquerque, New México. 172pp.

- 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. <http://www.fws.gov>. (acceso en enero de 2015).
- Valdez, R. Guzman-Aranda, J. C., Abarca, F. J., Tarango-Arámula, L. A., Clemente, F. 2006. Wildlife Conservation and Management in Mexico. Wildlife Society Bulletin, 34 (2).
- Ward, J. P., Franklin, A.B., Rinkevich, S. E. and Clemente. F. 1995. Chapter 1: Distribution and abundance of Mexican spotted owls. Pp. 1-14 in Recovery plan for the Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida*), volume II. USDI Fish and Wildlife Service, Albuquerque, New Mexico, USA. Disponible en: <http://mso.fws.gov/recovery-plan.htm>
- Ward, J. P., Gutierrez, R. J. and Noon, B. R. 1998. Habitat selection by Northern Spotted Owls: The consequences of prey selection and distribution. Condor 100:79–92
- Willey, D. W. & Van Riper III, C. 2014. Home range Characteristics of Mexican Spotted Owls in the Rincon Mountains, Arizona. The Wilson Journal of Ornithology. 126(1):53-59.
- Willey, D. W. and Zambon, M. 2014. Predicting occurrence of Mexican Spotted Owls in arid Canyonlands of Southern Utah. Journal Raptor Research. 48 (2): 118-127.
- Willey, D. W. and Van-Riper III, C. 2015. Roost habitat of Mexican Spotted Owls (*Strix occidentalis lucida*) in the Canyonlands of Utah. The Wilson Journal of Ornithology. 127 (4):690-696.
- Young, K. E., Zwank, P. J., Valdez, R., Dye, J. L. And Tarango, L. A. 1997. Diet of the Mexican Spotted Owls in Chihuahua and Aguascalientes, México. Journal Raptor Research, 31: 376-380.
- Young, K. E., Valdez. R., Zwank, P. J., Gould, W. R. 1998. Density and Roost site Characteristics of Spotted Owls in the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico. The Condor. 100:732-736.

2. CAPITULO II. RELACIÓN FILOGENÉTICA DEL TECOLOTE MOTEADO MEXICANO (*Strix occidentalis lucida*) EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MÉXICO.

2.1. RESUMEN

El tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) es un ave depredadora nocturna, de tamaño mediano, presenta dimorfismo sexual invertido, es monógama y con una larga vida. Es una especie amenazada que en México habita bosques de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico Transversal. Los pocos estudios que se han realizado sobre la especie en México, se refieren solo a la selección de su hábitat y composición de dieta. Por ello, los objetivos de este estudio fueron obtener las medidas morfométricas, caracterizar los componentes genéticos y estimar la relación filogenética de poblaciones de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México. Durante abril-julio 2016, se capturaron cuatro ejemplares de tecolote, los cuales se pesaron y midieron. Asimismo, para caracterizar los componentes genéticos y estimar la relación filogenética de los individuos capturados, se extrajeron muestras de sangre de la vena branquial para la obtención del ADN mitocondrial, el que se amplificó y secuenció. Con las secuencias obtenidas, se calculó el número de sitios conservados y sitios variables y se estimó la composición nucleotídica y distancias genéticas entre individuos; se calculó el número de sitios polimórficos (S); número de haplotipos identificados (Hi); la diversidad haplotípica (H) y la diversidad nucleotídica (π). Se utilizó la prueba de neutralidad Tajima's D , como indicador de cambios históricos de expansión poblacional. También se realizó la prueba "Mismatch distribution" para medir el tamaño poblacional y la diversidad genética observada. Para estimar y comparar la relación filogenética, se construyó un árbol con Máxima Verosimilitud, el cual involucró siete secuencias de nucleótidos. El peso promedio de los ejemplares fue de 492 ± 86.5 cm; su longitud total y envergadura de 40.9 ± 2.2 cm y 98 ± 3.5 cm, respectivamente. Los individuos bajo estudio presentaron haplotipos diferentes, lo que indica que las poblaciones de donde provinieron dichos individuos, probablemente se encuentran aisladas unas de otras, reproductiva y geográficamente; asimismo, los individuos se clasificaron en un solo grupo monofilético que comparte caracteres genéticos y que señala que los individuos estudiados proceden de un ancestro común. Los resultados de este estudio establecen para determinar cambios en la estructura genética de la especie en un futuro.

Palabras clave: ADN, haplotipos, poblaciones, peso, medidas morfométricas.

CHAPTER II. PHYLOGENETIC RELATIONSHIP OF THE MEXICAN SPOTTED OWL (*Strix occidentalis lucida*) IN THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO.

2.2. ABSTRACT

The Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida*) is a medium sized nocturnal predatory bird that has inverted sexual dimorphism, is monogamous and has a long life. It is a threatened species that in Mexico inhabits forests of the Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental and Eje Neovolcánico Transversal. The few studies that have been conducted on the species in Mexico refer only to the selection of its habitat and diet composition. Therefore, the objectives of this study were to obtain the morphometric measurements, characterize the genetic components and to estimate the phylogenetic relationship of populations of Mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*) in the Sierra Madre Occidental, Mexico. During April-July 2016, four owl specimens were collected, which were weighed and measured. To characterize the genetic components and to estimate the phylogenetic relationship of the captured individuals, blood samples were extracted from the branchial vein to obtain the mitochondrial DNA which was amplified and sequenced. With the sequences obtained, the number of conserved sites and variable sites was calculated and the nucleotide composition and genetic distances between individuals were estimated; We estimated the number of polymorphic sites (S); number of identified haplotypes (Hi); Haplotype diversity (H) and nucleotide diversity (π). The Tajima's D neutrality test was used as an indicator of historical changes in population expansion. The "Mismatch distribution" test was also performed to measure the population size and genetic diversity observed. To estimate and compare the phylogenetic relationship, a tree with Maximum Likelihood was constructed, which involved seven nucleotide sequences. The average weight of the specimens was 492 ± 86.5 cm; Its total length and wingspan of 40.9 ± 2.2 cm and 98 ± 3.5 cm, respectively. The individuals under study presented different haplotypes, indicating that the populations from which these individuals came are probably isolated from each other, reproductively and geographically. Likewise, individuals were classified into a single monophyletic group that shares genetic traits and indicates that the individuals studied come from a common ancestor. The results of this study establish the bases to determine changes in the genetic structure of the species in the future.

Key words: DNA, haplotypes, populations, morphometric measurements, weight.

2.3. INTRODUCCIÓN

El Búho manchado o tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*), es una de las tres subespecies de tecolotes moteados (AOU, 2011). Es un ave depredadora nocturna (Block *et al.*, 2005), de tamaño mediano, presenta dimorfismo sexual invertido (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012), es monógama y con una larga vida (Haig *et al.*, 2001). Generalmente esta especie no es migratoria, aunque se sabe que algunos individuos se han desplazado hasta 462 km (Ganey *et al.*, 2013) y con aparentes cambios de elevación durante el invierno (Willey, 1998). El hábitat de *S. o. lucida* se encuentra en cañones y bosques del suroeste de los Estados Unidos y de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico Transversal (Gutiérrez *et al.*, 1995; Ward *et al.*, 1995). Se le encuentra principalmente en cañones rocosos y sistemas montañosos de bosques mixtos de coníferas o encinos (*Pinus* spp. - *Quercus* spp.) (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012). Sin embargo, en Estados Unidos y México *S. occidentalis lucida* es una subespecie amenazada (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012; SEMARNAT, 2010). Willey *et al.* (2015) mencionan que la causa principal de la disminución de sus poblaciones son el aprovechamiento e incendios forestales. Al respecto, Ganey *et al.* (2005) señalaron que entre 1991 y 2000 las poblaciones de tecolotes moteados mexicanos disminuyeron a tasas de entre 4% y 30%.

Estas razones han sido elementos claves para el estudio de la conservación de las especies mediante herramientas moleculares, las cuales se han empleado para conocer la estructura genética, determinar parentescos entre especies o poblaciones, controlar enfermedades, identificar la diversidad y variabilidad genética de individuos, conocer su filogenética, secuenciar genomas y conocer la distribución geográfica de las especies, entre otros. Una de las metodologías más utilizadas ha sido el uso del ADN mitocondrial (ADNmt), ya que esta molécula exhibe características evolutivas intrínsecas y de herencia matrilineal, con escasa recombinación (Vázquez-Domínguez, 2007). Las investigaciones realizadas con esta técnica (ADNmt) son numerosas; por ejemplo, en aves (Smith *et al.*, 2000; Riddle *et al.*, 2000), mamíferos (Uphyrkina *et al.*, 2001; Eizirik

et al., 2001; Ruiz-García *et al.*, 2009; Argüello-Sánchez, 2014), reptiles (Molina Henao *et al.*, 2014) y roedores (Harris *et al.*, 2000; Mora *et al.*, 2013).

Con respecto al tecolote moteado en Estados Unidos, Barrowclough *et al.* (1999) determinaron a través del ADN mitocondrial el flujo de genes, la estructura genética y las relaciones biogeográficas de las tres subespecies de tecolotes moteados, en Oregón, California y Nuevo México. Asimismo, Barrowclough *et al.* (2006) investigaron la estructura genética de las poblaciones de *S. o. lucida* del suroeste de EE. UU. y de dos individuos de México (Zacatecas y Aguascalientes), y sugieren que los individuos mexicanos son similares a los del suroeste de los Estados Unidos. Sobresale la investigación llevada a cabo con tecolote moteado del norte (*Strix occidentalis caurina*) y el Búho barrado (*Strix varia*), sobre todo, por el potencial de hibridación entre estas especies. Para ello, se ha utilizado análisis de ADN de la región de control mitocondrial y polimorfismo de longitud de fragmento amplificado (AFLP; por sus siglas en inglés), para evaluar el flujo génico materno y biparental de este proceso de hibridación (Haig *et al.*, 2004). Además, estos autores mencionan que *S. o. lucida* y *S. varia* (Figura 2. 1), comparten sus rangos de distribución, desde el Noreste de Estados Unidos y el centro de México, lo que podría dar origen a hibridación entre estas dos especies (Figura 2. 2). No obstante, Kroll *et al.* (2010) mencionan que el búho barrado se considera una amenaza significativa para los individuos de *S. o. caurina* y se sabe poco acerca de posibles interacciones competitivas entre *S. varia* y *S. o. lucida*.



Figura 2. 1. Tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) de Zacatecas (Izquierda), búho barrado (*Strix varia*) (Derecha). (Copyright© 2015 by Scott Weidensaul).

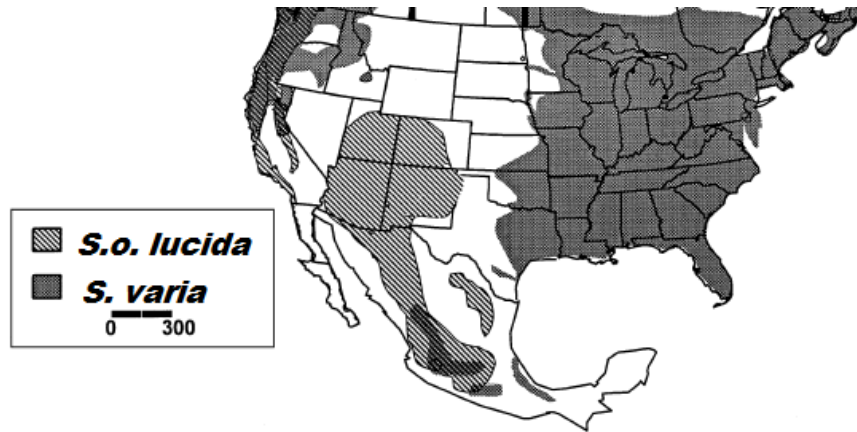


Figura 2. 2. Mapa de distribución de *S. o. lucida* y *S. varia* en EE. UU. y México (Haig et al., 2004).

Hernández-Baños *et al.* (2007) mencionan que las aves son uno de los grupos que más se utilizan para estudios filogeográficos. Además, éstas han sido investigadas desde una perspectiva filogenética, ya que se ha descubierto gran variedad de patrones de ADNmt (Avice, 2000). La filogeografía se define como la disciplina que estudia los principios y procesos que rigen la distribución geográfica de los linajes genealógicos (Avice 1998; 2000). Esta se ha utilizado para entender el lugar de origen y la dispersión de las especies, su adaptación a condiciones ambientales particulares, la estructura de la población mediante el seguimiento de la genealogía de genes, su correlación con aspectos geográficos y ecológicos, y la variación intra e interespecífica a nivel población, subpoblaciones o entre poblaciones (Vázquez-Domínguez, 2007).

En México, son pocos los estudios realizados para *S. o. lucida*, los cuales se han centrado principalmente en la Sierra Madre Occidental (Tarango *et al.*, 2001), con la caracterización de su hábitat (Tarango *et al.*, 1997; Young *et al.*, 1998; Tarango *et al.*, 2001; Márquez *et al.*, 2002; Palma-Cancino, *et al.*, 2014) y la composición de su dieta (Young *et al.*, 1997; Márquez, 2002; Bravo- Vinaja *et al.*, 2005). Por las condiciones actuales del hábitat (ambientes fragmentados) del TMM y la reducción de sus poblaciones, es necesario generar información que indiquen la pauta para estudios futuros que contribuyan a establecer estrategias de manejo y conservación para el tecolote moteado mexicano y su hábitat en la Sierra Madre Occidental, México. Por ello, los objetivos de este estudio fueron: 1) Obtener las medidas morfométricas 2) Caracterizar los componentes genéticos y 3) estimar y comparar la relación filogenética de poblaciones de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó durante los meses de julio 2015 a julio 2016 en cuatro municipios de la Sierra Madre Occidental (Figura 2.3). Los cuales fueron: 1) SÚchil, Durango (23° 07' y 23° 43'N y 103° 47' y 104° 22'O) particularmente en la Reserva de la Biosfera La Michilia (RBLM) y áreas aledañas, con altitudes entre 1400 y 3100m (INEGI, 2010a); 2) Nochistlán de Mejía, Zacatecas (21° 12' y 21° 40'N; 102° 41' y 103° 03'O) en un rango altitudinal de 1900-2700m (INEGI, 2010b); 3) Chalchihuites, Zacatecas (23° 16' y 23° 37'N y 103° 43' y 104° 07'O) con elevaciones desde 1900-3000m (INEGI, 2010c); 4) El Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes (21° 58' y 22° 20'N; 102° 21' y 102° 43'O) es una región montañosa con altitudes desde 1900 a 2400m (INEGI, 2010d), específicamente en el Área Natural Protegida Sierra Fría (ANPSF). Esta investigación se desarrolló en la Unidad de Recuperación del Tecolote Moteado Mexicano Sierra Madre Occidental Sur (USDI Fish y Wildlife Service, 1995).

2.4.2. Captura de tecolotes

La captura de los individuos de *S. occidentalis lucida* se realizó de abril a julio del 2016, bajo la licencia de colecta científica No.09969 tramitada ante la Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT) (Anexo 5). Una vez localizados los tecolotes, se colocaron estratégicamente redes de niebla cerca del árbol donde se encontraba el tecolote perchado y se ubicó una bocina con el llamado de la especie, moviéndola estratégicamente de lugar para atraer a los individuos. Una vez capturados los tecolotes, se manipularon y liberaron cuidadosamente.

2.4.3. Medidas morfométricas

A los individuos capturados se les registraron las siguientes medidas morfométricas: longitud del pico (mandíbula superior: distancia desde la punta hasta las plumas que rodean el pico); ancho de pico (de su parte más amplia desde el culmen hasta la

mandíbula inferior; cm) medidas con un Vernier; cuerda alar (midiendo desde la articulación carpal a la punta del ala); longitud de la cola (distancia desde la glándula uropigial hasta la pluma más larga de la cola, cm); longitud del tarso derecho (doblando la pata del búho para localizar el extremo del tarso en su parte inferior, cm); longitud de la pierna (parte superior de la pierna hasta la parte superior del tarso) (Estrada, 2014); envergadura (longitud de la punta del ala derecha a la izquierda, ambas extendidas de manera natural) medidas con una cinta métrica de 3m (PRETUL[®]) y se registró el peso (g) con una balanza (Pesola[®]).

2.4.4. Colecta de muestra sanguínea

A los tecolotes capturados se les extrajo 0.2 mL de sangre por punción de la vena branquial y se conservaron en tubos vacutainers[®] de 4 mL con EDTA como anticoagulante y en tarjetas Whatman[™] FTA[™] (tecnología para obtener, aislar, transportar y archivar ácidos nucleicos a temperatura ambiente). Las muestras de los tubos fueron conservadas a 4 °C en el laboratorio de suelo, agua y planta del Campus San Luis Potosí, a diferencia de las tarjetas Whatman[™] FTA[™], las cuales se guardaron a temperatura ambiente.

2.4.5. Extracción de ADN

La extracción del ADN se realizó con el KIT “Dneasy Blood and Tissue”, siguiendo las instrucciones de la empresa Qiagen[®]. Para el caso del tubo con EDTA, se utilizó un tubo de microcentrifuga de 2 mL, al cual se le añadieron 20 µL de proteinasa K, 100 µL de sangre con anticoagulante EDTA y 100 µL del buffer PBS. Y en el caso de la tarjeta Whatman[™] FTA[™], se cortó una pequeña muestra de 1 mm² y se continuó con el mismo procedimiento anterior e instrucciones del fabricante (Qiagen[®]). Posteriormente, a las muestras se le agregaron 200 µL de Buffer AL y se agitó mediante un vortex. Enseguida, los tubos con las muestras se colocaron en baño María (felisa[®]) por una hora y se agitaron cada 10 min; terminando el tiempo en el baño María, se le añadieron 200 µL de

Etanol al 96 % grado molecular y se mezcló bien con un vortex. Luego, la muestra se colocó en un tubo con columna (filtro) y se centrifugó en una centrifuga (Mod. 5415 R), realizando dos lavados, uno por 1 min a $\geq 6000 \times g$ y otro por 3 min a $16,000 \times g$. Una vez que las muestras fueron centrifugadas, el filtrado se desechó y se les colocó un nuevo tubo, añadiéndole 500 μL de buffer AW1 y se centrifugaron por 3 min a $16,000 \times g$. Posteriormente, el filtrado se desechó y al filtro, se le colocó un nuevo tubo y se le agregaron 500 μL de buffer AW2, se centrifugó por 3 min a $16,000 \times g$ (13,200 rpm). El filtrado se desechó y al filtro se le colocó un nuevo tubo, al cual se agregaron 200 μL de AE, centrifugando la muestra por 3 min a $6,000 \times g$, con la finalidad de recuperar el ADN.

2.4.6. Cuantificación de ADN

Una vez obtenido el material biológico, se determinó la cantidad del ADN mediante espectrofotometría en un Nanodrop (NAS-99). Para conocer la pureza del ADN se consideró la proporción de la absorbancia a 260 nm y 280 nm (Valadez y Kahl, 2005). Los cocientes respectivos del ADN puro son aproximadamente de 1.8 y 2.0 con (ng/ μL).

2.4.7. Amplificación y secuenciación de ADN

La región control del ADNmt fue amplificada con los primers diseñados para *Strix occidentalis* utilizando una secuencia reportada por Barrowclough *et al.* (2006) (DQ230885.1), usando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), con los primers forward (fwd): 5' CCTCTGGGATTGCCCTTTAT-3'; y hyg (5'-AATCAGCAACCCGGTGTAG-3') que amplifican 658 pares de bases (pb), los cuales se diseñaron utilizando el software de acceso libre, Primer 3 (<http://bioinfo.ut.ee/primer3-0.4.0/primer3/>) y se mandaron a sintetizar a la empresa SIGMA-ALDRICH® (www.sigmaaldrich.com). Para preparar la muestra, se utilizaron tubos para PCR de 200 μL y se agregaron los reactivos, 3.0 μL de ADN molde, 0.3 μL del primer forward, 0.3 μL del primer hyg, 0.6 μL de nucleótidos dNTPs (10 mM, Promega®), 3.0 μL de solución amortiguadora cloruro de magnesio MgCl_2 (25mM, Promega®), 7.86 μL de H_2O (HPLC, grado biología molecular, Fermont) y 0.18 de μL de Taq polimerasa (5 U/ μL , Promega®),

con un volumen final de 15.18 μL por cada muestra. Enseguida se mezclaron los componentes de la reacción con un vortex durante 2 a 3 seg. Finalmente, se colocaron las muestras en el termociclador (Labnet), con un programa de desnaturalización inicial de 93°C durante 12 min, seguida por 35 ciclos de amplificación (desnaturalización a 93°C durante 30 seg, alineamiento a 64°C durante 30 s y extensión a 72°C durante 1 min), con una extensión final de 72°C por 10 min. Dos microlitros de los productos de PCR fueron visualizados en un gel de agarosa al 1 % teñido con Diamond™ Nucleic Acid Dye, en una cámara horizontal (ENDURO™), a un régimen de 75v durante 90 min con buffer TAE 1X, colocando un marcador molecular y DNA con su respectivo colorante 5X Green GoTaq® Flexi Buffer. Las amplificaciones produjeron bandas individuales definidas (658 pb), las cuales se visualizaron en un transiluminador (Benchtop UV) y se fotodocumentaron (PhotoDoc-it™). Se enviaron cinco microlitros del producto de PCR a la compañía estadounidense (GENEWIZ®) para su purificación y secuenciación.

2.4.8. Análisis estadísticos

Los electroferogramas obtenidos de las secuencias fueron editados con ayuda del software BioEdit versión 7.2.5 (Hall, 2013). Las secuencias editadas fueron alineadas con el subprograma Clustal W instalado en MEGA 7.0.21 (Kumar *et al.*, 2015). Posteriormente, se realizó un BLAST del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI; por sus siglas en inglés) para ver la similitud de secuencias con otros individuos. Para cada individuo, se calculó el número de sitios conservados y sitios variables; se estimó la composición nucleotídica (proporción de cada base nitrogenada) de las secuencias y se realizó una matriz de distancias genéticas entre individuos, en base a p distancias (proporción de sitios de nucleótidos); se calculó el número de sitios polimórficos (S); número de haplotipos identificados (H_i); la diversidad haplotípica (H) y diversidad nucleotídica (π). Asimismo, se usó la prueba de neutralidad Tajima's D (Tajima, 1989), como indicador de cambios históricos de expansión poblacional y se aplicó la prueba *Mismatch distribution* para medir el tamaño poblacional y la diversidad genética observada. Este análisis se representa en un gráfico que compara las

frecuencias nucleotídicas observadas vs esperadas (Rogers *et al.*, 1996); el ajuste de esta prueba se comprobó con los valores de R^2 , theta inicial (θ) y tau (τ) (Ramos-Onsins y Rozas, 2002). Estos análisis fueron realizados en el software DnaSP v. 5 (Librado y Rozas, 2009).

Para estimar la relación filogenética entre las poblaciones, se estimaron los valores de probabilidad de los parámetros de los modelos con un árbol de Máxima Verosimilitud. Se eligió el mejor ajuste de modelo de sustitución de nucleótidos de las secuencias (Nei y Kumar, 2000), bajo coeficiente del Criterio de Información Bayesiana (BIC), con valor promedio del Criterio de Información Akaike (AICc). El modelo apropiado y sus parámetros estimados se fijaron, con la finalidad de aplicar una búsqueda heurística que aumenta la Máxima Verosimilitud. Finalmente, se comparó la relación filogenética que existe entre estas poblaciones, mediante la asociación de las ramas definidos en un filograma, evaluadas con 1000 réplicas de Bootstrap (Felsenstein, 1985) utilizando el Software MEGA 7.0.21.

El análisis involucró siete secuencias de nucleótidos, de las cuales dos solamente fueron del presente estudio; cuatro reportadas por Barrowclough *et al.* (2006), dos de ellas fueron para México (Zacatecas; DQ230887.1 y Aguascalientes; DQ230888.1) y las otras dos de Nuevo México, EE. UU. (DQ230871 y DQ230877). Para obtener un punto de referencia, se seleccionó como grupo externo al búho barrado (*S. varia*) (JN098025.1), para conocer su cercanía y separarlo del grupo interno (Smith, 1994), como criterio de agrupamiento.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se localizaron 29 individuos en 11 sitios de descanso, de ellos solo se capturaron cuatro ejemplares de *S. o. lucida*. Cabe señalar que los tecolotes se capturaron en cuatro sitios de descanso (uno por sitio) en los que habitaron 14 individuos (Cuadro 2.1; Figura 2.3; Anexo 6). La captura de los individuos coincidió con los sitios reproductivos con excepción del Sitio de Nochistlan, Zacatecas (Cuadro 2.1). El comportamiento territorial

más acentuado de las parejas reproductivas facilitó su captura (U. S. Fish and Wildlife Service, 2012) a través de vocalizaciones de la misma especie (Arsenault *et al.* 1997).

Cuadro 2. 1. Número de tecolotes moteados mexicanos (*Strix occidentalis lucida*) por estado y municipio presentes en los sitios de captura en la Sierra Madre Occidental, México.

Estado	Municipio	Número de tecolotes	Nivel de desarrollo	Sexo
Durango	Súchil	2	Adultos	Hembra y macho
		3	Polluelos	Desconocido
Zacatecas	*Nochistlán de Mejía	2	Subadultos	Hembra y macho
	Chalchihuites	2	Adultos	Hembra y macho
Aguascalientes	**San José de Gracia	1	Polluelo	Desconocido
		2	Adultos	Hembra y macho
		2	Polluelos	Desconocidos

*Sitio no reproductivo, ** sitio donde se capturó un polluelo.

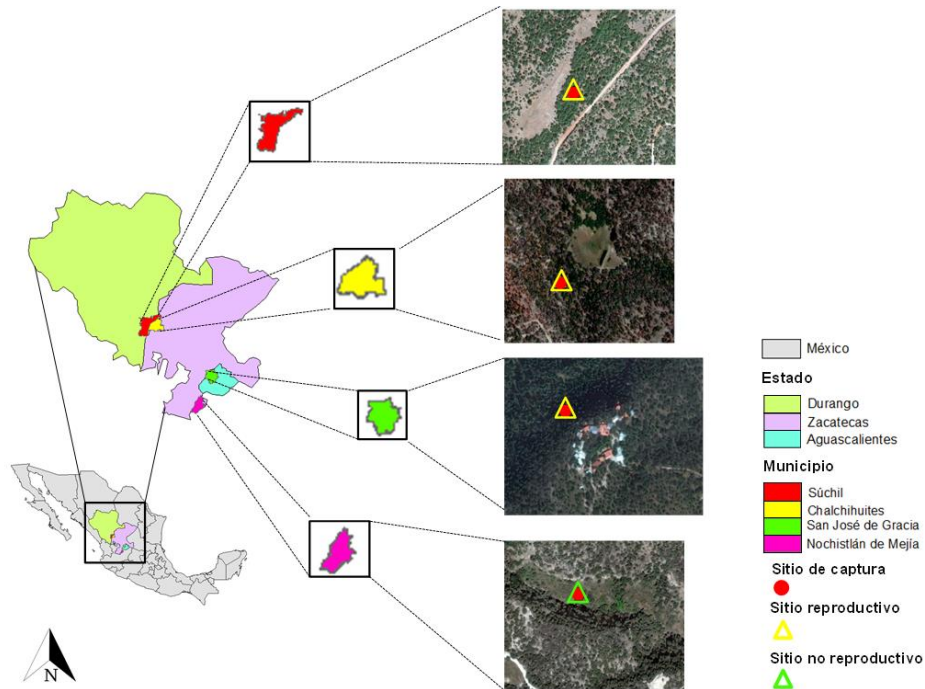


Figura 2. 3. Sitios de captura del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México.

La información del peso y de las medidas morfométricas de los individuos capturados (Figura 2. 4) se reportan en el Cuadro 2. 2.

Cuadro 2. 2. Medidas morfométricas de individuos de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) capturados en la Sierra Madre Occidental, México.

Peso y medidas morfométricas	S_DGO	N_ZAC	C_ZAC	S_AGS	Promedio y desviación estándar
	Sexo				
	M	H	M	D	-
Peso (g)	500	610	410	450	492±86.5
Envergadura (cm)	98	101	100	93	98±3.5
Longitud total (cm)	41	43.4	41	38	40.9±2.2

Peso y medidas morfométricas	S_DGO	N_ZAC	C_ZAC	S_AGS	Promedio y desviación estándar
Cuerda alar (cm)	31	35	32	26.8	31.2±3.4
Long. de la cola (cm)	20.5	20.5	20.6	16	19.4±2.3
Long. de pierna (cm)	9.3	11	10.3	9.7	10±0.7
Long. del tarso (cm)	5.5	9.8	7.5	6.5	7.3±1.8
Longitud del pico (cm)	3.3	2.3	2.6	3.2	2.8±0.47
Ancho del pico (cm)	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8±0.05

Sexo; M= Macho, H=Hembra, D=Desconocido.



Figura 2. 4. Tecolotes moteados mexicanos capturados en Súchil, Durango (Izquierda) y San José de Gracia, Aguascalientes (Derecha) en la Sierra Madre Occidental, México.

En México existen pocos reportes sobre el peso y medidas morfométricas del TMM; sin embargo, las mediciones de ejemplares de *S. o. lucida* de nueve individuos colectados en Chihuahua, México, los cuales se localizan en el Museo de Zoología de Vertebrados

en Berkeley, muestran que el peso promedio en gramos y la desviación estándar de cinco machos y cuatro hembras fueron de 483 g \pm 31.0 y 518 g \pm 30.3, respectivamente (Gutiérrez *et al.*, 2007). En Arizona y Nuevo México, EE.UU., Gutiérrez *et al.* (1995) encontraron que los pesos corporales de machos y hembras de *S. o. lucida* fue de 509 y 569 g, respectivamente. Egan (2015) menciona que el tecolote moteado mexicano es un ave mediana que mide 43.2 cm de longitud y con una envergadura de 1 m, lo cual se asemeja a lo encontrado en este estudio. Sin embargo, se requieren estudios más específicos que complementen las variables morfométricas medidas en esta investigación y estar en posibilidades de realizar un análisis comparativo más completo.

Las distancias lineales entre sitios de captura variaron entre 20.7 y 270.1 km. La mayor correspondió de Nochistlán, Zacatecas (N_ZAC) a Súchil, Durango (S_DGO) y la menor entre Chalchihuites, Zacatecas (C_ZAC) y Súchil, Durango (S_DGO) (Cuadro 2. 3).

Cuadro 2. 3. Distancias lineales en km entre sitios de captura del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México.

SITIOS	S_DGO	C_ZAC	S_AGS
C_ZAC	20.7		
S_AGS	237.5	218.0	
N_ZAC	270.1	253.0	71.0

Clave de identificación por sitio: Súchil, Durango (S_DGO), Chalchihuites, Zacatecas (C_ZAC), San José de Gracia, Aguascalientes (S_AGS), Nochistlán, Zacatecas, (N_ZAC).

La dispersión es un proceso clave que influye en la dinámica de la población y el flujo genético en las especies (Ganey *et al.*, 2014). Asimismo, las distancias geográficas tienen importancia debido a que las mismas pueden influir en el flujo genético de las poblaciones, como lo mencionan Ganey *et al.* (2013) y quienes documentaron una distancia geográfica de movimiento atípica para un tecolote moteado mexicano de 462 Km, capturado y anillado en 1999 en el sur de la Cordillera Negra, Nuevo México y encontrado muerto a 8 km al sur de Questa, Nuevo México. Este desplazamiento tiene

como objeto la búsqueda de territorios vacíos, al mismo tiempo que contribuye en el flujo de genes entre las poblaciones de tecolotes moteados mexicanos (Ganey *et al.* 2013). Por otro lado, Funk *et al.* (2008) mencionan que las características del paisaje pueden tener una fuerte influencia en el flujo de genes, como es el caso de tecolote moteado norteño (*S. o. caurina*), que se ubica en las montañas con elevaciones bajas y altas, ocasionando diferentes efectos en el flujo genético. Por otra parte, Barrowclough *et al.* (1999) encontraron a un solo individuo de una población, con un haplotipo idéntico a un haplotipo predominante de otra población, lo cual señalaron como un reciente acontecimiento de flujo genético. Al contrario, en una revisión realizada por los mismos autores mencionan que, al no haber flujo de genes entre dos poblaciones, por un periodo largo, los haplotipos de cada una de las poblaciones, resultarán de tipo monofilético.

La amplificación de ADN se realizó con los dos primer diseñados para *Strix occidentalis lucida*, con un total de 658 pb (Figura 2.5).

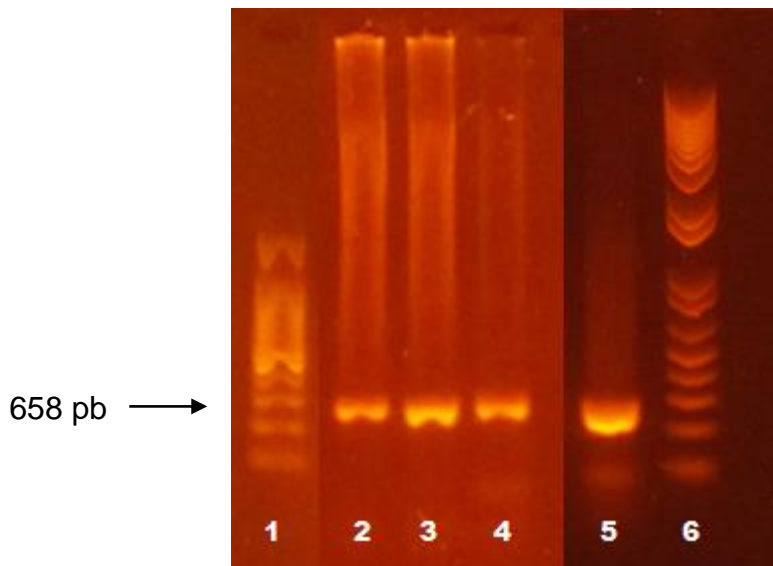


Figura 2. 5. Amplificación de los primers diseñados para *S. o. lucida*. Carril 1 (marcador molecular 1kb), carril 2 (S_DGO), carril 3 (S_AGS), carril 4 (C_ZAC), carril 5 (N_ZAC), Carril 6 (marcador molecular 1kb).

De las amplificaciones de ADN, se obtuvieron cuatro secuencias de *S. o. lucida*, (una de Durango, una de Aguascalientes y dos de Zacatecas) de la región control del ADNmt, obteniendo un 100% de similitud comparadas con las secuencias homologas del “National Center for Biotechnology Information” (NCBI). Sin embargo, solo las secuencias de ADN de Aguascalientes y Durango, reunieron las características de calidad necesarias para su análisis. Las secuencias se generaron a partir de un fragmento de 226 pares de bases (pb) obtenidas a partir de los primers de *S. o. lucida*. En las secuencias de ADN analizadas; dos del presente estudio, y cuatro reportadas por Barrowclough *et al.* (2006) y obtenidas del NCBI, se encontraron 221 pb de sitios conservados y 5 pb de sitios variables, lo que indica que las secuencias son muy similares.

La composición nucleotídica de las secuencias se conformó principalmente por bases de timina (T) y citosina (C) en todos los individuos (Cuadro 2.4).

Cuadro 2. 4. Composición nucleotídica de las secuencias de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) obtenidas y las reportadas por el NCBI.

Secuencias	T(%)	C(%)	A(%)	G(%)	Total
S_DGO *	36.7	32.3	17.7	13.3	226.0
C_AGS *	36.3	33.2	17.7	12.8	226.0
ZACA01	37.2	33.2	16.8	12.8	226.0
AGUA32	37.2	33.2	16.8	12.8	226.0
TULA_NM	37.2	33.2	16.8	12.8	226.0
SACR_NM	37.2	33.2	16.8	12.8	226.0
Promedio	36.9	33.0	17.1	12.9	226.0

Secuencias obtenidas en el presente estudio*

La matriz de distancias de las secuencias y del grupo externo (*S. varia*) (S_VARIA) (Cuadro 2.5), muestra que esta especie congénérica muestra mayor divergencia a las demás secuencias. De la subespecie *S. o. lucida*, el ejemplar de Durango presentó mayor divergencia con las secuencias reportadas por Barrowclough *et al.* (2006); sin embargo, los individuos de Zacatecas y Aguascalientes reportados por estos autores no presentan diferencias con los individuos de Nuevo México (Cuadro 2.5).

Cuadro 2. 5. Matriz de distancias genéticas con base a p distancias.

# de Secuencias	1	2	3	4	5	6	7
1. S_DGO							
2. S_AGS	0.009						
3. ZACA01	0.022	0.013					
4. AGUA32	0.022	0.013	0.000				
5. TULA_NM	0.022	0.013	0.000	0.000			
6. SACR_NM	0.022	0.013	0.000	0.000	0.000		
7. S_VARIA	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	

Adicionalmente, de los seis individuos de *S. o. lucida* evaluados se encontraron tres haplotipos, presentando una diversidad haplotípica de (0.680 ± 0.316) , la cual indica que los haplotipos son exclusivos en más del 50% de los individuos (Cuadro 2.6).

Cuadro 2. 6. Diversidad genética de los individuos de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*).

Especie	N	S	H_i	H	π
<i>S. o. lucida</i>	6	5	3	0.680 ± 0.316	0.010 ± 0.003

Número de secuencias (N); número de sitios polimórficos (S); número de haplotipos identificados (H_i); diversidad haplotípica (H); diversidad nucleotídica (π).

Los cuatro individuos (uno de Zacatecas, uno de Aguascalientes y dos de Nuevo México) reportados por Barrowclough *et al.* (2006) comparten haplotipos entre ellos, lo que indica

que las poblaciones de donde provinieron son muy similares genéticamente, a pesar de la distancia geográfica mayor de 1,000 km entre ellas. En contraste, los individuos de Aguascalientes y Durango analizados en este estudio presentaron haplotipos diferentes, lo que podría indicar que las poblaciones se encuentran geográficamente y reproductivamente aisladas entre sí. Los resultados de los haplotipos presentaron un patrón difícil de explicar; por ello, es necesario intensificar el muestreo considerando un mayor número de ejemplares y sitios a lo largo del área de distribución del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*), pues cabe la posibilidad de que las poblaciones originales se hayan constituido ante condiciones geográficas muy contrastantes. Asimismo, la poca información genética y el estatus de especie amenazada por actividades antropogénicas, indican que quizá las poblaciones de los ejemplares muestreados en este estudio sean pequeñas, que no compartieron haplotipos, y que son poblaciones aisladas reproductiva y geográficamente, posiblemente debido a la fragmentación y alteración de sus hábitats limitando sus movimientos. Cabe señalar, que Martin y McKay (2004) mencionan que el flujo de genes en las aves depende de su habilidad para desplazarse, si la especie es migratoria, del grado de especialización del hábitat, del tamaño de hogar, el modo de apareamiento y de la altitud. En las aves menos móviles se restringe el flujo de genes a diferencia de aquellas especies de aves altamente móviles (especie migratoria), cuyo flujo genético es mayor (Funk *et al.*, 2008). Por otro lado, de acuerdo con Barrowclough *et al.* (2006) hay mayor divergencia genética en poblaciones que ocupan hábitats relativamente fragmentados, con un considerable aislamiento de unos pocos cientos de kilómetros, existiendo un flujo de genes restringido entre algunas de sus poblaciones. Sin embargo, para complementar este comportamiento genético como fue el hecho de encontrar los mismos haplotipos entre las poblaciones de México con Estados Unidos (Barrowclough *et al.*, 2006), se requiere de la captura, colecta y análisis de un mayor número de muestras que provengan de más individuos y de sitios.

El índice de Tajima's *D* resultó de 0.19651 ($P > 0.10$), lo que indica que no hay mutaciones deletéreas; de tal manera que las poblaciones se encuentran en equilibrio

neutro. Por su parte, la prueba de *Mismatch distribution* resultó multimodal, lo cual evidencia una población en equilibrio demográfico (*S. o. lucida*: $R^2= 0.2187$, theta inicial (θ)= 1.493, tau (τ)= 0.774), por los picos que muestran los gráficos de la prueba *Mismatch distribution* (Eguiarte *et al.*, 2007) (Figura 2.6).

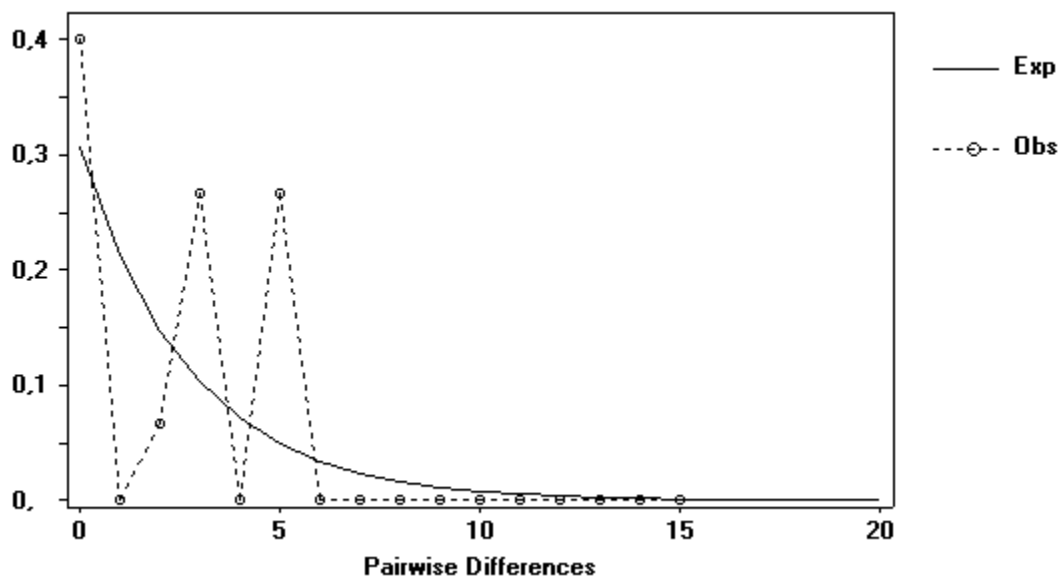


Figura 2. 6. *Mismatch distribution* para los individuos *S. o. lucida* del presente estudio junto con dos individuos reportados por Barrowclough *et al.* (2006).

El árbol con Máxima Verosimilitud basado en el modelo Hasegawa-Kishino-Yano (HKY), fue el que mejor describió el patrón de sustitución de nucleótidos al presentar 15 parámetros, bajo coeficiente del Criterio Bayesiana (BIC=1377.258), un valor promedio del Criterio de Información Akaike (AICc=1297.067), en contraste con los otros 23 modelos de sustitución de nucleótidos.

El filograma muestra que los individuos se agruparon en un grupo monofilético, los cuales comparten caracteres genéticos similares y proceden de un ancestro común. Por su parte, Barrowclough *et al.* (1999) encontraron que las estimaciones del flujo de genes y la filogeografía de los haplotipos indican una dispersión sustancial de las tres

subespecies de *S. occidentalis*, éstos patrones indican una ausencia histórica de flujo de genes entre las subespecies, que son básicamente monofiléticos, y que resultan muy similares a lo encontrado en el presente estudio, donde los individuos resultaron proceder de un ancestro en común. Por otro lado, el grupo externo *S. varia* no tuvo un parentesco cercano comparado con los individuos de *S. o. lucida* (Figura 2.7). A pesar de que Haig *et al.* (2004) identificaron híbridos entre las hembras de *S. varia* y machos de *S. o. caurina* y a que *S. o. lucida* y *S. varia* de México son especies simpátricas (Gutiérrez *et al.* 2007), que ocupan el mismo tipo de vegetación y con elevaciones similares. Asimismo, Gutiérrez *et al.* (2007) mencionan una posible competencia marcada entre el búho barrado y el tecolote moteado y, que su coexistencia estable parece improbable; motivo por el cual no se descarta la posibilidad de un posible entrecruzamiento de estas dos subespecies en México. Por ello, se recomienda realizar estudios genéticos considerando un mayor número de muestras de individuos, regiones.

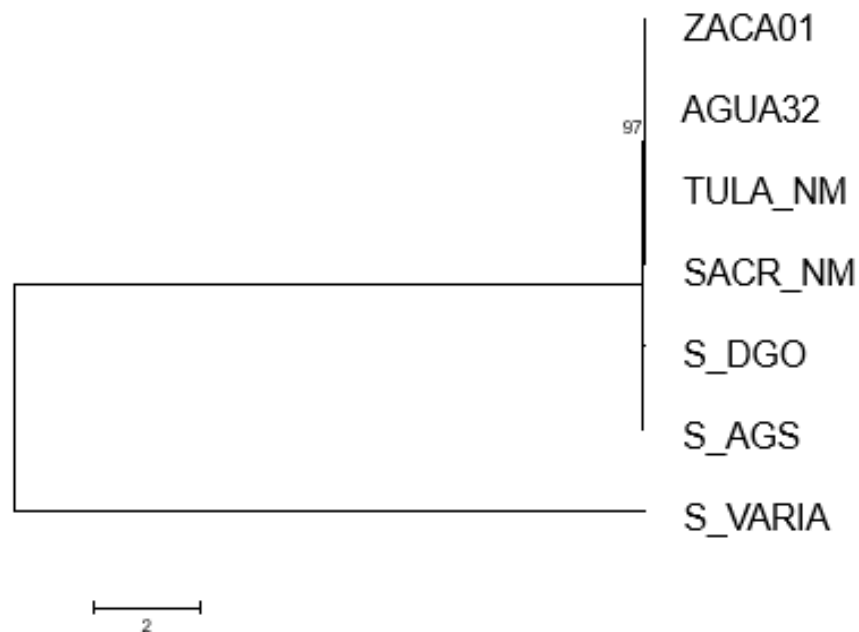


Figura 2. 7. Filograma de relaciones genealógicas entre los individuos capturados de tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México.

Los resultados de este estudio aportan información y marcan la pauta para estudios posteriores; sin embargo, se sugiere realizar un muestreo con más individuos de las regiones estudiadas y sobretodo donde *S. occidentalis lucida* y *S. varia* coinciden geográficamente.

2.6. CONCLUSIÓN

En este estudio, se capturaron cuatro ejemplares de tecolotes moteados mexicanos, a los cuales se les extrajeron muestras de sangre, se pesaron y se obtuvieron sus medidas morfométricas. Las muestras de la PCR amplificaron con los dos primers diseñados para *Strix occidentalis lucida* y se obtuvieron dos secuencias. Los individuos analizados se clasificaron en un grupo monofilético, en el cual comparten caracteres genéticos similares, indicando que los TMM provienen de un ancestro común. Los individuos de Durango y Aguascalientes mostraron haplotipos únicos, lo que muy probablemente sus poblaciones se encuentran aisladas entre si geográficamente y reproductivamente. Sin embargo, para entender mejor la filogenética de *S. occidentalis lucida*, en su área de distribución, se requieren estudios que incluyan más individuos, más sitios y en las diferentes regiones de México. Finalmente, las secuencias obtenidas en este estudio, brindan las bases para determinar cambios en la estructura genética de la especie en un futuro.

2.7. LITERATURA CITADA

- AOU (American Ornithologists' Union). 2017. Checklist of North American Birds. Disponible en: www.aou.org/checklist/north/print.php (acceso en mayo de 2017).
- Arsenault, D. P., Hodgson, A. and Stacey, P. B. 1997. Dispersal movements of juvenile Mexican Spotted Owls (*Strix occidentalis lucida*) in New Mexico. Pages 47–57 in Biology and conservation of owls of the northern hemisphere (J. R. Duncan, D. H. Johnson, and T. H. Nicholls, Editors). USDA Forest Service General Technical Report NC-190.
- Argüello-Sánchez, L. E. y García-Feria, L. M. 2014. La genética como herramienta para el estudio y conservación del género *Alouatta* en México. Acta Zoológica Mexicana, 30(2): 387-394.
- Avise, J. C. 1998. The history and purview of phylogeography: a personal reflection. Molecular Evolution 7:371-379.
- Avise, J. C. 2000. Phylogeography. The history and formation of species. Harvard University Press, Cambridge.
- Barrowclough, G. F., Gutierrez, R. J. and Groth. J. G. 1999. Phylogeography of Spotted Owl (*Strix occidentalis*) populations bases on mitochondrial DNA sequences: gene flow, genetic structure, and a novel biogeographic pattern. *Evolution*, vol. 53, no. 3, pp. 919-931.
- Barrowclough, G. F., Groth, J. G., Mertz, L. A. and Gutiérrez. J. 2006. Genetic structure of Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida*) population in a fragmented landscape. The Auk, 123(4): 1090-1102.
- Block, W. M., Ganey, J. L., Scott, P. E. and King. R. 2005. Prey ecology of Mexican Spotted Owls in pine-oak forests of northern Arizona. Journal of Wildlife Management 69:618-629.
- Bravo-Vinaja, M. G., Tarango, L. A., Clemente. F., Mendoza, G. D., Alcántara, J. L. y Soto-Aquino. H. V. 2005. Composición y variación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Valparaíso, Zacatecas, México. Agrociencia, 39: 509-515. 2005.

- Eizirik, E., Jae-Heup, K., Menotti-Raymond, M., Crawshaw, P.G., O'Brien, S. J. and Johnson, W. E. 2001. Phylogeography, population history and conservation genetics of jaguars (*Panthera onca*, Mammalia, Felidae). *Molecular Ecology*, 10,65-79.
- Egan, D. 2015. The 2012 Mexican Spotted Owl Recovery Plan Guidelines for Forest Restoration in the American Southwest. ERI Working Paper No. 33. Ecological Restoration Institute, Northern Arizona University: Flagstaff, AZ. 11 p.
- Eguiarte, L., Souza, V. y Aguirre, X. 2007. Ecología molecular. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D. F.
- Estrada, A. 2014. Estudio de la diversidad genética y manejo tradicional del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) del centro de México. Montecillo estado de México. Tesis de Maestría. 70 pp.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the Bootstrap. *Evolution*, 39(4): 783-791.
- Funk, W. C., Forsman, E. D., Mullins, T. D., and Haig, S. M. 2008. Landscape features shape genetic structure in threatened Northern Spotted Owls. U. S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Ganey, J. L., Block, W. M., Strohmeier, B. E. and Ward, J. P. 2005. Home range, habitat use, survival, and fecundity of Mexican spotted owls in the Sacramento Mountains, New Mexico. *Southwestern Naturalist* 50:323–333.
- [http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909\(2005\)050\[0323:HRHUSA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909(2005)050[0323:HRHUSA]2.0.CO;2)
- Ganey, J. L., and J. S. Jenness. 2013. An Apparent Case of Long- Distance Breeding Dispersal by a Mexican Spotted Owl in New Mexico. Res. Note RMRS-RN-53WWW. Fort Collins, CO: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 5 p.

- Ganey, J. L., Apprill, D. L., Rawlinson, T. A., Kyle, S. C., Jonnes, R. S., Ward Jr, J. P. 2014. Breeding dispersal of Mexican Spotted Owls in the Sacramento Mountains, New Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology*, 126 (3): 516-524.
- Gutiérrez, R. J., Franklin A. B. y Lahaye. W. S. 1995. Spotted Owl. pp. 1-27. In: *The Birds of North America*, no. 179. A. Poole, P. Stettenheim y F. Gill (Eds.). Philadelphia: The Academy of Natural Sciences; Washington, DC; The American Ornithologists' Union.
- Gutierrez, R. J., Cody, M., Courtney, S., Franklin, A. B. 2007. The invasion of Barred Owls and its potential effect on the Spotted Owl: a conservation conundrum. *Biol Invasion* (2007) 9:181-196.
- Haig, S. M., Wagner, R.S., Forsman, E.D., Mullins, T. D. 2001. Geographic variation and genetic structure in Spotted Owls, pp. 25-40. In: A. Rus Hoelzel. *Conservation Genetics*. Springer volume 2. doi:10.1023/A:1011561101460.
- Haig, S. M., Mullins, T. D., Forsman, E. D. 2004. Subspecific Relationships and Genetic Structure in the Spotted Owl. *Conservation Genetics*, 5: 683-705, 2004.
- Hall, T.A. 2013. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl. Acids. Symp. Ser.* 41:95-98.
- Harris, D., Rogers, D.S., and Sullivan. J. 2000. Phylogeography of *Peromyscus fuvvus* (Rodentia; Muridae) based on cytochrome b sequence data. *Molecular Ecology* 9:2129-2135.
- Hernández-Baños, B. E., Honey-Escandón, M., Cortés-Rodríguez, M. N. y García, G. 2007. Filogeografía de aves mexicanas, pp.467-495. En: Eguiarte. L., V. Souza. y X. Aguirre. *Ecología molecular*. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (en línea). 2010c. Compendio de información geográfica municipal. Chalchihuites, Zacatecas, clave geostadística 32009. Disponible: www.inegi.gob.mx (acceso en marzo de 2017).

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (en línea). 2010b. Compendio de información geográfica municipal. Nochistlán de Mejía, Zacatecas, clave geostadística 32034. Disponible: www.inegi.gob.mx (acceso en marzo de 2017).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (en línea). 2010d. Compendio de información geográfica municipal. San José de Gracia, Aguascalientes, clave geostadística 01008. Disponible: www.inegi.gob.mx (acceso en marzo de 2017).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (en línea). 2010a. Compendio de información geográfica municipal. Súchil, Durango, clave geostadística 10033. Disponible: www.inegi.gob.mx (acceso en marzo de 2017).
- Kroll, A J., Fleming, T.L. & Irwin, L.L. 2010. Site occupancy dynamics of Northern Spotted Owls in the eastern Cascades, Washington, USA, 1990-2003. *Journal of Wildlife Management*, 74:1264-1274.
- Kumar, S., Stecher. G., y Tamura. K .2015. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis versión 7.0. *Molecular Biology and Evolution*.
- Librado, P. and Rozas. J. 2009. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*. 25: 1451-1452.
- Nei, M, and Kumar. S. 2000. *Molecular evolution and phylogenetic*. Oxford University Press, New York. EEUU. 352 p.
- Márquez, O. M. 2002. Determinación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Sierra Fría, Aguascalientes. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 73 (2): 205-211.
- Márquez, O. M., Tarango, L.A., Mendoza. M.G. 2002. Caracterización de hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida* (X) Nelson, 1903) en Sierra Fría, Aguascalientes. *Agrociencia*, 36-5, 541:546.
- Martin, P. R., and McKay, J.K. 2004. Latitudinal variation in genetic divergence of populations and the potential for future speciation: *Evolution* 58:938–945.

- Molina Henao, Y. F., Barreto, G., Giraldo, A. 2014. Implementación de la metodología de análisis de ADN mitochondrial en *Rhinoclemmys nasuta* (Testudines:Geoemydidae). *Acta Biológica Colombiana*. 2014;19(3):507-512.
- Mora, M. S., Kittlein, M. J., Vassallo, A. I., Mapelli, F. J. 2013. Diferenciación geográfica en caracteres de la morfología craneana en el roedor subterráneo *Ctenomys australis* (Rodentia: Ctenomyidae). *Mastozoología Neotropical*, 20(1): 75-96.
- Palma-Cancino, D. Y. Tarango, L. A. Ugalde, S. Alcántara, J. L. Ángeles, G. Ramírez, G. Martínez, J. L. 2014. Hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Tlachichila, Zacatecas, México. *Agroproductividad*, vol. 7. (4):3-9.
- Ramos-Onsins, S.E. and Rozas. J. 2002. Statistical properties of new neutrality tests against population growth. *Molecular Biology and Evolution*. 19: 2092-2100.
- Riddle, B. R., Hafner, D. J., Alexander, L. F., and Jaeger, J. R. 2000. Cryptic vicariance in the historical assembly of a Baja California peninsular desert biota. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97:14438-14443. DOI: 10.1073/pnas.250413397.
- Rogers, A.R., Fraley, A.E., Bamshad, M.J., Watkins, W.S. and Jorde. L.B. 1996. Mitochondrial Mismatch analysis in insensitive to the mutational process. *Molecular Biology and Evolution*. 13(7): 895-902.
- Ruiz-García, M., Pacheco, L. F., Álvarez, D. 2009. Caracterización genética del puma andino boliviano (*Puma concolor*) en el Parque Nacional Sajama (PNS) y relaciones con otras poblaciones de pumas del noroccidente de Sudamérica. *Revista chilena de historia natural*, 82: 97-117.
- 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. <http://www.dof.gob.mx/> (acceso en enero de 2015).
- Smith, A. B. 1994. Rooting molecular trees: problems and strategies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 51: 279- 292.

- Smith, T. B., Holder, K. Girman, D. O'Keefe, K. Larison B. and Chan. T. 2000. Comparative avian phylogeography of Cameroon and Equatorial Guinea mountains: implications for conservation. *Molecular Ecology* 9:1505-1516.
- Tajima, F. 1989. Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism. *Genetics*. 123(3): 585-95.
- Tarango, L. A., Valdez, R., Zwank, P. J. and Cardenas, M. 1997. Mexican Spotted Owl Habitat Characteristics in Southwestern Chihuahua, México. *The Southwestern Naturalist* 42(2): 132-136.
- Tarango, L. A., Valdez, R., Clemente, F. and Mendoza. G. 2001. Roost site characteristics of Mexican Spotted Owl in Sierra Fría, Aguascalientes, México. *J. Raptor Research*. 35: 165-168.
- Uphyrkina, O., W. Johnson, H. Quigley, D. Miquelle, L. Marker, M. Bush, y S.J. O'Brien. 2001. Phylogenetics, genome diversity and the origin of modern leopard, *Panthera pardus*. *Molecular Ecology* 10:2617-2633.
- U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service. 1995. Recovery Plan for the Mexican spotted owl: Vol. I. Albuquerque, New México. 172pp.
- 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. <http://www.fws.gov>. (acceso en enero de 2015).
- Vázquez-Domínguez, E. 2007. Filogeografía y vertebrados, pp. 441-466. En: L. E. Eguiarte, V. Souza y X. Aguirre (compiladores). *Ecología molecular*. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México, D.F.
- Valadez, M.E. y Kahl, G. 2005. Huellas de ADN en genomas de plantas (teoría y protocolos de laboratorio). Editorial Mundi-Prensa, México, S. A. de C. V. 147 p.
- Ward, J. P., Franklin, A. B., Rinkevich, S. E. and Clemente. F. 1995. Chapter 1: Distribution and abundance of Mexican spotted owls. Pp. 1-14 in Recovery plan

for the Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida*), volume II. USDI Fish and Wildlife Service, Albuquerque, New Mexico, USA. Available from: <http://mso.fws.gov/recovery-plan.htm>.

- Willey, D. W. 1998. Movements and habitat utilization by Mexican Spotted Owls within the Canyonlands of Utah. Ph.D., Northern Arizona University, Flagstaff.
- Willey, D. W. and C. Van Riper III. 2015. Roost habitat of Mexican Spotted Owls (*Strix occidentalis lucida*) in the Canyonlands of Utah. *The Wilson Journal of Ornithology*, 127 (4):690-696. <http://dx.doi.org/10.1676/14-021.1>
- Young, K. E., Zwank, P. J., Valdez, R., Dye, J. L. and Tarango, L. A. 1997. Diet of the Mexican Spotted Owls in Chihuahua and Aguascalientes, México. *Journal Raptor Research*, 31: 376-380.
- Young, K. E., Valdez, R., Zwank, P. J., Gould, W. R. 1998. Density and Roost site Characteristics of Spotted Owls in the Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico. *The Condor*. 100:732-736.

2.8. CONCLUSIONES GENERALES

México es uno de los doce países con mayor diversidad, esta gran diversidad de flora y fauna silvestre se debe a la confluencia de dos zonas biogeográficas, favoreciendo además los endemismos. Sin embargo, el crecimiento demográfico acelerado y los frecuentes cambios en el uso del suelo, pone en riesgo constante a las poblaciones de fauna silvestre. El presente estudio se relacionó con identificar las preferencias de hábitat por el TMM y su filogenética en la región sur de la Sierra Madre Occidental.

En la región sur de la Sierra Madre Occidental, se localizaron 29 tecolotes en 11 sitios de descanso con un promedio 2.6 tecolotes/sitio. Los tecolotes percharon en encinos y en su mayoría se localizaron en los tipos de vegetación encino-pino y encinos. En los sitios de descanso se registraron 21 especies arbóreas pero las que presentaron el Índice de valor de importancia (IVI) mayor fueron los encinos. Asimismo, se identificaron 15 especies arbustivas y 14 de herbáceas en el hábitat del tecolote moteado (sitios de descanso y sitios aleatorios).

El tecolote prefirió descansar en laderas con exposición de la pendiente noreste y norte, en ramas orientadas en su mayoría hacia el norte y todos en áreas con tres estratos de vegetación y en el 36% de los sitios de descanso, los tecolotes utilizaron cuevas para descansar. Los sitios de descanso del TMM se ubicaron en áreas más inclinadas, y presentaron mayor cobertura de dosel, de hojarasca y rocas que los sitios aleatorios. Asimismo, la densidad de árboles vivos y muertos en los sitios de descanso fue mayor que la de los aleatorios. Los árboles de percha tuvieron una altura promedio de 10.5 m, un diámetro de 37.6cm y percharon comúnmente a una altura de 6.2m. Los sitios de descanso reproductivos se ubicaron en áreas más elevadas con una mayor densidad de árboles, con árboles de percha de mayor diámetro y árboles muertos sobre la superficie del suelo de mayores dimensiones que los encontrados en los sitios de descanso no reproductivos o aleatorios. Las variables que más explicaron la presencia del tecolote en el área de estudio fueron el DAP del árbol de percha, cobertura arbustiva del suelo y la altura del árbol de percha.

Asimismo, en la región sur de la Sierra Madre Occidental, se capturaron cuatro ejemplares de tecolotes moteados mexicanos, a los cuales se les extrajeron muestras de sangre, se pesaron y se obtuvieron sus medidas morfométricas. Las muestras de la PCR amplificaron con los dos primers diseñados para *Strix occidentalis lucida* y se obtuvieron dos secuencias. Los individuos analizados se clasificaron en un grupo monofilético, en el cual comparten caracteres genéticos similares indicando que los TMM provienen de un ancestro común. Los individuos de Durango y Aguascalientes mostraron haplotipos únicos lo que muy probablemente sus poblaciones se encuentran aisladas entre sí geográficamente y reproductivamente. Sin embargo, para entender mejor la filogenética de *S. occidentalis lucida*, en su área de distribución, se requieren estudios que incluyan más individuos, más sitios y en las diferentes regiones de México.

Los resultados de este estudio complementan los resultados de los estudios previos para entender mejor las necesidades de hábitat de la especie y establecen las bases para determinar cambios en la estructura genética de la especie en un futuro. Asimismo, la información sobre preferencia de hábitat y filogenética de esta especie, será de utilidad para establecer estrategias de manejo y conservación de *Strix occidentalis lucida* en su área de distribución.

2.9. ANEXOS

Anexo 1

Calendario de actividades realizadas en las diferentes áreas de estudio del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) por sitio de muestreo, julio 2015- Julio 2016.

Fechas	*Áreas
8 al 10 de julio de 2015	Área Natural Protegida Sierra Fría Aguascalientes.
8 al 11 de septiembre de 2015	Área Natural Protegida Sierra Fría Aguascalientes.
16 al 26 de octubre de 2015	Reserva de la biosfera la Michilía, Durango.
9 al 17 de febrero de 2016	Reserva de la biosfera la Michilía, Durango.
25 de febrero al 3 de marzo de 2016	Área Natural Protegida Sierra Fría Aguascalientes.
15 al 19 de marzo de 2016	UMA Sombreretillo, Tlachichila Zacatecas
5 al 8 de abril 2016	Área Natural Protegida Sierra Fría Aguascalientes.
8 al 11 de abril 2016	UMA Sombreretillo, Tlachichila Zacatecas
10 al 13 de mayo 2016	Reserva de la biosfera la Michilía, Durango.
14 al 24 de junio de 2016	Reserva de la biosfera la Michilía, Durango.
30 de junio al 3 de julio de 2016	Área Natural Protegida Sierra Fría Aguascalientes.
12 al 14 de julio de 2016	Área Natural Protegida Sierra Fría Aguascalientes.
14 al 16 de julio de 2016	UMA Sombreretillo, Tlachichila Zacatecas

Anexo 2

Sitios de descanso del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*).



Imagen superior, Barranca Angosta; Imagen inferior, Rincón Verde, Nochistlán de Mejía, Zacatecas.



Peña Parda, Nochistlán de Mejía, Zacatecas.



Corralitos, Súchil, Durango.



Hábitat en Mesa del Burro, Súchil, Durango.

Anexo 3



Tecolote superior izquierdo de Barranca Angosta, Nochistlán de Mejía, Zacatecas. Superior derecha, Rincón Verde, Nochistlán de Mejía, Zacatecas. Inferior izquierda, Laguna Seca, San José de Gracia, Sierra Fría Aguascalientes. Inferior derecha, Súchil, Durango.



Imagen superior pareja de tecolotes adultos, de Cueva Prieta, San José de Gracia, Aguascalientes. Imagen inferior, izquierda polluelo y a la derecha adulto, Chalchihuites, Zacatecas.

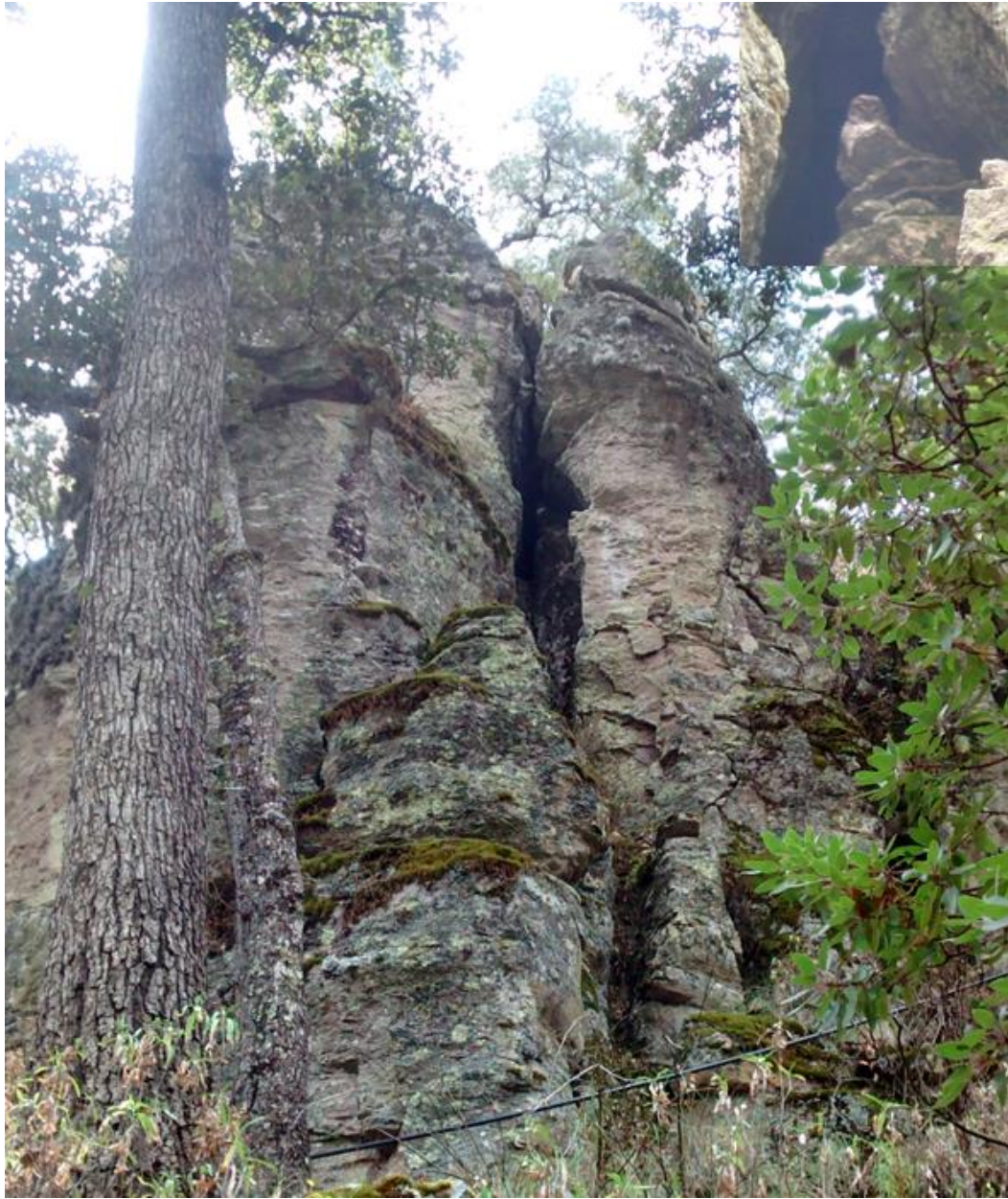
Anexo 4



Cueva Prieta, Sierra Fría Aguascalientes.



Cueva Prieta 2, Sierra Fría Aguascalientes.



Laguna seca, Sierra Fría, Aguascalientes.



Arroyo el Toribio, Reserva de la Biosfera la Michilía.

Anexo 5



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN
PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN GENERAL DE VIDA SILVESTRE

OFICIO NÚM. SGPA/DGVŚ/ 09969 /15

MÉXICO, D. F., A 18 - SEPTIEMBRE - 2015

"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

DR. LUIS ANTONIO TARANGO ARÁMBULA
COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS SAN LUIS POTOSÍ
CENTRO No. 73
SALINAS DE HIDALGO
SALINAS, SAN LUIS POTOSÍ
C.P. 78620-MÉXICO
TEL. 01 (496) 963 0240, E-MAIL: ltarango@colpos.mx

Considerando que ha dado cumplimiento a los requisitos establecidos para efectuar investigación y colecta científica de flora y fauna silvestres en territorio mexicano y con fundamento en el Artículo 32 Bis fracciones I, III, XXII, XXXIX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; Artículo 19 fracción XXV y 32 fracción VI, XVIII, XXI, XXIV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de noviembre de 2012; 79, 80 fracción I, 82, 83 y 87 párrafo cuarto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; Artículos 9º. Fracción XII, 97 y 98 de la Ley General de Vida Silvestre; 12, 123 Fracción IV y 126 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre; Artículo 85, Artículo 88, fracciones I y II, Artículo 105, fracciones II y III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (ANP's); las disposiciones relativas de la Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000, por la que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional; la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo, la Dirección General de Vida Silvestre **autoriza** la licencia de colecta científica por proyecto sobre especies o poblaciones en riesgo o sobre hábitat crítico, para desarrollar las siguientes actividades inherentes al proyecto de investigación denominado: **"Hábitat y relación filogenética del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en la Sierra Madre Occidental, México"**:

- Contención de hasta diez (10) ejemplares por localidad de "búho manchado o tecolote moteado mexicano" *Strix occidentalis lucida* para la obtención de una muestra de sangre (1 a 3 ml.) y una muestra de pluma por ejemplar para realizar análisis genéticos y su liberación inmediata en el área de colecta.

Las actividades se llevarán a cabo en el ANP Sierra Fría, **estado de Aguascalientes**; APRN Sierra de Ajos-Bavispe, **estado de Sonora**; PN Los Mármoles, **estado de Hidalgo**; RB La Michilila, **estado de Durango** y la localidad de Tlachichila, **estado de Zacatecas**. La presente autorización tendrá una vigencia de un (01) año a partir de la emisión de la misma.

La presente se expide con el aval del Colegio de Postgraduados - Campus San Luis Potosí, con la colaboración de la Ecóloga. Mariana Jovita Silva Piña, C. Fernando Clemente Sánchez, C. César Cortés Romero y el C. Alejandro Velázquez Martínez **debiendo sujetarse obligatoriamente el titular y los colaboradores a las siguientes condiciones:**

Continúa al reverso.../
Hoja 1 de 2

Ejército Nacional número 223,
Colonia Anáhuac, Delegación Miguel Hidalgo
Código Postal 11320, Distrito Federal

1.- **Cumplir con las disposiciones Administrativas, Fiscales y de Sanidad exigibles por las autoridades competentes en la materia, sean Federales, Estatales o Municipales, así como con las disposiciones establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Áreas Naturales Protegidas y demás disposiciones legales aplicables.**

2.- **Obligatoriamente y previo al inicio de las actividades de campo, deberá contactar al Director(a) o encargado(a) del ANP Sierra Fría, APRN Sierra de Ajos-Bavispe, PN Los Mármoles y la RB La Michilía; lo anterior para coordinar las actividades de campo con el personal del ANP, presentar su programa de actividades, lista de participantes y fechas en que pretende ingresar al Parque; asimismo se le asignará el personal del ANP que lo acompañará durante los trabajos de campo y deberá acatar las indicaciones y recomendaciones que le haga dicho personal.**

3.- **En todo momento el investigador será responsable de los impactos significativos que haya sobre las poblaciones de la flora o fauna silvestres y sus hábitats, por lo que deberá considerar el riesgo de perturbación del ecosistema, antes de su ejecución y no llevarlo a cabo si el riesgo es alto.**

4.- **Previo al inicio de las actividades de campo, deberá enviar obligatoriamente por escrito y utilizando cualquier medio su programa de trabajo a las Delegación Federal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en los Estados de **Aguascalientes** 01 (449) 910 1107, **Durango** 01 (618) 827 0211, **Hidalgo** 01 (771) 717 9416, **Sonora** 01 (662) 259 2708 y **Zacatecas** 01 (492) 923 9908, enviando copia del mismo a la Dirección General de Vida Silvestre. De igual manera, al término de dichas actividades lo notificará a esa Delegación Federal, enviando un reporte detallado por escrito.**

5.- **La totalidad del material colectado deberá destinarse exclusivamente a los fines específicos del proyecto, objeto de la presente autorización. Con base al Capítulo IV, Artículo 98 de la Ley General de Vida Silvestre, el material biológico colectado (muestras de sangre y muestras de plumas) serán depositados en el laboratorio del campo experimental "La Huerta", campus San Luis Potosí, del Colegio de Postgraduados, para realizar análisis genéticos como medio para el análisis de la relación filogenética poblacional, y el titular de la autorización asume la responsabilidad de remitir a esta Dirección General, copia de la(s) constancia(s) del(los) depósitos(s) debidamente firmado(s), especificando la cantidad del material depositado.**

6.- **Con base al Capítulo IV, Artículo 98 de la Ley General de Vida Silvestre y 126 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, el responsable del proyecto deberá someter a la consideración de la Dirección General de Vida Silvestre, en un plazo no mayor de 30 (TREINTA) días de concluida la vigencia de la presente, un informe que describa detalladamente las actividades realizadas, los resultados obtenidos, la problemática del área trabajada, las potenciales alternativas de solución y -en su oportunidad-, la(s) publicación(es) y sobre tiros producto de la investigación.**

7.- **Queda estrictamente prohibido efectuar cualquier aprovechamiento de las especies de flora y fauna silvestres, cualesquiera que sea su estatus, excepto lo aquí autorizado, así como realizar actividades en áreas naturales protegidas de México, sean Estatales o Federales, sin previa autorización.**

8.- **De acuerdo al Artículo 87 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y al Capítulo IV, Artículo 97 de la Ley General de Vida Silvestre, esta autorización no ampara el aprovechamiento del material biológico colectado para fines comerciales, ni de utilización en biotecnología.**

M



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN
PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL
DIRECCIÓN GENERAL DE VIDA SILVESTRE

OFICIO NÚM. SGPA/DGVS/ 09969 /15

MÉXICO, D. F., A 18 - SEPTIEMBRE - 2015

Se recomienda que durante sus actividades de campo, en el caso de observar ejemplares de especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, se notifique de ello (la especie, ubicación geográfica y la fecha) a esta Dirección General, en el informe de actividades antes mencionado.

La presente autorización es personal e intransferible y habrá de mostrarse a las Autoridades Federales, Estatales y Municipales cuantas veces lo soliciten. Así mismo y tomando en consideración lo establecido en el Artículo 87 de la Ley General de Vida Silvestre el titular de la presente deberá contar con el consentimiento previo, expreso e informado de los legítimos propietarios de la(s) tierra(s) donde pretende desarrollar el proyecto.

El incumplimiento de las condiciones aquí establecidas, dará origen a la instauración de un procedimiento administrativo ante la autoridad competente, para proceder a la cancelación de la autorización y a la aplicación de la legislación correspondiente, según sea el caso.

EL DIRECTOR GENERAL

JORGE MAKS BEDIAN DE LA ROQUETTE

- C.c.p- E. Joel González Moreno.- Director General de Inspección de Vida Silvestre, Recursos Marinos y Ecosistemas Costeros, PROFEPA. e-mail: vida_silvestre@profepa.gob.mx, imejia@profepa.gob.mx
 C. Luis Felipe Ruvalcaba Arellano.- Encargado del Despacho de la SEMARNAT en el Estado de Aguascalientes.- e-mail: delegado@aguascalientes.semarnat.gob.mx
 C. Ricardo Edmundo Karam Von Bertrab.- Delegado Federal de la SEMARNAT en el Estado de Durango.- e-mail: delegado@durango.semarnat.gob.mx
 C. Federico Vera Copca.- Delegado Federal de la SEMARNAT en el Estado de Hidalgo.- e-mail: delegado@hidalgo.semarnat.gob.mx
 C. Jorge Andrés Sullo Orozco.- Delegado Federal de la SEMARNAT en el Estado de Sonora.- e-mail: delegado@sonora.semarnat.gob.mx
 C. Julio César Nava de la Riva.- Delegado Federal de la SEMARNAT en el Estado de Zacatecas.- e-mail: delegado@zacatecas.semarnat.gob.mx
 C. David Gutiérrez Carbonell.- Director General de Manejo para la Conservación de Áreas Naturales Protegidas, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. e-mail: daguti@conanp.gob.mx
 C. Valery Madero Mabama.- Coordinadora de Asesores de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental.- e-mail: coordinación.sgpa@semarnat.gob.mx
 C. Fernando Sánchez Camacho.- Departamento de Análisis para el Aprovechamiento de Otras Especies. e-mail: fsanchez@semarnat.gob.mx

Archivo General 09/K5-0343/09/15
LEGM/MACOFSC/OCT

c:oscar/colecta cientifica/permiso especial_Luis Tarango (búho manchado) SUNIVS (09-09-15)

"Por uso eficiente del papel, las copias de conocimiento de este asunto son remitidas vía electrónica".

Hoja 2 de 2

Ejército Nacional número 223,
Colonia Anáhuac, Delegación Miguel Hidalgo
Código Postal 11320, Distrito Federal

Anexo 6



Imagen superior izquierda y derecha, tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) de Chalchihuites, Zacatecas, esquina inferior izquierda de Suchil, Durango, esquina inferior derecha ejemplar atrapado en red de niebla, en Nochistlán de Mejía, Zacatecas.