



COMUNIDAD DE BÚHOS EN UN BOSQUE TEMPLADO EN MÉXICO

Eladio C. Fernández-Martínez¹, Paula L. Enríquez²

¹Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de mayo s/n Esq. Fuerte de Loreto. Col. Ejército de Oriente. Distrito Federal, México.

²Departamento Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio Ma. Auxiliadora 29290 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

E-mail: Paula L. Enríquez · penrique@ecosur.mx

Resumen · Los bosques templados son algunos de los ecosistemas más amenazados en México. Las alteraciones en los bosques modifican la estructura de la vegetación y provocan cambios en la distribución y abundancia de las especies. Los búhos son elementos importantes en los bosques y estudiarlos permitirá entender su distribución, abundancia y las variables de la vegetación asociadas a su presencia. Para estimar los índices de abundancia relativa de cinco especies de búhos en el Área Natural Protegida Bosque Mágico de Piedra Canteada en Tlaxcala, México, se recorrieron tres transectos en 2012 y 2015. Asimismo, se evaluó el uso de hábitat de las especies en los cinco tipos de vegetación en el área y se midieron variables estructurales de la vegetación para relacionarlas con la presencia de las especies. *Aegolius acadicus*, *Psilosops flammeolus* y *Bubo virginianus* fueron las especies regularmente registradas, mientras que *Tyto furcata* y *Megascops kennicottii* presentaron los menores índices de abundancia. Aunque todas las especies utilizaron el bosque de encino, al ser el hábitat más disponible, su uso fue heterogéneo. Tres especies de búhos se asociaron con seis variables estructurales de la vegetación, dos fisiográficas y dos del paisaje. Este estudio proporciona una primera aproximación a los patrones de abundancia, uso de hábitat y las variables de la vegetación asociada a los búhos en un bosque templado en el noroeste de Tlaxcala, México.

Abstract · Owl community in a temperate forest in Mexico

Temperate forests are one of the most threatened ecosystems in Mexico. The alterations in the forests modify the vegetation structure and cause changes in the distribution and abundance of the species. Owls are important elements in forests and studying them will allow the understanding of their abundance, distribution, and associated vegetation variables. We surveyed three linear transects in 2012 and 2015 to estimate the relative abundance of five owl species in the Bosque Mágico de Piedra Canteada Natural Protected Area, Tlaxcala, Mexico. We also evaluated habitat use of the owl species and measured some vegetation variables to associate them to the owls' presence. *Aegolius acadicus*, *Psilosops flammeolus* and *Bubo virginianus* were the most frequently registered species, while *Tyto furcata* and *Megascops kennicottii* had the lesser abundance indexes. Even when all species used the oak forest as it was the most available habitat, their usage was heterogeneous. Three owl species were associated with eight structural vegetation variables, two physiographic, and two landscape variables. This study provides the first approximation to the patterns of abundance, habitat use, and the variables of the vegetation associated with owl species in temperate forests in the northwest of Tlaxcala, Mexico.

Key words: Abundance · Conservation · Habitat · Pine-fir forest · Vegetation variables

INTRODUCCIÓN

Los bosques templados han sido los ecosistemas forestales más fragmentados de México: se ha estimado que el 54% de la superficie remanente consta de fragmentos menores a 80 km² (Semarnat 2016). Estos bosques se han transformado en ecosistemas amenazados por la agricultura, pastizales para ganado, su potencial para la producción de madera y el incremento del espacio urbano (Semarnat 2013, Galicia & García-Romero 2007). También, estos bosques se utilizan como fuente de leña o carbón por las comunidades aledañas, y las tasas de deforestación de 1976 a 2000 en bosques templados en México fueron estimadas en 0,25% por año (Mas et al. 2004). La intensidad de las perturbaciones no solo elimina la cubierta forestal, sino que también modifica la estructura de la vegetación, lo que provoca cambios en la distribución, riqueza y abundancia de las especies (Thiollay 2007, Sberze et al. 2010).

Dos parámetros ecológicos, la distribución y la abundancia de las especies, dependen en gran medida de los requerimientos particulares y la selección de los hábitats óptimos (Moilanen & Hanski 1998), por lo que entender los atributos del hábitat que utiliza una determinada especie puede explicar la distribución de las especies en un ensamble y ayuda a inferir procesos de selección y uso de hábitat (Wiens 1989, Block & Brennan 1993).

Submitted 03 May 2020 · First decision 08 June 2020 · Acceptance 26 September 2020 · Online publication 21 October 2021

Communicated by Luis Sandoval © Neotropical Ornithological Society

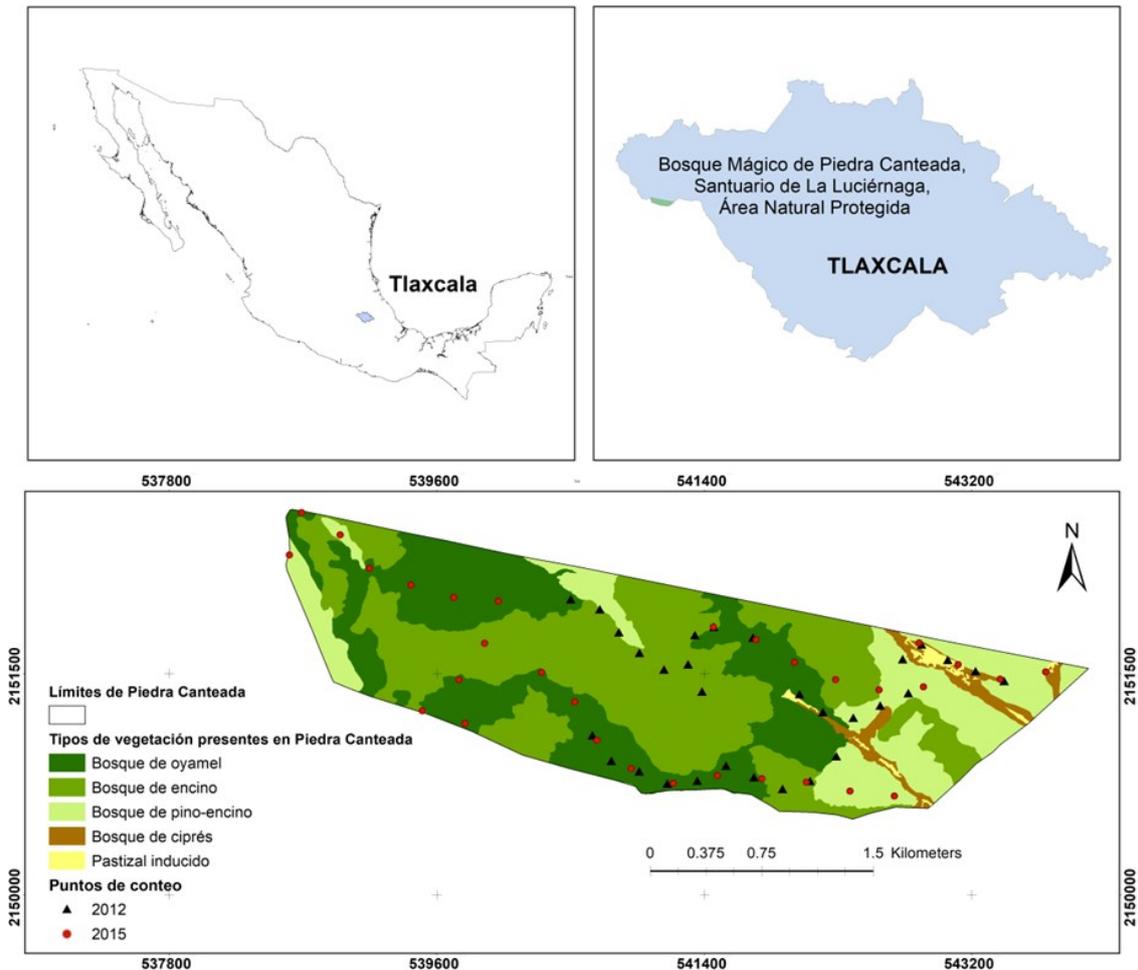


Figura 1. Localización del Área Natural Protegida Bosque Mágico de Piedra Canteada, municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala. Ubicación de los tipos de vegetación y de los puntos de conteo en los transectos recorridos.

Uno de los grupos avifaunísticos que habitan principalmente en áreas boscosas son las rapaces nocturnas (Marcot 1995). Estas especies generalmente presentan bajas densidades, son depredadoras y pueden limitar el número de sus presas (Newton 1998). Por lo tanto, son especies importantes en la estructura y función de las comunidades naturales (Thiollay 1996, Sheffield 2007), y pueden ser indicadoras de la calidad y conservación de los ecosistemas. Las especies de búhos utilizan de forma diferencial los tipos de vegetación, y este proceso de selección de hábitat ha sido explicado por componentes de la estructura de la vegetación. Por ejemplo, las abundancias u ocurrencias de las especies se han asociado a variables de la vegetación, como la altura de los árboles, la distribución vertical del follaje, la cobertura del sotobosque, el diámetro a la altura del pecho, el número de troncos caídos, la distancia a las fuentes de agua más cercana, entre otros (e.g., Ganey et al. 2005, Enríquez & Rangel-Salazar 2007, Vázquez-Pérez et al. 2011). Estas relaciones permiten entender la ecología de las especies, sus interacciones ambientales y ayudan a determinar el manejo y conservación de estas especies en ambientes forestales.

Los estudios sobre aves rapaces nocturnas en México han sido escasos (Enríquez et al. 2012). Además, pocos se han realizado a nivel de comunidades en bosques templados de montaña (e.g., Martínez Ortega 2010, Ortiz-Pulido & Lara 2014), los cuales deberán ser considerados como prioridades de investigación y conservación. En este estudio evaluamos

la abundancia relativa y el uso de hábitat de cinco especies de búhos (*Tyto furcata*, *Psiloscops flammeolus*, *Megascops kennicottii*, *Bubo virginianus* y *Aegolius acadicus*) en un bosque templado durante dos años y cómo estas estimaciones se relacionan con variables de la vegetación. Este estudio permitirá comprender la distribución, abundancia relativa y uso de la vegetación de especies de búhos en ambientes amenazados como los bosques templados en México.

MÉTODOS

Área de estudio. El Área Natural Protegida Bosque Mágico de Piedra Canteada, Santuario de La Luciérnaga, es un Área Destinada Voluntariamente a la Conservación. Esta categoría es un mecanismo de conservación en el que las comunidades locales participan en la construcción de estrategias que norman estas áreas (CONANP-GIZ 2018). Esta área natural se encuentra en San Felipe Hidalgo, en el municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala ($19^{\circ}26'53,9''$, $19^{\circ}27'57,6''$ N y $98^{\circ}34'48,32''$, $98^{\circ}37'45,8''$ O; Figura 1). Esta área tiene una extensión de 632 ha, con una elevación que varía entre los 2753 y 3322 m s.n.m. (Ayuntamiento de Nanacamilpa 2011). El clima en el área es templado subhúmedo, con una temperatura media anual que oscila entre 12° C y 18° C, y la precipitación media anual fluctúa entre 700 y 1000 mm (INEGI 2011). La época de lluvias es durante el verano (de junio a agosto son los meses más lluviosos). La vegetación dominan-

Tabla 1. Abundancias relativas (ind/km) y desviación estándar (DS) para cinco especies de búhos entre 2012 y 2015 en el Área Natural Protegida Bosque Mágico de Piedra Canteada, Tlaxcala, México. El orden de las especies está de mayor a menor índice de abundancia.

Especie	Abundancia relativa (ind/km)		DS	Abundancia relativa (ind/km)		DS
	2012			2015		
<i>Aegolius acadicus</i>	0,338		0,361	0,305		0,333
<i>Bubo virginianus</i>	0,142		0,103	0,204		0,125
<i>Psiloscops flammeolus</i>	0,131		0,138	0,396		0,346
<i>Tyto furcata</i>	0,022		0,044	0,136		0,121
<i>Megascops kennicottii</i>	0,011		0,029	0,034		0,038

Tabla 2. Uso de hábitat de cinco especies de búhos en el Área Natural Protegida Bosque Mágico de Piedra Canteada de acuerdo a su disponibilidad. U<D: hábitat usado en menor proporción a lo disponible, U>D: hábitat usado más de lo disponible y U = D: hábitat usado igual a lo disponible. En negritas, el hábitat fue usado más de lo disponible ($P < 0.05$).

Especie	Hábitat	Proporción de hábitat disponible		Intervalos Bonferroni ($P < 0,05$)	Conclusión	χ^2	P
		disponible	Usado				
<i>Tyto furcata</i>	Bosque encino	0,44	0,13	0,00-0,043	U<D	5,94	0,2
	Bosque oyamel	0,32	0,38	0,00-0,082	U=D		
	Bosque pino-encino	0,2	0,5	0,05-0,096	U=D		
<i>Psiloscops flammeolus</i>	Bosque encino	0,44	0,27	0,03-0,052	U<D	4,64	0,32
	Bosque oyamel	0,32	0,5	0,23-0,078	U=D		
	Bosque pino-encino	0,2	0,23	0,00-0,04	U=D		
<i>Megascops kennicottii</i>	Bosque encino	0,44	1	1,00-1,00	U=D	1,25	0,86
<i>Bubo virginianus</i>	Bosque encino	0,44	0,2	0,00-0,53	U<D	12,82	0,01
	Bosque oyamel	0,32	0,1	0,00-0,34	U<D		
	Bosque pino-encino	0,2	0,6	0,20-0,99	U>D		
<i>Aegolius acadicus</i>	Bosque ciprés	0,03	0,1	0,00-0,34	U>D	79,77	<0,0001
	Bosque encino	0,44	0,28	0,01-0,55	U<D		
	Bosque oyamel	0,32	0,22	0,00-0,48	U<D		
	Bosque pino-encino	0,2	0,11	0,00-0,30	U<D		
	Bosque ciprés	0,03	0,39	0,09-0,67	U>D		

te está compuesta por bosques de encino y de pino (*Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*) con asociaciones de encinos (*Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Q. crassipes*). También hay bosques de oyamel, donde la especie dominante es *Abies religiosa*, con *Alnus jorullensis*, *Salix paradoxa* y *Arbutus xalapensis*, en menor proporción bosques de cipreses (*Juniperus* sp.) y también hay áreas de pastizal inducido (INEFED 2008).

Para estimar la abundancia relativa de las especies de búhos en el área, se recorrieron tres transectos lineales en 2012, de aproximadamente 2 km cada uno, y de 3 km cada uno en 2015 (Figura 1). Cada transecto se dividió en 10 estaciones o puntos de muestreo cada 200 o 300 m, que se recorrieron a pie al anochecer dos veces al mes durante 8 meses (enero a abril, junio a septiembre 2012 y de febrero a abril, junio, agosto y noviembre de 2015; Fuller & Mosher 1987, Enríquez & Rangel-Salazar 2001, Buckland et al. 2008). El método usado fueron llamados espontáneos, que consiste en permanecer por 10 minutos en cada estación o punto para registrar todos los individuos y especies de búhos que vocalizaran o fueran vistos (Fuller & Mosher 1987). No se utilizó provocación auditiva. Cuando se registró alguna vocalización, y para evitar contar el mismo individuo más de una vez, determinamos la localización aproximada de los individuos por triangulación con brújulas en dos puntos separados aproximadamente por 50 m (Bell 1964). El tiempo de traslado entre estaciones fue de 15 minutos aproximadamente. La abundancia relativa se estimó como el número de individuos detectados de cada especie por kilómetro recorrido (ind/km) (Enríquez & Rangel-Salazar 2001).

Para identificar los diferentes tipos de cobertura vegetal, se analizaron imágenes satelitales de la vegetación del área de estudio en 2014 (Digital Globe 2016). Cada polígono de cobertura se diferenció analizando el color y la textura de la imagen satelital, y complementándola con información co-

lectada en campo. Se identificaron cinco tipos de cobertura o tipo de vegetación, se calculó posteriormente la superficie por tipo de vegetación y se convirtió a porcentajes. El hábitat se consideró el tipo de vegetación, el cual se distribuyó de la siguiente forma: el bosque de encino abarcó aproximadamente el 44,45% del área de Piedra Canteada; el de oyamel, 31,96%; el de pino-encino, 19,68%; el de ciprés, 3,03%, y los pastizales inducidos el 0,88% (Figura 1).

Para determinar el uso de hábitat para cada especie solo para el 2015, se relacionó la disponibilidad de los tipos de bosques con la frecuencia de los registros de las especies por tipo de vegetación por medio del programa HABUSE (Byers et al. 1984). Este programa utiliza un análisis de chi cuadrada (χ^2) con límites de Bonferroni del 95%.

Para asociar diferentes variables estructurales de vegetación, fisiográficas y de paisaje (Hays et al. 1981, Mosher et al. 1987), se establecieron 53 parcelas cuadradas de 22 x 22 m (tamaño utilizado para estudios de vegetación de bosques, Ramírez 2006), donde se registraron los búhos. Las variables medidas fueron: número de árboles por parcela, promedio de la altura de los árboles (m), promedio del DAP en cm, presencia de árboles con DAP > 30 cm y > 60 cm, dominancia de especies de árboles, número de árboles jóvenes con DAP <30 cm y adultos >30 cm, porcentaje de la cobertura del dosel, altura máxima del dosel y tipo de disturbio (donde 0 = sin disturbio aparente, 1 = evidencia de incendios, 2 = extracción de leña, 3 = cultivos o parcelas de cultivo y 4 = pastoreo). También se midió la altitud y la pendiente, la distancia (m) a la fuente de agua más cercana, al área abierta más cercana y al asentamiento humano más cercano (al borde de bosque más cercano y a la parcela de cultivo más cercana). Los registros de los búhos en las 53 parcelas conformaron la base de datos de la vegetación, para los cuales la relación de las variables de la vegetación y la presencia de cada una de las especies se analizó con un MLG (R Core Team et al. 2016).

Tabla 3. Relación entre la presencia de cuatro especies de búhos con las variables estructurales de la vegetación en el Área Natural Protegida Bosque Mágico de Piedra Canteada, municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala. F: estadístico de prueba de un modelo lineal generalizado (de la familia Quasibinomial y ajustado con un análisis de devianza), P: probabilidad, *: relación positiva significativa, **: relación negativa significativa, \bar{X} : promedio de los valores registrados para cada variable por especie con su desviación estándar (\pm), Prop: proporción.

Variables estructurales de la vegetación	Especies de búhos			
	<i>Tyto furcata</i>	<i>Psiloscops flammeolus</i>	<i>Bubo virginianus</i>	<i>Aegolius acadicus</i>
Diámetro a la altura del pecho (DAP)	F _{1,51} = 0,75 P = 0,24 \bar{X} = 26,73 ± 12,7	F _{1,51} = 0,29 P = 0,59 \bar{X} = 25,07 ± 6,5	F _{1,51} = 4,37** P = 0,04 \bar{X} = 20,11 ± 5,5	F _{1,51} = 0,16 P = 0,68 \bar{X} = 25,09 ± 8,5
Presencia de árboles con un DAP ≥ 60 cm	F _{1,51} = 1,54 P = 0,21 Prop = 0,87	F _{1,51} = 0,15 P = 0,69 Prop = 0,66	F _{1,51} = 0,32 P = 0,56 Prop = 0,77	F _{1,51} = 0,26 P = 0,61 Prop = 0,64
Promedio de la altura de los árboles	F _{1,51} = 1,29 P = 0,26 \bar{X} = 23,37 ± 10,5	F _{1,51} = 3,09 P = 0,08 \bar{X} = 22,64 ± 8,1	F _{1,51} = 9,84** P = 0,002 \bar{X} = 13,63 ± 5,1	F _{1,51} = 0,31 P = 0,57 \bar{X} = 18,97 ± 8,5
Número de árboles juveniles	F _{1,51} = 0,46 P = 0,5 \bar{X} = 28,12 ± 17,0	F _{1,51} = 2,71 P = 0,1 \bar{X} = 38,42 ± 19,9	F _{1,51} = 0,62 P = 0,43 \bar{X} = 37,77 ± 31,0	F _{1,51} = 5,28** P = 0,02 \bar{X} = 22,78 ± 12,7
Número de árboles maduros	F _{1,51} = 0,16 P = 0,68 \bar{X} = 4,75 ± 3,2	F _{1,51} = 1,81 P = 0,18 \bar{X} = 5,90 ± 2,7	F _{1,51} = 5,57** P = 0,02 \bar{X} = 3,22 ± 1,7	F _{1,51} = 0,83 P = 0,36 \bar{X} = 5,85 ± 4,1
Proporción de árboles vivos	F _{1,51} = 1,86 P = 0,17 Prop = 0,99	F _{1,51} = 1,7 P = 0,19 Prop = 0,97	F _{1,51} = 0,94 P = 0,33 Prop = 0,97	F _{1,51} = 2,64 P = 0,11 Prop = 0,97
Altura máxima del dosel	F _{1,51} = 0,07 P = 0,78 \bar{X} = 42,61 ± 13,4	F _{1,51} = 4,03* P = 0,04 \bar{X} = 50,02 ± 15,45	F _{1,51} = 0,3 P = 0,58 \bar{X} = 41,21 ± 20,9	F _{1,51} = 1,42 P = 0,23 \bar{X} = 39,37 ± 19,33
Porcentaje de la cobertura del dosel	F _{1,51} = 0,04 P = 0,84 \bar{X} = 68,72 ± 15,0	F _{1,51} = 6,7* P = 0,01 \bar{X} = 76,82 ± 13,4	F _{1,51} = 0,4 P = 0,52 \bar{X} = 66,53 ± 18,0	F _{1,51} = 4,53** P = 0,03 \bar{X} = 61,46 ± 18,6
Profundidad del mantillo	F _{1,51} = 0,37 P = 0,54 \bar{X} = 6,52 ± 2,54	F _{1,51} = 3,23 P = 0,07 \bar{X} = 8,32 ± 3,9	F _{1,51} = 2,38 P = 0,12 \bar{X} = 9,0 ± 3,80	F _{1,51} = 10,93** P = 0,001 \bar{X} = 4,77 ± 2,29
Disturbio en la cobertura vegetal y uso del suelo	F _{1,51} = 0,01 P = 0,89 \bar{X} = 2,25 ± 0,70	F _{1,51} = 6,97** P = 0,01 \bar{X} = 1,80 ± 0,87	F _{1,51} = 0,64 P = 0,42 \bar{X} = 2,44 ± 0,88	F _{1,51} = 3,23 P = 0,07 \bar{X} = 2,57 ± 0,93

RESULTADOS

Durante los dos años de muestreo se registraron cinco especies de búhos en el Área Natural Protegida Bosque Mágico de Piedra Canteada. Las especies fueron: *T. furcata*, *P. flammeolus*, *M. kennicottii*, *B. virginianus* y *A. acadicus*. Aunque *Glaucidium gnoma* era una especie potencial para registrar en el sitio, no se registró durante los muestreos realizados.

A. acadicus fue la especie que presentó los valores mayores de abundancia relativa (0,34 ind/km) en 2012, seguida de *P. flammeolus* (0,39 ind/km) en 2015 (Tabla 1). La segunda especie con mayor abundancia en 2012 fue *B. virginianus* (0,14 ind/km), mientras que en 2015 fue *A. acadicus* (0,30 ind/km) (Tabla 1). La especie menos abundante en ambos años fue *M. kennicottii* (0,01 ind/km y 0,03 ind/km).

El análisis de uso de hábitat de las especies para 2015 mostró un uso y distribución diferente en los cinco tipos de vegetación disponible. Ninguna de las especies registradas utilizó el pastizal inducido en el área y *M. kennicottii* solamente se registró en el bosque de encino (Tabla 2). Este tipo de bosque fue el que presentó la mayor disponibilidad en el área y fue utilizado por todas las especies registradas. *T. furcata* y *P. flammeolus* utilizaron tres tipos de vegetación, pero no con frecuencia mayor a lo disponible, mientras que *B. virginianus* y *A. acadicus* utilizaron todos los tipos de bosque presentes en el área. *B. virginianus* utilizó el bosque de pino-encino y el bosque de ciprés más de lo disponible, mientras que *A. acadicus* utilizó el bosque de ciprés más de lo disponible. Este tipo de bosque fue el menos disponible en el área de estudio, con tan solo el 3,03% del área total (Tabla 2).

De acuerdo con el análisis de las variables estructurales de la vegetación, solamente la presencia de tres especies de búhos (*P. flammeolus*, *B. virginianus* y *A. acadicus*) se rela-

cionó con algunas variables de la vegetación, fisiográficas y del paisaje. Ni *T. furcata* ni *M. kennicottii* mostraron una relación con alguna variable. *M. kennicottii* tuvo muy pocos registros y no pudieron hacerse estos análisis.

P. flammeolus presentó una relación con siete variables. Esta especie se encontró en sitios con la mayor altura y porcentaje del dosel (Tabla 3), con el menor disturbio en la cobertura vegetal, la mayor altitud en el área y la mayor pendiente, pero también con la mayor distancia al borde del bosque más cercano y la mayor distancia a la parcela de cultivo más cercana (Tablas 3 y 4). Para *B. virginianus* se relacionaron seis variables, que fueron el menor diámetro a la altura del pecho (DAP), la menor altura de los árboles, el menor número de árboles maduros, la menor altitud, la menor distancia al borde del bosque más cercano y la menor distancia a la parcela de cultivo más cercana (Tablas 3 y 4). Para *A. acadicus* solo se relacionaron cuatro variables significativas, que fueron el menor número de árboles juveniles, el menor porcentaje de dosel, el menor promedio de la profundidad del mantillo y la menor distancia a la parcela de cultivo más cercana (Tablas 3 y 4).

DISCUSIÓN

Las cinco especies registradas en este estudio se encuentran en una categoría de preocupación menor (IUCN 2019). Las especies registradas en ambos años fueron *A. acadicus*, *P. flammeolus* y *B. virginianus*, las cuales han sido reportadas como asociadas a bosques (König et al. 2008). No registramos en este estudio a *G. gnoma* en ninguno de los años muestreados y fueron pocos registros los de *M. kennicottii*, que fue la especie menos abundante. Sin embargo, en otro estudio realizado de agosto de 2005 a febrero de 2006 en el

Tabla 4. Relación entre la presencia de cuatro especies de búhos con las variables fisiográficas y del paisaje en el Área Natural Protegida Bosque Mágico de Piedra Canteada, municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala. F: estadístico de prueba de un modelo lineal generalizado (de la familia Quasibinomial y ajustado con un análisis de devianza), P: probabilidad, *: relación positiva significativa, **: relación negativa significativa, \bar{X} : promedio de los valores registrados para cada variable por especie con (\pm) su desviación estándar.

Variabes fisiográficas	<i>Tyto furcata</i>	<i>Ptiloscoptes flammeolus</i>	<i>Bubo virginianus</i>	<i>Aegolius acadicus</i>
Altitud	$F_{1,51} = 1,07$ $P = 0,3$ $\bar{X} = 2960,50 \pm 186,75$	$F_{1,51} = 5,21^*$ $P = 0,02$ $\bar{X} = 2964,76 \pm 172,88$	$F_{1,51} = 8,7^{**}$ $P = 0,000$ $\bar{X} = 2811,77 \pm 37,20$	$F_{1,51} = 2,87$ $P = 0,09$ $\bar{X} = 2849,35 \pm 113,68$
Promedio de la inclinación de la pendiente	$F_{1,51} = 2,94$ $P = 0,09$ $\bar{X} = 11,84 \pm 7,4$	$F_{1,51} = 5,16^*$ $P = 0,02$ $\bar{X} = 18,59 \pm 6,6$	$F_{1,51} = 0,07$ $P = 0,78$ $\bar{X} = 16,44 \pm 6,0$	$F_{1,51} = 1,72$ $P = 0,19$ $\bar{X} = 13,62 \pm 8,16$
Variabes del paisaje	<i>Tyto furcata</i>	<i>Ptiloscoptes flammeolus</i>	<i>Bubo virginianus</i>	<i>Aegolius acadicus</i>
Distancia al camino transitado más cercano	$F_{1,51} = 0,54$ $P = 0,46$ $\bar{X} = 159,89 \pm 123,33$	$F_{1,51} = 0,57$ $P = 0,45$ $\bar{X} = 138,39 \pm 214,54$	$F_{1,51} = 1,62$ $P = 0,2$ $\bar{X} = 68,69 \pm 64,43$	$F_{1,51} = 0,22$ $P = 0,63$ $\bar{X} = 100,33 \pm 133,60$
Distancia a la fuente de agua más cercana	$F_{1,51} = 0,77$ $P = 0,38$ $\bar{X} = 972,85 \pm 989,50$	$F_{1,51} = 1,58$ $P = 0,21$ $\bar{X} = 906,57 \pm 887,01$	$F_{1,51} = 2,4$ $P = 0,12$ $\bar{X} = 458,58 \pm 229,19$	$F_{1,51} = 1,06$ $P = 0,3$ $\bar{X} = 582,49 \pm 475,79$
Distancia al área abierta más cercana	$F_{1,51} = 0,77$ $P = 0,38$ $\bar{X} = 197,50 \pm 152,04$	$F_{1,51} = 0,12$ $P = 0,72$ $\bar{X} = 149,65 \pm 115,37$	$F_{1,51} = 0,06$ $P = 0,8$ $\bar{X} = 167,91 \pm 111,52$	$F_{1,51} = 0,01$ $P = 0,7$ $\bar{X} = 146,10 \pm 170,30$
Distancia al asentamiento humano más cercano	$F_{1,51} = 1,08$ $P = 0,3$ $\bar{X} = 1102,62 \pm 986,95$	$F_{1,51} = 1,56$ $P = 0,21$ $\bar{X} = 987,31 \pm 973,34$	$F_{1,51} = 2,7$ $P = 0,1$ $\bar{X} = 472,12 \pm 130,21$	$F_{1,51} = 0,75$ $P = 0,38$ $\bar{X} = 656,82 \pm 600,24$
Distancia al ecotono más cercano	$F_{1,51} = 3,1$ $P = 0,08$ $\bar{X} = 79,87 \pm 64,43$	$F_{1,51} = 0,0003$ $P = 0,98$ $\bar{X} = 50,28 \pm 48,79$	$F_{1,51} = 0,02$ $P = 0,87$ $\bar{X} = 52,54 \pm 46,88$	$F_{1,51} = 2,3$ $P = 0,13$ $\bar{X} = 34,46 \pm 32,58$
Distancia al borde del bosque más cercano	$F_{1,51} = 1,11$ $P = 0,29$ $\bar{X} = 2126,29 \pm 1106,82$	$F_{1,51} = 6,82^*$ $P = 0,01$ $\bar{X} = 2208,37 \pm 945,71$	$F_{1,51} = 5,47^{**}$ $P = 0,02$ $\bar{X} = 1193,41 \pm 490,39$	$F_{1,51} = 3,68$ $P = 0,06$ $\bar{X} = 1363,29 \pm 891,97$
Distancia a la parcela de cultivo más cercana	$F_{1,51} = 1,32$ $P = 0,25$ $\bar{X} = 2062,28 \pm 1074,44$	$F_{1,51} = 7,85^*$ $P = 0,007$ $\bar{X} = 2138,12 \pm 855,68$	$F_{1,51} = 7,09^{**}$ $P = 0,01$ $\bar{X} = 1074,42 \pm 417,60$	$F_{1,51} = 4,02^{**}$ $P = 0,05$ $\bar{X} = 1277,30 \pm 891,94$

Parque Nacional La Malinche, también en el estado de Tlaxcala, se registraron ambas especies, siendo esta última especie la más abundante (0,26 vocalizaciones/km²) de las siete especies de búhos que conforman esa comunidad (Ortiz-Pulido & Lara 2014).

Los búhos generalmente presentan bajas abundancias y amplios territorios. En 2015, estos índices de abundancia fueron mayores en comparación con 2012, posiblemente por el incremento espacial en el esfuerzo de muestreo al aumentar el tamaño de los transectos. Sin embargo, el esfuerzo de muestreo temporal fue similar. *T. furcata*, que fue una especie poco registrada en Piedra Canteada, generalmente se asocia a áreas abiertas como pastizales, potreros y construcciones humanas (Weick 2006). Esta especie se registró con mayor frecuencia en el pueblo San Felipe Hidalgo, localizado a 3 km de Piedra Canteada y fuera de los muestreos (pers. observ.).

A. acadicus fue la especie que presentó los mayores índices de abundancia durante 2012. Esta especie realiza migraciones de otoño, lo que provoca cambios en las abundancias locales (Bowman et al. 2010), pero tiene también poblaciones residentes en México. Otra especie que presentó mayores índices de abundancia en 2015 fue *P. flammeolus* que, aunque presenta poblaciones residentes, también es una especie migratoria neotropical (COSEWIC 2010). Sin embargo, los registros en el área fueron solo durante los meses de estancia otoñal, lo que sugiere que los individuos pueden pertenecer a una población migratoria. Poca información se ha generado sobre las poblaciones de búhos residentes y migratorios, y sus interacciones durante sus estancias neotropicales en México.

B. virginianus también fue una especie registrada regularmente y los resultados son similares a los obtenidos por Ortiz-Pulido & Lara (2014), pues fue para los autores una de las especies con mayores estimaciones de densidad en un bosque de pino-encino en el Parque Nacional La Malinche en

Tlaxcala, México. Esta especie se registró prácticamente durante todos los meses en los dos años de muestreo. *B. virginianus* presenta un comportamiento territorial que permite que la abundancia en sus territorios permanezca estable (Newton 1998). Es considerada una especie generalista en sus requerimientos de hábitat y puede adaptarse a diversos ambientes, incluidos sitios con perturbación humana (Bennett & Bloom 2005).

El uso de hábitat que presentaron las especies de búhos en Piedra Canteada fue heterogéneo. El bosque de encino presentó la mayor disponibilidad para las especies y fue utilizado por la mayoría de ellas, aunque en diferente proporción (Tabla 2). Cuatro especies utilizaron el bosque de oyamel y el de pino-encino. *T. furcata* se encuentra generalmente en pastizales (con presencia de árboles), regiones agrícolas (cultivos y huertos) y lugares cercanos a caminos y granjas (König et al. 2008). Sin embargo, la presencia de esta especie en los bosques sugiere que estos ambientes son utilizados por su disponibilidad de alimento, como sitios de percha o lugares para refugio (Newton 1998). En un estudio realizado en un parque nacional en Argentina, se reportó que *T. furcata* puede habitar en los bosques templados y aprovechar recursos como la disposición de alimento, aunque su actividad de forrajeo puede extenderse también a sitios fuera del bosque (Trejo & Ojeda 2004). En Piedra Canteada, *T. furcata* usó los hábitats en igual o menor proporción a su disponibilidad, lo que sugiere que aprovecha los recursos disponibles en estos hábitats.

Por otro lado, *P. flammeolus* usó el bosque de pino-encino y de oyamel en igual proporción a su disponibilidad. En Canadá y Estados Unidos se ha reportado que esta especie está asociada a bosques maduros de pino y de oyamel, similar a lo que encontramos en Piedra Canteada (Reynolds & Linkhart 1992, Groves et al. 1997, COSEWIC 2010). *M. kennicottii* solo utilizó el bosque de encino en Piedra Canteada, similar a lo reportado por Ortiz-Pulido & Lara (2014) en el

Parque Nacional La Malinche. Además, esta especie fue muy rara, con muy bajos registros en ambos años. Se ha reportado que esta especie evita los lugares donde se encuentran especies grandes (e.g., *Strix varia*) para disminuir el riesgo de ser depredada y, cuando una especie de mayor tamaño vocaliza en la cercanía, *M. kennicottii* disminuye su actividad (Kissling et al. 2010, Tripp & Robinson 2015). Por ello, la presencia de *T. furcata* y *B. virginianus* en la mayoría de los hábitats puede tener cierta influencia sobre el uso de hábitat de *M. kennicottii*, ya que esta especie evitó usar aquellos hábitats donde las especies grandes tuvieran un uso igual o mayor a lo disponible.

B. virginianus es considerada una especie generalista en sus requerimientos de hábitat porque puede adaptarse a diversos ambientes, incluidos sitios con perturbación humana (Bennett & Bloom 2005). Además, esta especie ha sido registrada en diversos ambientes, como bosques de encino, bosques abiertos, pastizales, regiones semiáridas entre otras (Bennett & Bloom 2005, König et al. 2008). En Piedra Canteada, esta especie se encontró en cuatro de los cinco diferentes tipos de hábitats, aunque usó en mayor proporción a lo disponible los bosques de pino-encino y de ciprés en sitios medianamente abiertos (i.e., que presentan una apertura de dosel entre 40,9% y 73,4%) y cercanos a sitios abiertos y de borde (i.e., a menos de 200 m de un sitio abierto). Esto es similar a lo observado por Winton & Leslie (2004) y Ganey & Block (2005), quienes reportan que *B. virginianus* usó los bosques con un dosel menor al 40%. Asimismo, Morrell & Yahner (1994) observaron que esta especie está asociada a los bordes de bosque, ya que estos pueden proveer de sitios adecuados para el forrajeo y nidificación.

A. acadicus se considera una especie generalista en la selección del hábitat y puede registrarse en diferentes tipos de vegetación (Scholer et al. 2014). En Piedra Canteada utilizó cuatro hábitats disponibles, pero este uso fue en menor proporción a lo disponible en tres tipos de vegetación (encino, pino-encino y oyamel). Los bosques de ciprés fueron los que utilizó en mayor proporción en lugares cercanos a los bordes de bosque y áreas abiertas con coberturas de dosel menores al 40%.

Hubo variables de la vegetación que se relacionaron a la presencia de tres especies. Para *T. furcata* no se registró ninguna relación significativa, aunque diversos estudios han observado que esta especie suele seleccionar lugares con poca o nula pendiente, como pastizales o parcelas de cultivo (COSEWIC 2010a). *P. flammeolus* es considerada una especie que suele habitar bosques maduros de pino y oyamel (Reynolds & Linkhart 1992, COSEWIC 2010), y las variables relacionadas indican esto porque esta especie seleccionó sitios más cerrados (dosel = 40-95%) y con árboles altos (entre 10 y 40 m). En Estados Unidos, algunas especies de oyameles (e.g., *P. menziesii*) albergan una mayor diversidad de lepidópteros, que son presas importantes para *P. flammeolus* (Reynolds & Linkhart 1992). También se relacionó positivamente con variables ambientales como la mayor distancia al borde del bosque y a los cultivos, y negativamente con el tipo de disturbio antrópico y la presencia de árboles de ciprés. Esta especie se encuentra asociada a bosques maduros de pino y oyamel (Linkhart et al. 1998), los cuales se encuentran en Piedra Canteada generalmente en los sitios más conservados y con menor perturbación antrópica. La presencia de *P. flammeolus* también se relacionó positiva-

mente con una mayor altitud y pendiente, similar a lo reportado por Moore & Frederick (1991) en Estados Unidos, quienes describieron que esta especie selecciona lugares para disminuir interacciones de competencia o depredación.

Los búhos generalistas pueden aprovechar una gran cantidad de recursos en los sitios que habitan. Por ejemplo, *B. virginianus* se asoció a sitios con árboles más jóvenes y de menor altura. Además, esta especie seleccionó sitios con la presencia de árboles de ciprés, los cuales se encuentran en Piedra Canteada cerca a áreas abiertas y bordes de bosque, como lo reportan otros estudios (Morrell & Yahner 1994, Ganey & Block 2005). *A. acadicus*, como especie generalista, puede encontrarse en bosques con dosel cerrado o semiabierto, aunque esta selección varía de acuerdo con la región o temporada (Swengel 1987, Scholer et al. 2014). En este estudio, esta especie seleccionó los sitios con menor cobertura de dosel y mayor proporción de cipreses, que en Piedra Canteada se encuentran cercanos a áreas abiertas, y también utilizó sitios cercanos al borde del bosque, donde se ha asociado a una mayor disponibilidad de alimento (Scholer et al. 2014). La baja profundidad del mantillo ($4,7 \pm 2,29$ cm) de los sitios usados, como variable relacionada a su presencia, puede indicar mayores posibilidades para capturar a sus presas.

Los bosques templados en México son hábitats amenazados por la intensa deforestación a la que son sometidos. Las áreas naturales protegidas han permitido hasta cierto punto su conservación. En el programa de manejo del área Piedra Canteada, los árboles enfermos son talados para proteger el bosque, pero limitada relación con su fauna asociada ha sido considerada. Estudios ecológicos sobre los búhos son necesarios para su conservación, pero también para mejorar las estrategias de manejo de los bosques templados que deberían considerarse como un ecosistema.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Sociedad Solidaria Social de Piedra Canteada por permitir el acceso para realizar este estudio. Gracias a Idea Wild, quien donó equipo de campo. A E. Fernández, M. Fernández, A. García, P.L. Mancilla, E. Hernández, J.B. Cruz, M. Jacinto, M. López, L. T. Jiménez, E. Tobón, J. L. González, L. C. Peña, A. S. Guillén, J. Juan, T. Buitrón, A. Gutiérrez, G. Rodríguez, S. Guillén, C. F. Hernández, P. Reséndiz, R. I. León, A. Cuatianquiz, L. Camacho, E. P. Cazáres, H. I. Rivera, D. I. Rivera y S. García y su familia por su apoyo logístico y asistencia en campo. A J.R. Vázquez and J.L. Rangel-Salazar por su apoyo metodológico y académico. A E. Fernández, R. Martínez y ECOSUR por el apoyo financiero. A los revisores que con sus comentarios ayudaron a mejorar sustancialmente este manuscrito. No tenemos ningún conflicto de intereses que declarar.

REFERENCIAS

- Ayuntamiento de Nanacamilpa (2011) Municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista. Disponible de http://www.nanacamilpa.gob.mx/wb/Tlaxcala/nanacamilpa_municipio [Consultado el 20 de septiembre de 2019]
- Bell, RE (1964) A sound triangulation method for counting Barred Owls. *The Wilson Bulletin* 76: 292-294.
- Bennett, JR & PH Bloom (2005) Home range and habitat use by great horned owls (*Bubo virginianus*) in Southern California. *Journal of Raptor Research* 39: 119-126.

- Block, WM & LA Brennan (1993) The habitat concept in ornithology: theory and applications. *Current Ornithology* 11: 35–91.
- Bowman, J, DS Badzinski & RJ Brooks (2010) The numerical response of breeding Northern Saw-whet Owls *Aegolius acadicus* suggests nomadism. *Journal of Ornithology* 151: 499-506.
- Buckland, ST, SJ Marden & RE Green (2008) Estimating bird abundance: making methods work. *Bird Conservation International* 18: S91-S108.
- Byers, CR, RK Steinhorst & PR Krausman (1984) Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *The Journal of Wildlife Management* 48: 1050-1053.
- CONANP-GIZ (2018) *Prontuario Estadístico y Geográfico de las Áreas Naturales Protegidas de la Región Centro y Eje Neovolcánico*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Cuernavaca, México.
- COSEWIC (2010) Assessment and status report on the Flammulated Owl *Otus flammeolus* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, Ottawa, Canada.
- COSEWIC (2010a) Assessment and status report on the barn owl *Tyto alba* (eastern population and western population) in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, Ottawa, Canada.
- Digital Globe, Google Earth, INEGI (2016) Foto de satélite de Piedra Canteada, Tlaxcala, México (Fecha de la imagen 29 de noviembre de 2014). Disponible de www.google.com/earth/ [Consultado el 03 de enero de 2016]
- Enríquez, PL, K Eisermann & H Mikkola (2012) Los búhos de México y Centroamérica: Necesidades en investigación y conservación. *Ornitología Neotropical* 23: 247-260.
- Enríquez, PL & JL Rangel-Salazar (2001) Owl occurrence and calling behavior in a tropical rain forest. *Journal of Raptor Research* 35: 107-114.
- Enríquez, PL & JL Rangel-Salazar (2007) The intensity of habitat use by an owl assemblage in a neotropical rain forest. Pp. 88-98 in Bildstein KL, DR Barber & A Zimmerman (eds.). *Neotropical Raptors*. Hawk Mountain Sanctuary, Pennsylvania, USA.
- Fuller, MR & JA Mosher (1987) Raptor survey techniques. Pp. 7-65 in Pendleton, BAG, BA Millsap, KW Cline & DM Bird (eds.). *Raptor management techniques manual*. National Wildlife Federation, Washington DC, USA.
- Galicia, L & A García-Romero (2007) Land use and land cover change in highland temperate forests in the Izta-Popo National Park, Central Mexico. *Mountain Research and Development* 27: 48-57.
- Ganey, JL & WM Block (2005) Dietary overlap between sympatric Mexican spotted and great horned owls in Arizona. Research Paper RMRS-RP-57WWW. Fort Collins, Co: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountains Research Station, Colorado, USA.
- Ganey, JL, W Block, JP Ward & BE Strohmeier (2005) Home range, habitat use, survival, and fecundity of Mexican Spotted Owls in the Sacramento Mountains, New Mexico. *The Southwestern Naturalist* 3: 323-333.
- Groves, C, T Frederick, G Frederick, E Atkinson, M Atkinson, J Shepherd & G Servheen (1997) Density, distribution, and habitat of flammulated owls in Idaho. *Great Basin Naturalist* 57: 116-123.
- Hays, RL, C Summers & W Seitz (1981) Estimating wildlife habitat variables. Fish and Wildlife Service. US Department of the Interior, Washington, DC, USA.
- INEGI (2011) Mapa de climas. Disponible de <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/tlax/clim.cfm?c=444&e=25> [Consultado el 20 de septiembre de 2014].
- INEFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2008. Enciclopedia de los municipios de México: Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala. Inafed-Gobierno del Estado de Tlaxcala. Disponible de <http://www.e-local.gob.mx> [Consultado el 20 de septiembre de 2018]
- König, C, F Weick & J-H Beckin (2008) *Owls of the world*. 2nd edition. Helm, London, UK.
- Linkhart, BD, RT Reynolds & RA Ryder (1998) Home range and habitat of breeding flammulated owls in Colorado. *The Wilson Bulletin* 110: 324-351.
- Martínez Ortega, JA (2010) Distribución, abundancia y asociaciones ambientales de un ensamble de búhos en un bosque de montaña en los Altos de Chiapas, México. Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
- Marcot, BG (1995) Owls of old forests of the world. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-343. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, USA.
- Mas, JF, A Velázquez, JR Díaz-Gallegos, R Mayorga-Saucedo, C Alcántara, G Bocco, R Castro, T Fernández, & A Pérez-Vega (2004). Assessing land use/cover changes: a nationwide multivariate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5: 249–261.
- Moilanen, A & I Hanski (1998) Metapopulation dynamics: effects of habitat quality and landscape structure. *Ecology* 79:2503-2515.
- Moore, TL & GP Frederick (1991) Distribution and habitat of flammulated owl (*Otus flammeolus*) in West-Central Idaho. Challenge Cost-Share Project, Payette National Forest, Wallowa-Whitman National Forest. Idaho Department of Fish and Game, Idaho, USA.
- Morrell, TE & RH Yahner (1994) Habitat characteristics of great horned owls in south central Pennsylvania. *Journal of Raptor Research* 28: 164-170.
- Mosher, JA, K Titus & MR Fuller (1987) Habitat sampling measurement and evaluation. Pp. 91-97 in Pendleton, BA, AB Millsap, WK Cline & MD Bird (eds.). *Raptor management techniques manual*. National Wildlife Federation. Washington, DC, USA.
- Newton, I (1998) *Population limitation in birds*. Elsevier Academic Press, San Diego, USA.
- Ortiz-Pulido, R & C Lara (2014) Owls in oak and pine forest in La Malinche National Park, Mexico. *Ornitología Neotropical* 25: 345-353.
- Ramírez, A (2006) *Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- R Core Team. 2016a. Fitting generalized linear models. Disponible en <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/glm.html>. [Consultado el 27 de mayo de 2016]
- Reynolds, RT & BD Linkhart (1992) Flammulated Owls in ponderosa pine: evidence of preference for old growth. Pp. 166-169 in Kaufman, MR, WH Moir & RL Bassett (eds.). *Old-growth forests in the Southwest and Rocky Mountain regions: proceedings of a workshop*. USDA Forest Service, Portal, Arizona, USA.
- Sberze, M, M Cohn-Haft & G Ferraz (2010) Old growth and secondary forest site occupancy by nocturnal birds in a Neotropical landscape. *Animal Conservation* 13: 3-11.
- Scholer, MN, M Leu & JR Belthoff (2014) Factors associated with flammulated owl and northern saw-whet owl occupancy in Southern Idaho. *Journal of Raptor Research* 48: 128-141.
- Semarnat (2013) Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y desempeño ambiental. Edición 2012. Semarnat, Distrito Federal, México.
- Semarnat (2016) Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Edición 2015. Semarnat. Distrito Federal, México.
- Sheffield, SR (2007) Owls as biomonitors of environmental contamination. Pp. 383-398 in Bildstein, KL, DR Barber & A Zimmerman (eds.). *Neotropical Raptors*. Hawk Mountain Sanctuary, Pennsylvania, USA.
- Swengel, AB (1987) Detecting northern saw-whet owl (*Aegolius acadicus*). *Passenger Pigeon* 49: 121-126.
- Thiollay, JM (1996) Distributional patterns of raptors along altitudinal gradients in the northern Andes and effects of forest fragmentation. *Journal of Tropical Ecology* 12: 535–560.
- Thiollay, JM (2007) Raptor communities in French Guiana: distribu-

- tion, habitat selection, and conservation. *Journal of Raptor Research* 41: 90-105.
- Trejo, A & V Ojeda (2004) Diet of barn owls (*Tyto alba*) in forest habitats of Northwestern Argentine Patagonia. *Ornitología Neotropical* 15: 307-311.
- Vázquez-Pérez, JR, PL Enríquez, JL Rangel-Salazar & MA Castillo (2011) Densidad y uso de hábitat de búhos en la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote, Chiapas, Sur de México. *Ornitología Neotropical* 22: 577–587.
- Weick, F (2006) *Owls (Strigiformes) annotated and illustrated Checklist*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Winton, BR & DM Leslie Jr (2004) Density and habitat associations of great horned owls in North-Central Oklahoma. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science* 84: 75-77.