

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



COMPOSICIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE RAPACES NOCTURNAS EN EL  
PARQUE NACIONAL SIERRA DE SAN PEDRO MÁRTIR, BAJA CALIFORNIA,  
MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

PRESENTA

IRAK RODRIGUEZ HERNANDEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

COMPOSICIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE RAPACES NOCTURNAS EN EL  
PARQUE NACIONAL SIERRA DE SAN PEDRO MÁRTIR, BAJA CALIFORNIA,  
MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA

IRAK RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

APROBADO POR:



DR. GONZALO DE LEÓN GIRÓN  
CO-DIRECTOR



DR. GORGONIO RUÍZ CAMPOS  
CO-DIRECTOR



DR. ALDO GUEVARA CARRIZALES  
SINODAL

## Resumen

La composición espacial y temporal de rapaces nocturnas del Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, fue determinada estacionalmente durante octubre 2017 a agosto 2018, basada en muestreos de escucha y reclamo a través de un trayecto en faja (2.5-3km longitud y 150m ancho aproximado). Un total de siete especies fueron registradas basado en 85 individuos registrados (*Psiloscops flammeolus* (Autillo Flamulado) 1 individuo, *Megascops kennicottii* (Tocolote Occidental) 9 individuos, *Bubo virginianus* (Búho cornudo), 57 individuos, *Strix occidentalis* (Búho moteado) 2 individuos, *Glaucidium californicum* (Mochuelo Californiano) 2 individuos, *Aegolius acadicus* (Tocolote Afilador) 11 individuos y *Asio otus* (Búho Chico) 3 individuos. La mayor abundancia y riqueza de especies fue en invierno y las temporadas con menor riqueza fueron otoño y verano, la vegetación dominante fue en el bosque de coníferas, chaparral montano y pastos herbáceas perennes. El trayecto que presentó la mayor cantidad de individuos y especies detectadas fue Palo Atravesado, seguido por vallecitos. Se detectaron dos especies de presencia permanente: *M. kennicottii* y *B. virginianus*, como visitante veraniego a *A. acadicus*, visitante invernal a *A. otus* y como visitantes ocasionales a *P. flammeolus*, *S. occidentalis* y *G. californicum*. Por lo tanto el presente estudio demostró la riqueza de rapaces nocturnas que alberga el área natural protegida, cumpliendo su función de refugio de vida silvestre, sin duda abrirá líneas de investigación para este grupo de aves.

**Palabras clave:** Rapaces nocturnas, composición, diversidad, Strigiformes, espectrogramas, vocalizaciones.

**Dedicatoria**

Más que nada a mi Madre Paula Hernández, el ser más importante en mi vida, que es quien me formó como la persona que soy y que todo logro que llegue a obtener es para ella, gracias a mi mamá es porque he llegado tan lejos.

A mi familia por su apoyo incondicional.

A mis mejores amigos que ellos saben quiénes son y porque siempre han estado ahí.

## **Agradecimientos**

Quiero dar un gran reconocimiento a mis dos directores de tesis que también son mis mentores en este mundo de la ornitología, al Dr. Gonzalo De León Girón que me ha enseñado desde la carrera hasta en la tesis la mayoría de las cosas que conozco sobre aves, el apoyo con literatura y los muestreos cosas por agregar o quitar del escrito y recomendaciones. Al Dr. Gorgonio Ruiz Campos por el apoyo académico en las clases que tome con él y apoyo con su conocimiento sobre aves sobre todo con este grupo de rapaces, así como en el desarrollo metodológico y de redacción del presente trabajo por ultimo al Dr. Aldo A. Guevara Carrizales por formar parte de mi sínodo y con las correcciones finales del escrito.

De manera especial quiero agradecer a Mariana Zerega, a mí mejor amiga de la carrera por el apoyo en la tesis, en las subidas al parque, su amistad incondicional, los momentos que pase con ella tanto de estudio como de ocio.

Otro gran agradecimiento es para Elia Benítez que me ayudó mucho tanto en los trayectos, como en la elaboración del cartel de la tesis y la presentación de la misma y con apoyo con el conocimiento de aves además de su compañía, amistad y consejos.

Igualmente a los amigos que me acompañaron en los muestreos, Karen Medina por su apoyo en los trayectos además de capturar fotográficamente al primer búho registrado, a Jonathan León y Diego Toscano por acompañarme en los trayectos de invierno que fueron los más fríos y a Mariana Novelo por acompañarme en los muestreos de primavera y en los tiempos libres en el parque.

A Zhenia Sainz por su apoyo en el anteproyecto y elaboración de base de datos de registros de rapaces nocturnas, a Marisela Perzabal por escucharme en los fines de semana de mi experiencia en la tesis y compartirme las suyas. A mis amigos que siempre me apoyaron y escucharon en este capítulo de mi vida: Isel Badillo, Selma Torres, Karen Solis, Angelica Padilla, Omar Ramírez, Jennifer Garcia, Lyneth Rivas y Karla González.

También quiero agradecer a los Guardaparques de PNSSPM por convivir con ellos, compartir de su tiempo durante el estudio, en especial a los guardaparques Felipe O. León y Elías Zavala por hacerme compañía en los trayectos y compartirme de sus experiencias en el parque.

Por ultimo a todas las personas que directa e indirectamente me apoyaron.

## Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>II</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>IV</b>
<b>Índice.....</b>	<b>V</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de Tablas.....</b>	<b>IX</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
2.1 Registro de rapaces nocturnas en México.....	3
2.2 Registro de rapaces nocturnas en Baja California.....	3
2.3 Registros de rapaces nocturnas con espectrogramas.....	6
<b>3. Hipótesis.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>8</b>
4.1 Objetivo general.....	8
4.2 Objetivos específicos.....	8
<b>5. Área geográfica de estudios.....</b>	<b>9</b>
5.1 Ubicación.....	9
5.2 Geología.....	11
5.3 Clima.....	11
5.4 Vegetación.....	12
<b>6. Metodología.....</b>	<b>13</b>
6.1 Fase de gabinete.....	13
6.1.1 Base de datos de vocalizaciones de rapaces nocturnas.....	13
6.1.2 Obtención de índices.....	13
6.1.3 Estacionalidad de especies por temporada.....	14
6.1.4 Obtención de espectrogramas de rapaces nocturnas y comparación.....	14
6.1.5 Descripción de cantos de rapaces nocturnas para comparación....	15
6.1.6 Caracterización de rapaces nocturnas según la vegetación presente y mapas de distribución puntual en PNSSPM.....	18
6.2 Fase en campo.....	18
6.2.1 Método de registro e identificación de rapaces nocturnas.....	18
6.2.2 Emisión de llamados.....	24

<b>7. Resultados.....</b>	<b>26</b>
7.1 Composición taxonómica de rapaces nocturnas registradas en el PNSSPM...	26
7.2 Densidad de rapaces nocturnas.....	30
7.3 Estacionalidad de rapaces nocturnas.....	33
7.4 Caracterización de rapaces nocturnas según la vegetación presente y mapas de distribución puntual en PNSSPM.....	36
7.5 Diversidad y equidad de especies.....	48
7.6 Similitud de especies.....	50
7.7 Espectrogramas de rapaces nocturnas.....	54
7.7.1 <i>Megascops kennicottii</i> .....	54
7.7.2 <i>Bubo virginianus</i> .....	56
7.7.3 <i>Glaucidium californicum</i> .....	58
7.7.4 <i>Aegolius acadicus</i> .....	60
7.7.5 Especies sin confirmar.....	62
<b>8. Discusión.....</b>	<b>64</b>
8.1 Composición taxonómica de rapaces nocturnas.....	64
8.2 Abundancia relativa.....	65
8.3 Identificación de rapaces nocturnas.....	66
<b>9. Conclusiones.....</b>	<b>68</b>
<b>10. Recomendaciones.....</b>	<b>69</b>
<b>11. Literatura citada.....</b>	<b>71</b>
<b>12. Anexos.....</b>	<b>75</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Registros de rapaces nocturnas en Baja California y Baja California Sur, durante el periodo 1887 a 2018. (GBIF, 2018).....	5
<b>Figura 2.</b> Ubicación geográfica del área de estudio y del Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir.....	10
<b>Figura 3.</b> Espectrogramas usados para la comparación y confirmación de rapaces nocturnas. A) Espectrograma obtenido del canto típico de <i>Megascops kennicottii</i> (Autillo Californiano) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Medano-Zapata Ranch, Colorado. Fuente: Floyd (2017). B) Espectrograma obtenido del canto típico de <i>Bubo virginianus</i> (Búho Cornudo) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Fuente: Webster (2001). C) Espectrograma obtenido del canto típico de <i>Glaucidium californicum</i> (Ticolote Serrano) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Huachuca Canyon, Ft Huachuca, Arizona. Fuente: Marvin (2013). D) Espectrograma obtenido del canto de <i>Aegolius acadicus</i> (Búho de la sierra Norte) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Buckhorn Campground, San Gabriel Mountains, Los Ángeles County, California. Fuente: Lambert. (2015).....	16
<b>Figura 4.</b> Ubicación de los sitios seleccionados para los muestreos de rapaces nocturnas en el PNSSPM.....	19
<b>Figura 5.</b> Ubicación de los sitios seleccionados para los muestreos adicionales de rapaces nocturnas en el PNSSPM. A) Sitios dentro del polígono del PNSSPM. B) Arroyo Meling, aunque se encuentra fuera del polígono es un sitio que forma parte del macizo de SSPM...	22
<b>Figura 6.</b> Esquema de la metodología utilizada para el registro de individuos con base en el muestreo de trayecto en faja. (Elaborado por Elia Benítez).....	25
<b>Figura 7.</b> Número de registros de rapaces nocturnas presentes en el PNSSPM durante las cuatro temporadas (octubre 2017-agosto 2018).....	28
<b>Figura 8.</b> Abundancia relativa de rapaces nocturnas presentes en el PNSSPM durante las cuatro temporadas (octubre 2017-agosto 2018).....	29
<b>Figura 9.</b> Estacionalidad de rapaces nocturnas por número de especies presentes en el PNSSPM durante el periodo de muestreo.....	34
<b>Figura 10.</b> Estacionalidad de rapaces nocturnas por número de individuos presentes en el PNSSPM durante el periodo de muestreo.....	34
<b>Figura 11.</b> Número de registros de individuos de rapaces nocturnas presentes por temporada en el PNSSPM durante el periodo de muestreo.....	35
<b>Figura 12.</b> Riqueza de especies de rapaces nocturnas por tipo de vegetación dominante en el PNSSPM.....	39
<b>Figura 13.</b> Riqueza de especies de rapaces nocturnas por tipo de cobertura vegetal en el PNSSPM.....	39
<b>Figura 14.</b> Distribución y tipo de vegetación de registro para <i>Psiloscops flammeolus</i> en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018.....	41
<b>Figura 15.</b> Distribución y tipo de vegetación de registro para <i>Megascops kennicottii</i> en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018.....	42
<b>Figura 16.</b> Distribución y tipo de vegetación de registro para <i>Bubo virginianus</i> en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018.....	43
<b>Figura 17.</b> Distribución y tipo de vegetación de registro para <i>Strix occidentalis</i> en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018.....	44

<b>Figura 18.</b> Distribución y tipo de vegetación de registro para <i>Glaucidium californicum</i> en el PNSSPM durante el período de octubre de 2017 a agosto de 2018.....	45
<b>Figura 19.</b> Distribución y tipo de vegetación de registro para <i>Aegolis acadicus</i> en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018.....	46
<b>Figura 20.</b> Distribución y tipo de vegetación de registro para <i>Asio otus</i> en el PNSSPM durante el período de octubre de 2017 a agosto de 2018.....	47
<b>Figura 21.</b> Dendrograma de similitud de especies (Jaccard) de rapaces nocturnas entre estaciones climáticas en el PNSSPM.....	52
<b>Figura 22.</b> Dendrograma de similitud de especies (Jaccard) de rapaces nocturnas entre sitios de de muestreo en el PNSSPM.....	53
<b>Figura 23.</b> Espectrogramas de <i>M. kennicottii</i> : A) Espectrograma obtenido del audio grabado el 4 de mayo de 2018 en el Arroyo Meling. B) Espectrograma obtenido del canto típico de <i>Megascops kennicottii</i> (Autillo Californiano) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Medano-Zapata Ranch, Colorado. Fuente: Floyd (2017).....	55
<b>Figura 24.</b> Espectrogramas de <i>B. virginianus</i> : A) Espectrograma obtenido del audio grabado el 21 de enero de 2018 en el trayecto de Palo Atravesado. B) Espectrograma obtenido del canto típico de <i>Bubo virginianus</i> (Búho Cornudo) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Fuente: Webster (2001).....	57
<b>Figura 25.</b> Espectrogramas de <i>G. californicum</i> : A) Espectrograma obtenido del audio grabado el 9 de Mayo de 2018 en el trayecto Vallecitos. B) Espectrograma obtenido del canto típico de <i>Glaucidim californicum</i> (Ticolote Serrano) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Huachuca Canyon, Ft Huachuca, Arizona. Fuente: Marvin (2013).....	59
<b>Figura 26.</b> Espectrogramas de <i>A. acadicus</i> : A) Espectrograma obtenido del audio grabado el 7 de mayo de 2018 cerca de la Cabaña operativa. B) Espectrograma obtenido del canto de <i>Aegolius acadicus</i> (Búho de la sierra Norte) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Buckhorn Campground, San Gabriel Mountains, Los Ángeles County, California. Fuente: Lambert. (2015).....	61
<b>Figura 27.</b> Espectrograma de una especie sin confirmar y <i>B. virginianus</i> : A) Espectrograma obtenido de la vocalización de una especie sin confirmar grabado el 7 de mayo de mayo de 2018 cerca de la Cabaña Operativa. B) Espectrograma obtenido del canto típico de <i>Bubo virginianus</i> (Búho Cornudo) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Fuente: Webster (2001).....	63

**Lista de tablas**

<b>Tabla I.</b> Composición taxonómica, abundancia específica anual, relativa anual y forma de reconocimiento de rapaces nocturnas de PNSSPM durante el periodo de muestreo de octubre 2017 a agosto 2018.....	27
<b>Tabla II.</b> Densidad y abundancia relativa de rapaces nocturnas registradas en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018.Los valores de densidad están en individuos/100 hectáreas.....	31
<b>Tabla III.</b> Tipo de cobertura y vegetación dominante donde las rapaces nocturnas fueron registradas durante el período de estudio.....	37
<b>Tabla IV</b> Valores de atributos ecológicos obtenidos para las rapaces nocturnas en el PNSSPM para temporadas.....	49
<b>Tabla V</b> Valores de atributos ecológicos obtenidos para las rapaces nocturnas en el PNSSPM para localidades de muestreo.....	49
<b>Tabla VI</b> Matriz de similitud de especies de rapaces nocturnas entre temporadas.....	51
<b>Tabla VII</b> Matriz de similitud de especies de rapaces nocturnas entre lugares de muestreo..	51

## 1. Introducción

Las aves rapaces nocturnas representadas por el orden Strigiformes constituyen el 1.9% de la avifauna mundial (Valencia et al., 2012). Este orden está representado por 225 especies actuales repartidas en dos familias, Tytonidae (lechuzas) y Strigidae (búhos verdaderos y tecolotes) (Ponder et al., 2015). Dentro la familia Tytonidae se reconocen dos géneros (*Tyto* y *Phodilus*) y 20 especies, mientras que la familia Strigidae cuenta con 200 especies repartidas en 25 géneros. Los miembros de estas familia se distribuyen en diferentes hábitats en el mundo excepto en la Antártica y algunas islas muy remotas (Ponder et al., 2015).

Los búhos verdaderos en su mayoría nocturnos, llegan a presentar comportamiento crepuscular y algunas especies cazan durante el día (Ponder et al., 2015). Este grupo de rapaces son importantes en la estructura y dinámica de las comunidades ecológicas, actuando como depredadores tope en las tramas tróficas, llegando a tener funciones importantes en el control de algunas plagas potenciales de cultivos agrícolas o ambientes naturales (Rivera et al., 2012); es por ello, que pueden ser considerados como especies sombrilla (Valencia et al., 2012).

En México, existen pocos trabajos sobre este grupo aviar con apenas el 2.3% de lo publicado sobre las aves del país en el periodo 1825-1992 (Valencia et al., 2012). De las 35 especies de rapaces nocturnas que se distribuyen en el país, solamente algunas cuentan con estudios sobre su ecología (Flores, 2016). De los 12 géneros de búhos en el país, los géneros *Megascops* y *Glaucidium* son los mayormente representados con ocho especies cada uno, seguido por los géneros *Strix* y *Asio* con cinco y cuatro especies, respectivamente (Enríquez, 2017).

Todas las especies de búhos de México están incluidas en el apéndice II de CITES. En la Ley General del Equilibrio Ecológico en la NOM-059-SEMARNAT-2010, donde 18 búhos se encuentran en una categoría de riesgo, y tres en peligro de extinción (Enríquez, 2015).

El área que aquí nos ocupa, el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir (PNSSPM), es una de las áreas naturales protegidas más prístinas e importantes de la península de Baja California, con un alto nivel de endemismo de su biodiversidad, por lo que resulta prioritario generar información sobre sus especies para su conservación. Solamente se tiene registros muy puntuales para este grupo de aves rapaces en las últimas dos décadas.

La presente investigación es el primer trabajo sobre la composición espacio-temporal de rapaces nocturnas que habitan en un área natural protegida de Baja California, cuya información base generada podrá contribuir al desarrollo de programas sobre la conservación de aves de importancia ecológica y biogeográfica en el PNSSPM.

## **2. Antecedentes**

### **2.1 Registros de rapaces nocturnas en México**

Enríquez et al. (1993), recopilaron registros curatoriales de 3,683 especímenes de búhos recolectados en México, mismos que datan de 1840 a 1991, provenientes de 11 museos nacionales y de 37 extranjeros. Partiendo de estos datos, se obtuvo la distribución de los búhos de México de aquel entonces. Los estados con mayor riqueza de especies fueron Oaxaca y Michoacán con 21 y 19 especies, respectivamente; por el contrario los estados con menor riqueza fueron Aguascalientes, Campeche y Tlaxcala con 4, 5 y 5 especies, respectivamente. Las especies *Tyto alba*, *Bubo virginianus*, *Glaucidium brasilianum* y *Athene cunicularia* fueron las especies con mayores registros.

### **2.2 Registros de rapaces nocturnas en Baja California**

Huey (1926) reportó a *Tyto alba pranticola* para Baja California como poco común cerca del Rosario y en Santo Domingo, teniendo una distribución hasta San Quintín; así mismo recolectó a *Bubo virginianus pacificus* en Santo Domingo y describió una subespecie nueva de tecolote oriental (*Megascops asio cardonensis*) con una distribución confinada desde el sur de El Rosario hasta posiblemente el paralelo 29. Recientemente, Ruiz Campos et al. (2018) registraron esta misma subespecie en la Sierra La Asamblea (29.30046°N, -114.08583°W, 1,219 msnm), confirmando la distribución más sureña y de mayor altitud para esta subespecie peninsular.

Erickson et al. (1994) reportaron al búho de Sierra Norte (*Aegolius acadicus*) dentro del PNSSPM a una altitud de casi 2,300 msnm, con una vegetación de bosque mixto compuesto de *Pinus jeffreyi*, *Abies concolor* y *Pinus lambertiana*, dando como resultado una nueva extensión de hábitat para la especie. El registro fue de tipo auditivo sin grabación.

Erickson et al. (2001) documentaron registros notables para 205 especies de aves de la Península de Baja California, durante un período de 10 años. Para el grupo de rapaces nocturnas registraron la presencia de *Asio otus*, uno en la localidad de Corona de Arriba dentro del PNSSPM, aproximadamente a 2200m de elevación. Otro registro adicional de esta especie fue en Valle de la Trinidad, visto al borde de la carretera por la noche, y finalmente uno más en Rancho Casa Verde, Sierra Juárez.

Steve et al. (2001) realizaron una clasificación de la avifauna reproductiva de la Península de Baja California, reportando a *Tyto alba*, *Bubo virginianus*, *Asio otus*, *Strix occidentalis*, *Glaucidium hoskinsii*, *Aegolius acadicus*, *Micrathene whitneyi*, *Athene cunicularia* y *Megascops kennicottii*. Para las sierras de San Pedro Mártir y Juárez se reportaron a *A. otus*, *B. virginianus*, *S. occidentalis*, *M. kennicottii*, y *A. acadicus*.

Ruiz-Campos et al. (2004) realizaron un catálogo de 470 ejemplares de aves pertenecientes a 110 especies, 84 géneros y 41 familias que fueron recolectadas en las sierras de Juárez y Sierra San Pedro Mártir, durante un periodo de 18 años (1985-2003). En dicho catálogo se incluyen para el grupo de rapaces nocturnas los siguientes ejemplares: una hembra de *Asio otus* (UABC-1101) y una hembra de *Megascops kennicottii* (UABC-079), ambas en Rancho Casa verde en Sierra Juárez y un macho de *M. kennicottii* (UABC-474) en Rancho Santa Cruz en la Sierra San Pedro Mártir.

Erickson et al. (2013) proporcionaron información sobre 514 especies nativas para los estados de Baja California, Baja California Sur e islas aledañas. Para el grupo de rapaces nocturnas se documentaron las siguientes especies: *Psiloscoptes flammeolus* registrado en Baja California en 2002, *Micrathene whitneyi* reportado con un nido en Baja California Sur en junio de 1931, *Aegolius acadicus* fue registrado por medio de un audio grabado justo debajo de Corona de Arriba en Sierra San Pedro Mártir en 2003, *Asio flammeus* primer espécimen para Baja California (UABC 1881) recolectado en la Salina en diciembre de 2009.

En Baja California Sur, Martínez Sarmiento (2015) estudió la ecología trófica del *Bubo virginianus* en áreas fragmentadas y no fragmentadas en el desierto del Valle de Santo Domingo, en el que se recolectaron egagrópilas y análisis de las mismas para representar el patrón de riqueza y diversidad de presas consumidas, comportándose como una especie especialista cuando se encuentra en un área fragmentada y como generalista cuando se encuentra en un área no fragmentada.

Consultando la base de datos de GBIF (Infraestructura Mundial De Información en Biodiversidad) (GBIF, 2018) se recopilaron registros de rapaces nocturnas en Baja California y Baja California Sur así como islas aledañas que datan desde 1887 a 2018 (Fig. 1), dichos registros abarcan especímenes recolectados para colecciones científicas e identificados tanto visualmente como auditivamente.

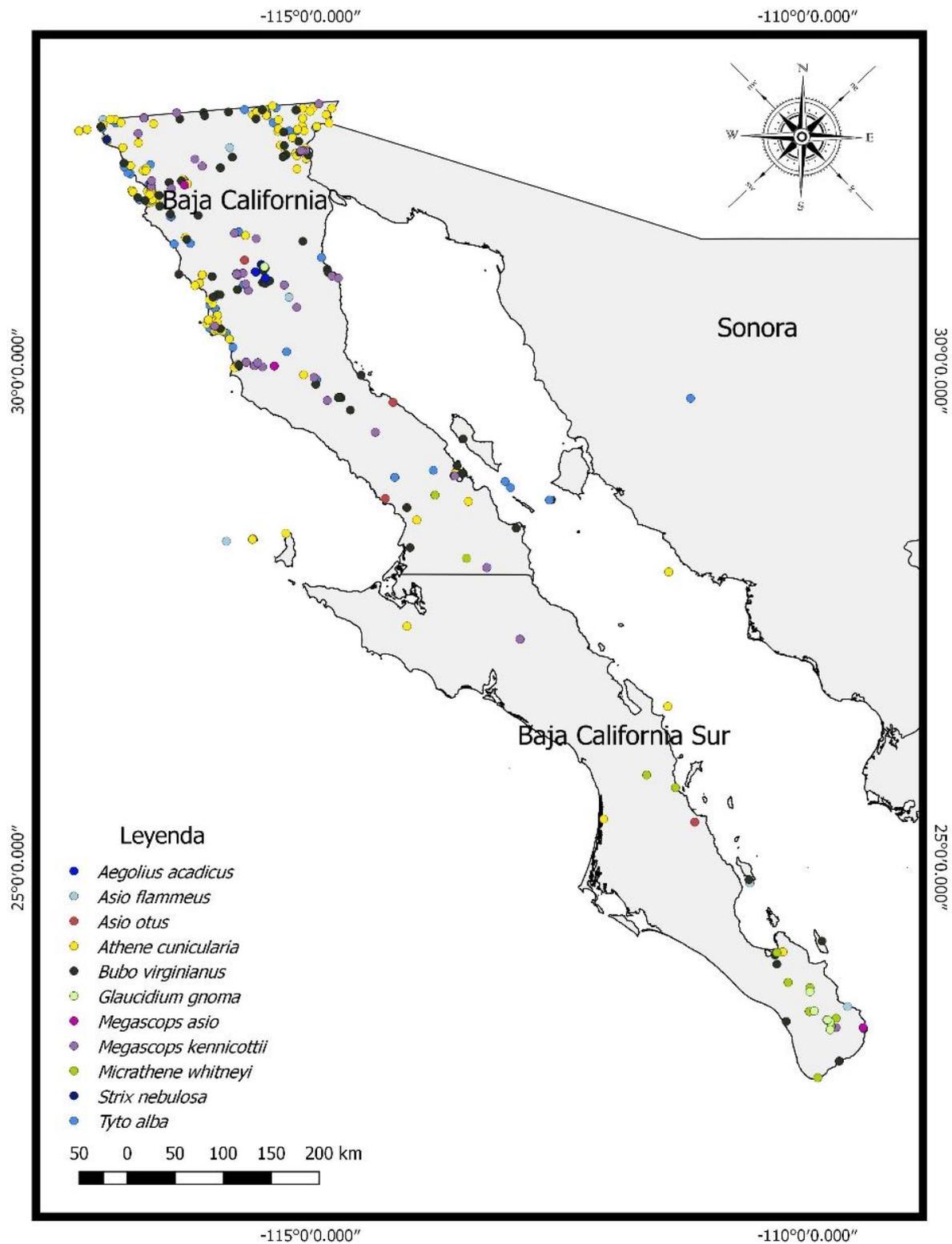


Figura 1. Registros de rapaces nocturnas en Baja California y Baja California Sur, durante el periodo 1887 a 2018. (GBIF, 2018)

### **2.3 Registros de rapaces nocturnas con espectrogramas**

Una de las herramientas que son mayormente utilizadas en la identificación de rapaces nocturnas es a través de grabaciones que son sometidas a software especializado para el análisis y comparación acústica y espectrográfica.

Ramírez et al. (2011) grabaron vocalizaciones de tres individuos del género *Strix* en Santa María Pápalo en Oaxaca, un ecosistema de bosque húmedo de encino y pino. Las vocalizaciones se compararon de manera auditiva y espectrográfica con cantos de *Strix caria* y *Strix fulvescens*, encontrando que las vocalizaciones grabadas fueron identificadas con base en el ritmo, tono, estructura, número y forma de notas, lo cual permitió aumentar a 21 las especies de búhos registrados en el estado de Oaxaca.

Rueda et al. (2011) reportaron el primer registro de *Bubo virginianus* en Xalapa, Veracruz a través de comparaciones de espectrograma de *Bubo virginianus* de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California.

Por su parte, Rognan et al. (2012) monitorearon actividades de nidificación de *Strix nebulosa* en Sierra Nevada y California junio y julio de 2006. Debido a la dificultad de detectar esta especie de ave, ya que es una especie críptica, se utilizaron unidades de grabación autónomas para monitorear su actividad, lo cual permitió el registro de llamados audibles.

### **3. Hipótesis**

La falta de muestreos dirigidos sobre las rapaces nocturnas en el Parque Nacional de Sierra San Pedro Mártir (PNSSPM), Baja California, ha propiciado que el conocimiento de la riqueza taxonómica y la abundancia de sus especies sean muy limitado. Por tanto, la realización de muestreos sistemáticos en tiempo y en espacio en este Parque nacional durante las cuatro temporadas del año incrementara la riqueza y la cantidad de registro de especies.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Determinar la composición taxonómica de las rapaces nocturnas a nivel espacial y temporal en el Parque Nacional de Sierra San Pedro Mártir (PNSSPM), Ensenada, Baja California México.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la composición taxonómica y diversidad de las rapaces nocturnas que habitan en diferentes localidades del PNSSPM durante un ciclo climático estacional.
- Caracterizar la composición de las aves rapaces nocturnas de acuerdo al tipo de vegetación presente.
- Desarrollar una base de datos de las vocalizaciones con espectrogramas de las rapaces nocturnas presentes en el PNSSPM.
- Confeccionar mapas de distribución de las diferentes especies de rapaces nocturnas para este Parque Nacional.

## **5. Área geográfica de estudios**

### **5.1 Ubicación**

La sierra San Pedro Mártir (SSPM) ubicada en la porción norte de Baja California (Fig.2) forma parte de la cordillera Transpenisular con pendientes con pendientes muy abruptas descienden directamente al mar de Cortés. La SSPM posee su parte más alta en el Picacho del Diablo (3,100 metros) en la laguna del Diablo y las grandes planicies del desierto de San Felipe antes de llegar al Golfo de California (Delgadillo, 2004).

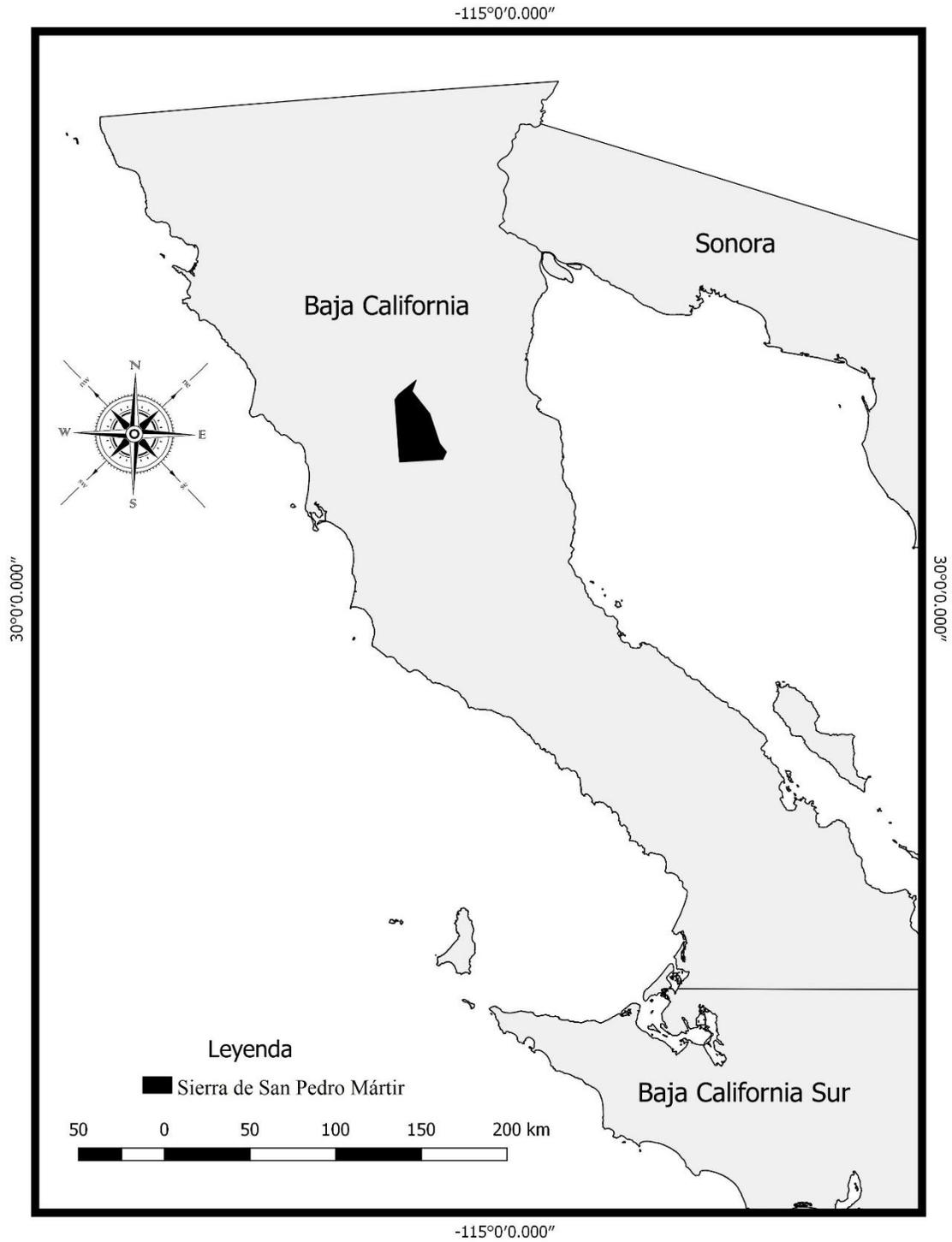


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio y del Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir.

## **5.2 Geología**

La SSPM es formada por rocas batolíticas del Mesozoico y paredes de rocas metasedimentarias. La emersión de esta sierra se produjo durante el Cenozoico tardío, evento que estuvo relacionado con los cambios de los límites entre las placas del Pacífico y Norte América durante los últimos 14 millones de años. Evidencias apuntan que el levantamiento de la SSPM empezó después del Mioceno temprano, siendo las partes más altas formadas por tonalitas y granodioritas (O'Connor et al., 1989).

## **5.3 Clima**

El noroeste de la península de Baja California, incluida la SSPM presenta un clima mediterráneo (Delgadillo, 1998). Dunn et al. (1976) describen que las áreas que presentan el clima mediterráneo se caracteriza por un patrón distintivo en el cual se combinan lluvias moderadas en invierno y temperaturas frías debajo del óptimo para el crecimiento de las plantas, seguidas de veranos secos, calientes y sin lluvias, donde las temperaturas son favorables para la actividad de plantas.

En el área de estudio más del 75% de la precipitación se concentra en el periodo que comprenden los meses de octubre a abril y con menos del 20% en los meses restantes (Delgadillo, 2004). Especialmente en las montañas de la SSPM existe una gran proporción de tiempo despejado, siendo una de las tres regiones sin nubes en el mundo (Álvarez, 1983).

La temperatura anual promedio es de 10.6°C y la precipitación promedio por temporada varía de 80.9 mm en otoño a 1,209 mm en primavera. En el periodo invierno-primavera, que abarca los meses entre diciembre hasta mayo, la precipitación promedio alcanza los 341.6 mm (Delgadillo, 2004).

#### 5.4 Vegetación

Dentro de las provincias florísticas Californiana-Meridional y Martíriense, los bosques de coníferas se desarrollan por arriba de los 1500 metros sobre el nivel del mar (msnm), pero en la SSPM es a partir de los 1,900 msnm (Delgadillo, 1998). El bosque de coníferas en la SSPM cuenta con 40,360 ha, divididas con las siguientes superficies: *Pinus jeffreyi*, 19,330; bosque mixto de coníferas, 15,200; *Abies concolor* y *Pinus lambertiana*, 33600; *Calocedrus decurrens*, 547; *Cupressus montana* 784; *Pinus contorta* 958; y *Pinus coulteri*, 154 (Delgadillo, 2004). Se puede notar que las especies dominantes son del género *Pinus*, dan un carácter distintivo a las diferentes comunidades vegetales presentes en esta sierra (Delgadillo, 2004).

## 6. Metodología

### 6.1 Fase gabinete

#### 6.1.1 Base de datos de vocalizaciones de rapaces nocturnas

Se elaboró una base de datos de sonidos a partir de las grabaciones de los búhos y lechuzas del noroeste de Estados Unidos de América, e incluyendo especies registradas históricamente para la región de la SSPM. Estas grabaciones fueron descargadas de la página de internet Xeno-Canto (Xeno-Canto, 2017). Dichas grabaciones de audios y llamados de los búhos corresponden a diferentes estados reproductivos y sexos.

#### 6.1.2 Obtención de índices

Para la determinación de atributos ecológicos de la comunidad de rapaces nocturnas se calculó la abundancia relativa % para cada especie como  $[N_i/N] * 100$ , donde  $N_i$ =número total de individuos registrados de la especie  $i$ , y  $N$ =número total de individuos de todas las especies registradas.

Así mismo se calculó el índice de la diversidad Shannon ( $H'$ ) para cada localidad y temporada de muestreo como:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde:

$S$ =número de especies,  $p_i$ = proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos.

Los datos obtenidos de los trayectos fueron transformados a valores de presencia (1) y ausencia (0) de las especies para elaborar una matriz de similitud entre muestreos por temporada (estación climática) y localidad de muestreo. El algoritmo para determinar la similitud de especies entre muestreos fue el índice de Jaccard:

$$CCj = \left[ \frac{C}{N_1 + N_2} \right] * 100$$

Donde:

N1= Número de especies presentes en el área 1.

N2 = Número de especies presentes en el área 2.

C= Número de especies presentes en ambas áreas comparadas.

La matriz de los valores de similitud de especie fue utilizada para la construcción de un dendrograma de agrupamiento (Cluster) con la ayuda del programa Statistica 7.0.

### **6.1.2 Estacionalidad de especies por temporada**

Para obtener la temporalidad de las especies basada en su presencia estacional se siguió la clasificación de Ruiz Campos et al. (1997). La cual consiste en las siguientes categorías: residentes (especies que fueron registradas en las cuatro estaciones del año), visitante invernal (especies registradas en las estaciones de otoño e invierno pero con mayor frecuencia en invierno), visitante veraniego (aquellas registradas en las estaciones de primavera y verano, pero con mayor frecuencia en verano), visitante ocasional (aquellas registradas una sola ocasión y en bajo número).

### **6.1.3 Obtención de espectrogramas de rapaces nocturnas y comparación**

Posteriormente a cada salida de campo se descargaron las grabaciones en una computadora personal para ser analizados con el programa Raven Pro 1.5. Este software tiene la función de aislar cantos y llamados además de obtener espectrogramas con el fin de que sean comparados con las bases de datos. Se confirmaron las identificaciones de las especies mediante la comparación de cada espectrograma, canto grabado versus el canto de la posible misma especie descargado de Xeno-Canto y de la descripción de los mismos a partir de la referencias bibliográficas.

#### 6.1.4 Descripción de cantos de rapaces nocturnas para comparación

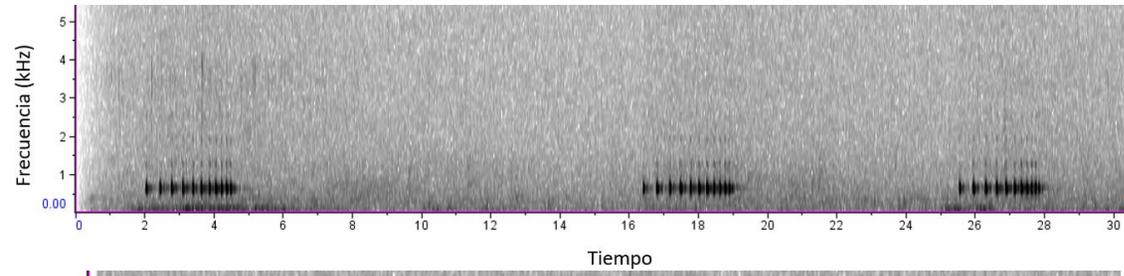
Taylor et al. (2015) describen el canto principal de *Megascops kennicottii* como una serie de silbidos cortos (notas) espaciados al principio como algo similar a una pelota rebotando más rápido y más rápido sobre una superficie congelada; el espectrograma usado para la comparación de la especie (Fig. 3A) fue tomado del canto grabado por Floyd (2017).

Rueda et al. (2011) describen el canto de *Bubo virginianus* como un ulular profundo y resonante formado por cuatro notas de baja frecuencia que se encuentran en los 0.5 kHz pero no superior a 1kHz. Esta descripción se puede notar en el espectrograma tomado de la grabación de Webster (2001) (Fig. 3B) que fue utilizado para la comparación de la especie.

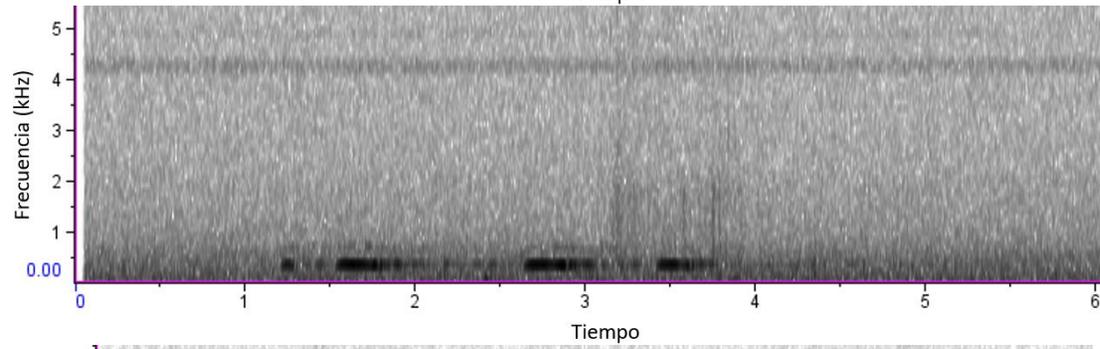
De acuerdo con Weidensaul (2015), la vocalización de *Glaucidium californicum* consiste en una serie de notas claras, pero dependiendo de la región los cantos pueden variar como “lentos hoots” en *G. c. swarthi* y *G. g. grinnelli* entre la costa de Alaska, Columbia Británica y California, otro canto en *G. c. californicum* consiste en “dobles hoots rápidos”, siendo similar al canto mostrado en la figura 3 como reportado por Marvin (2013) (Fig. 3C) que fue utilizado para la comparación de la especie.

Según Weidensaul, (2015), la vocalización de *Aegolius acadicus* es una repetición constante de “toots” mecánicos fuertes espaciados aproximadamente 0.5 segundos, como se puede apreciar en el espectrograma (Fig. 3D) tomado del canto de Lambert. (2015) que fue utilizado de comparación para la confirmación de la especie.

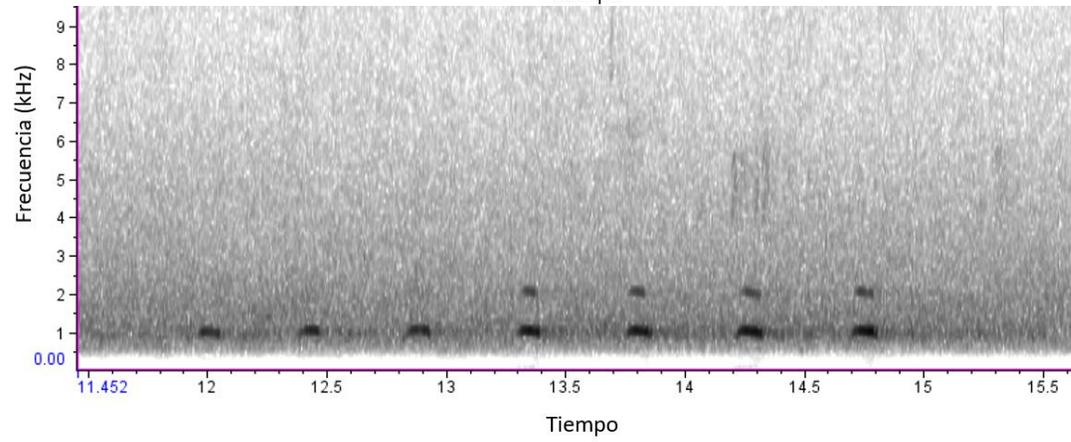
A)



B)



C)



C)

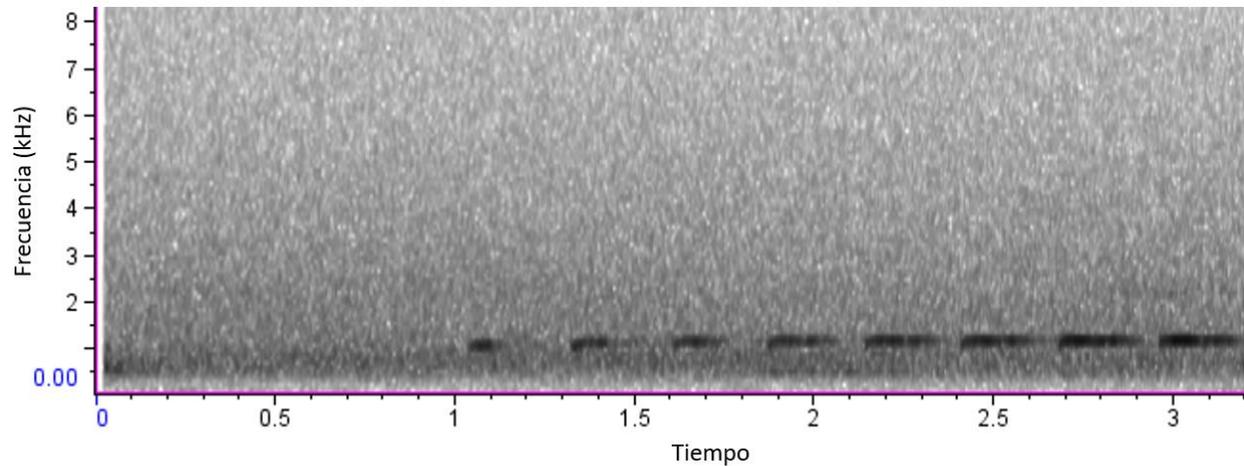


Figura 3 Espectrogramas usados para la comparación y confirmación de rapaces nocturnas. A) Espectrograma obtenido del canto típico de *Megascops kennicottii* (Autillo Californiano) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Medano-Zapata Ranch, Colorado. Fuente: Floyd (2017). B) Espectrograma obtenido del canto típico de *Bubo virginianus* (Búho Cornudo) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Fuente: Webster (2001). C) Espectrograma obtenido del canto típico de *Glaucidim californicum* (Tecolote Serrano) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Huachuca Canyon, Ft Huachuca, Arizona. Fuente: Marvin (2013). D) Espectrograma obtenido del canto de *Aegolius acadicus* (Búho de la sierra Norte) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Buckhorn Campground, San Gabriel Mountains, Los Ángeles County, California. Fuente: Lambert. (2015).

### **6.1.5 Caracterización de rapaces nocturnas según la vegetación presente y mapas de distribución puntual en PNSSPM**

Para la elaboración de los mapas de distribución de rapaces nocturnas dentro del PNSSPM, se utilizaron las coordenadas obtenidas de los muestreos y con la ayuda del programa Google Earth Pro se generaron archivos KML. Posteriormente con la ayuda de QGIS 2.18.9 se confeccionaron los mapas de distribución, e igualmente con las coordenadas de los puntos de registro se ubicaron las rapaces nocturnas según la vegetación dominante con base en los mapas de vegetación de Rivera et al. (2016).

## **6.2 Fase en campo**

### **6.2.1 Método de registro e identificación de rapaces nocturnas**

Se empleó el método de escucha y reclamo, a través de un trayecto en faja de una longitud de 2.5 y 3 km con un ancho aproximado de 150 (distancia mínima entre cada trayecto fue de 2 km). Dentro de cada trayecto se ubicaron 4 puntos de conteo separados cada uno por 1 km de distancia (Rivera et al., 2012). Aproximadamente se invirtieron 35 minutos por punto y 2.5 horas por trayecto (Fig. 4).

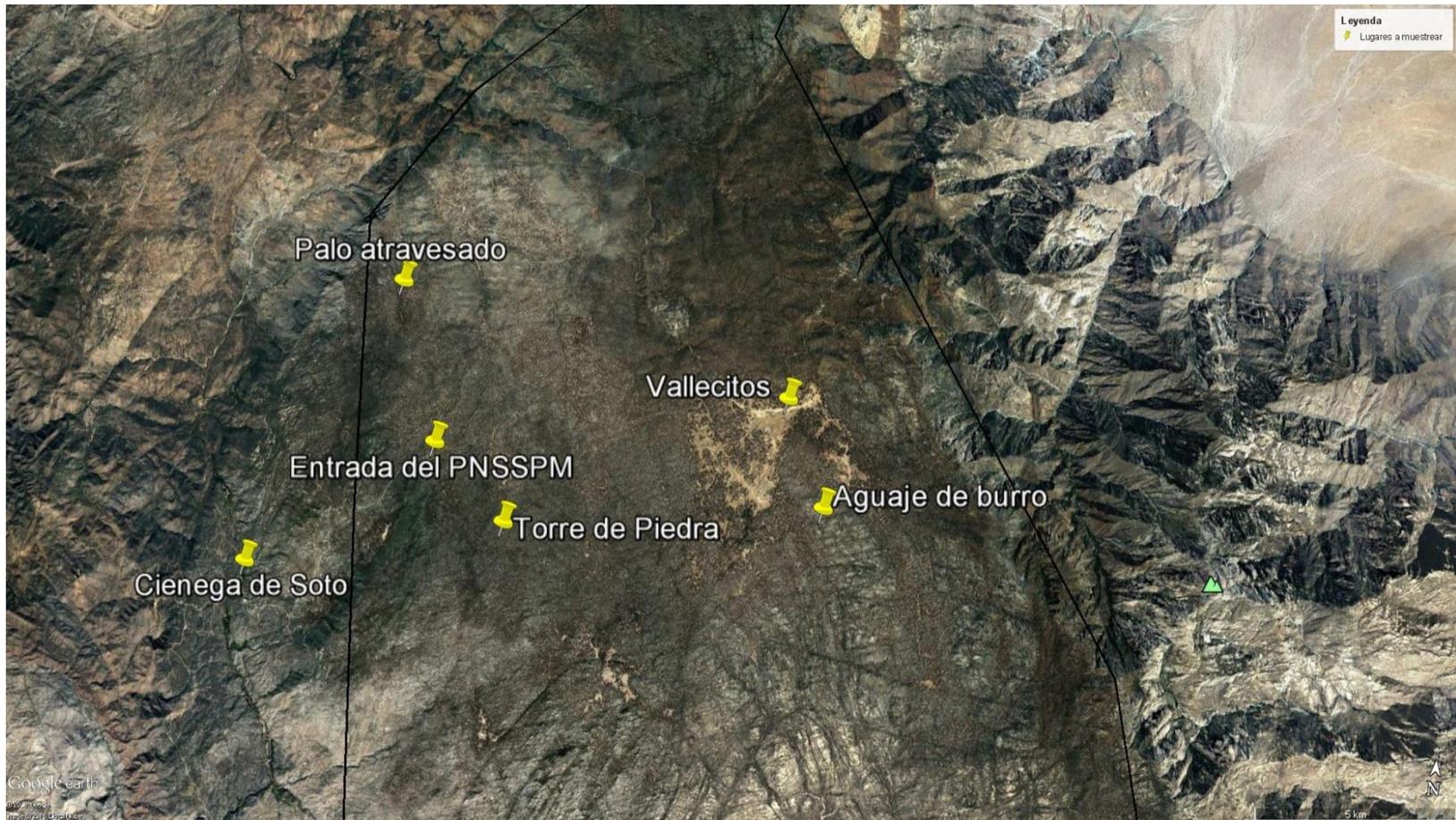


Figura 4. Ubicación de los sitios seleccionados para los muestreos de rapaces nocturnas en el PNSSPM.

El muestreo de trayecto en faja consiste en una modificación del muestreo de cuadrante descrito por Ruiz-Campos et al (2014), donde el cuadrante consistió en una faja angosta de anchura ( $w$ ) y de longitud ( $L$ ) que fue recorrida por los observadores a través de una línea contando todos los individuos detectados dentro de este espacio muestral.

El trayecto en faja está basado en el supuesto crítico que todos los individuos fueron detectados durante el muestreo (Ruiz-Campos et al., 2014). Es importante señalar que los llamados que se registraron más de 150 metros de distancia no fueron incluidos debido a la baja certidumbre de la identificación de la especie escuchada y número de individuos.

En el método de trayecto en faja (Ruiz-Campos et al., 2014). Existen  $k$  fajas, cada una con una anchura de  $2w$  (donde  $w$  es igual a la anchura de cada lado de la línea a recorrer por los observadores) con faja  $i$  de longitud  $l$ . Se denota que la longitud total es  $\sum l_i = L$ , entonces el área muestreada es  $a = 2wL$ . Si el número de individuos contados es  $\sum n_i = n$ , donde  $n_i$  = cada individuo detectado; por tanto, la densidad ( $D$ ) se podrá estimar como:

$$D = \frac{n}{2wL}$$

El recorrido del trayecto se realizó con un vehículo de doble tracción. Se inició los llamados con una pausa silenciosa de tres minutos para reducir el efecto que el ruido de llegada pudo haber producido en la presencia de búhos (Valencia et al., 2012).

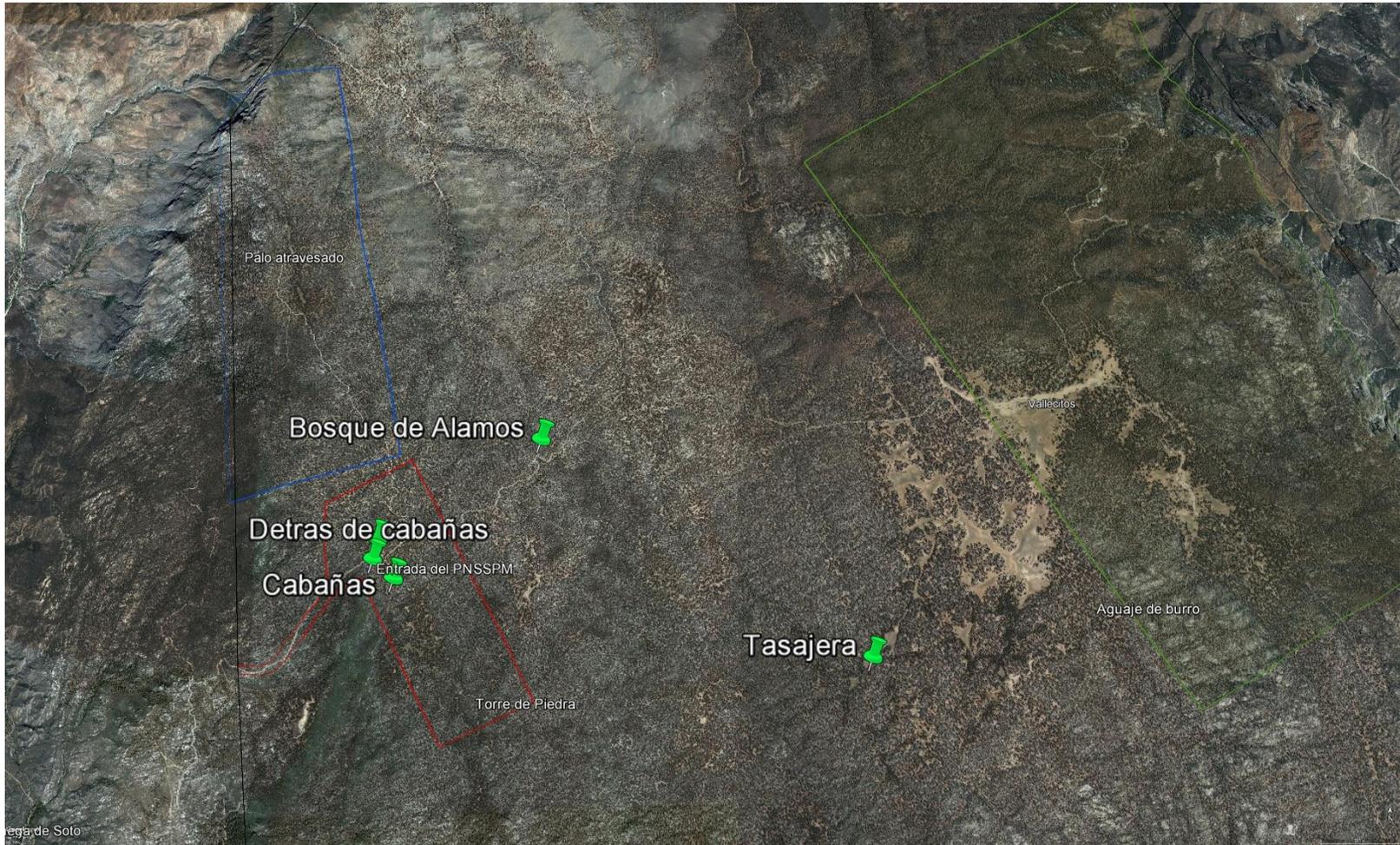
Durante la pausa silenciosa se procedió a identificar los búhos que de forma espontánea realizaran cantos. Una vez identificada una especie ya no se reproducía su grabación (Aguilar et al., 2001). Se registraron los datos de hora inicio y finalización, fecha, nombre del lugar donde se realizó el muestreo, coordenadas geográficas, altitud, temperatura, humedad, estación del año, número de muestreo y tipo de vegetación (Anexo 1).

Cada salida de muestreo consistió de tres noches, durante los meses de otoño, invierno, primavera y verano, con esfuerzo de tres horas en cada muestreo. La selección de los sitios presentan las siguientes características: presencia histórica de rapaces nocturnas, (registros bibliográficos y registros por el personal del área natural protegida y proyecto Cóndor de California), contar con características bióticas de bosque mixto (bosque de coníferas y chaparral), presencia de cuerpos de agua y lugares con poco o sin efecto antropogénico. De igual manera, los sitios seleccionados contaron con fácil accesibilidad por presencia de senderos establecidos, con el fin de no perturbar el hábitat. Los sitios donde se realizaron los monitoreos fueron:

1. Ciénega de Soto hacia la entrada del Área Natural Protegida (ANP) Sierra San Pedro Mártir.
2. Desde la entrada del ANP a Sierra San Pedro Mártir hasta la Torre de Piedra
3. Desde Palo Atravesado hasta la entrada del ANP Sierra San Pedro Mártir
4. Desde Vallecitos hasta el Aguaje del Burro

Además de los sitios anteriormente mencionados fueron seleccionados otros parajes que no forman parte de los trayectos, los cuales históricamente o por comentarios del personal del PNSSPM, habían realizado observaciones o escuchado vocalizaciones de búhos. Cabe señalar que las especies que se registraron fuera de los trayectos no formaron parte de los cálculos de densidad relativa de rapaces nocturnas, sin embargo fueron utilizados para determinar la riqueza de especies y la elaboración de mapas de distribución (Fig. 5).

A)



B)



Figura 5. Ubicación de los sitios seleccionados para los muestreos adicionales de rapaces nocturnas en el PNSSPM. A) Sitios dentro del polígono del PNSSPM. B) Arroyo Meling, aunque se encuentra fuera del polígono es un sitio que forma parte del macizo de SSPM.

### **6.2.2 Emisión de llamados**

La reproducción de los sonidos se realizó de la siguiente manera: 20 segundos de reproducción, 60 segundos de silencio, 20 segundos de reproducción, 60 segundos de silencio, 20 segundos de reproducción, y por último 120 segundos de silencio. Dando un total de 5 minutos por cada especie (Aguilar et al., 2001).

Los llamados emitidos iniciaron con la especie de menor tamaño a la de mayor tamaño (peso y altura), ya que de no hacerlo así, hubiera ocurrido que estas especies no emitieran canto alguno por temor a las especies más grandes y a la potencial depredación por estas (Aguilar et al., 2001; Valencia et al., 2012). Con ayuda de una bocina tipo SoundLink BOSE, los sonidos se emitieron con mayor calidad y amplitud.

Se utilizó una grabadora profesional (TASCAM DR-44WL) para registrar los llamados de los búhos y lechuzas que vocalizaron en los lapsos de silencio como respuesta a los llamados (Fig.6).

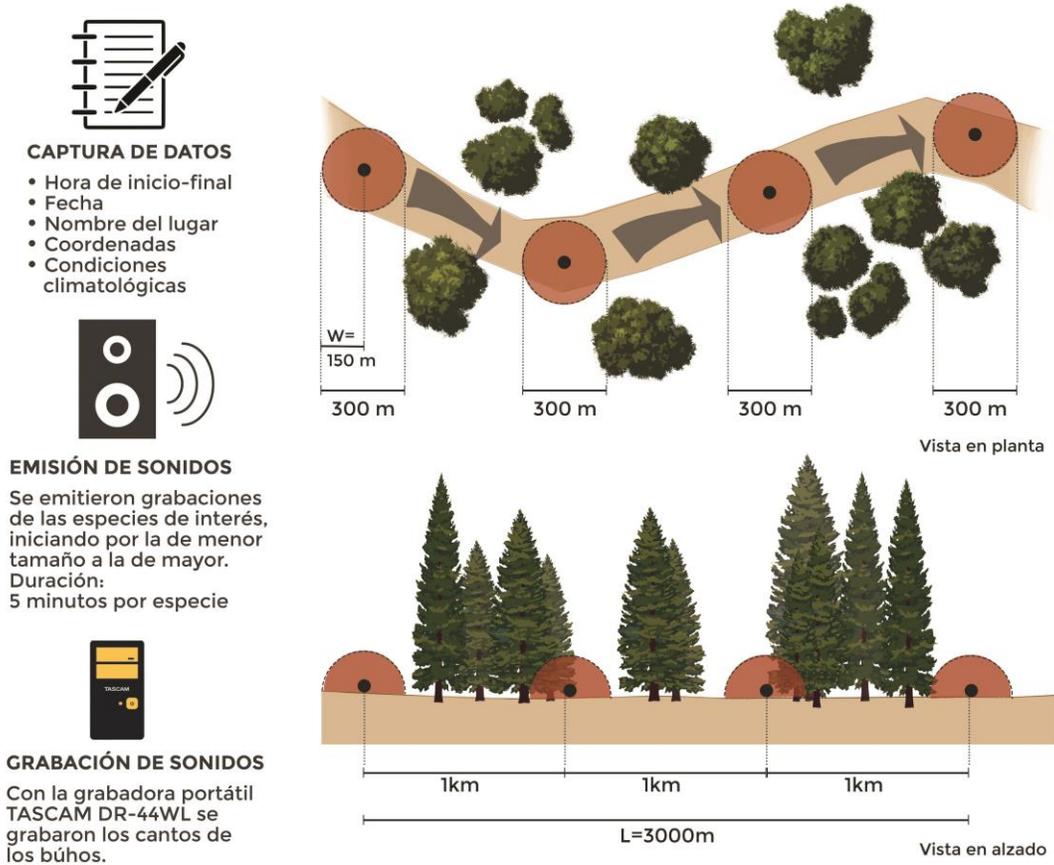


Figura 6. Esquema de la metodología utilizada para el registro de individuos con base en el muestreo de trayecto en faja. (Elaborado por Elia Benítez)

## **7. Resultados**

### **7.1 Composición taxonómica de rapaces nocturnas registradas en el PNSSPM**

Durante el periodo de muestreo que comprendió de octubre de 2017 a agosto de 2018, se registró un total de siete especies de la familia Strigidae con 85 individuos (dentro de trayectos fueron 60 y en puntos 25) detectados por medios acústicos y visuales (Tabla I, Figuras 7 y 8). Las especies con mayor abundancia relativa fueron el Búho Cornudo (*Bubo virginianus*, n=57 individuos, 67.1%) y el Tecolote Afilador (*Aegolius acadicus*, n=11 individuos, 12.9%).

De los registros notables se encuentran dos especies que no habían sido previamente registrados en el PNSSPM. Estos registros son alusivos al Autillo Flamulado (*Psiloscoptes flammeolus*), el cual es conocido de otros sitios de Baja California (Erickson et al., 2013); y al Mochuelo Californiano (*Glaucidium californicum*), este último siendo un nuevo registro para Baja California.

Tabla I. Composición taxonómica, abundancia específica anual, relativa anual y forma de reconocimiento de rapaces nocturnas de PNSSPM durante el periodo de muestreo de octubre 2017 a agosto 2018.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Abundancia específica anual</b>	<b>Abundancia relativa anual %</b>	<b>Forma de reconocimiento</b>
<i>Psiloscops flammeolus</i>	Autillo Flamulado	1	1.2	Auditiva
<i>Megascops kennicottii</i>	Tecolote Occidental	9	10.6	Auditiva
<i>Bubo virginianus</i>	Búho Cornudo	57	67.1	Auditiva/Visual
<i>Strix occidentalis</i>	Búho Moteado	2	2.4	Auditiva
<i>Glaucidium californicum</i>	Mochuelo Californiano	2	2.4	Auditiva
<i>Aegolius acadicus</i>	Tecolote Afilador	11	12.9	Auditiva
<i>Asio otus</i>	Búho Chico	3	3.5	Auditiva
<b>Abundancia absoluta</b>		85	100	

Se presenta los datos de cada especie obtenidos.

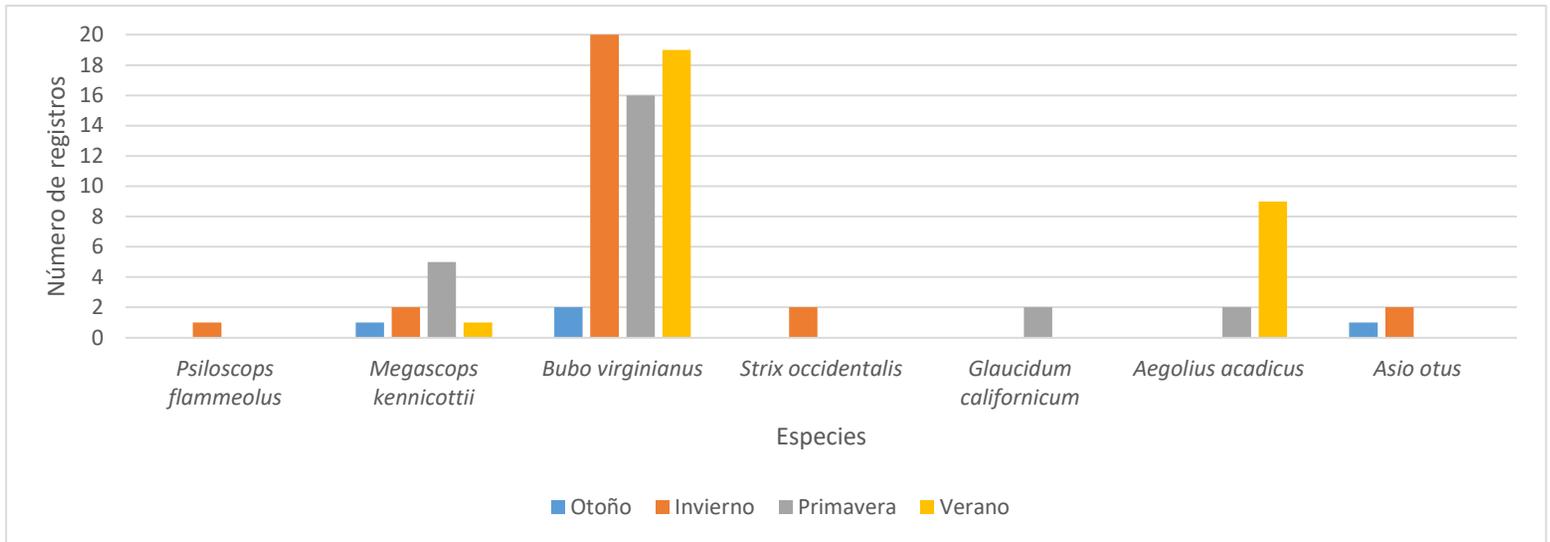


Figura 7. Número de registros de rapaces nocturnas presentes en el PNSSPM durante las cuatro temporadas (octubre 2017-agosto2018).

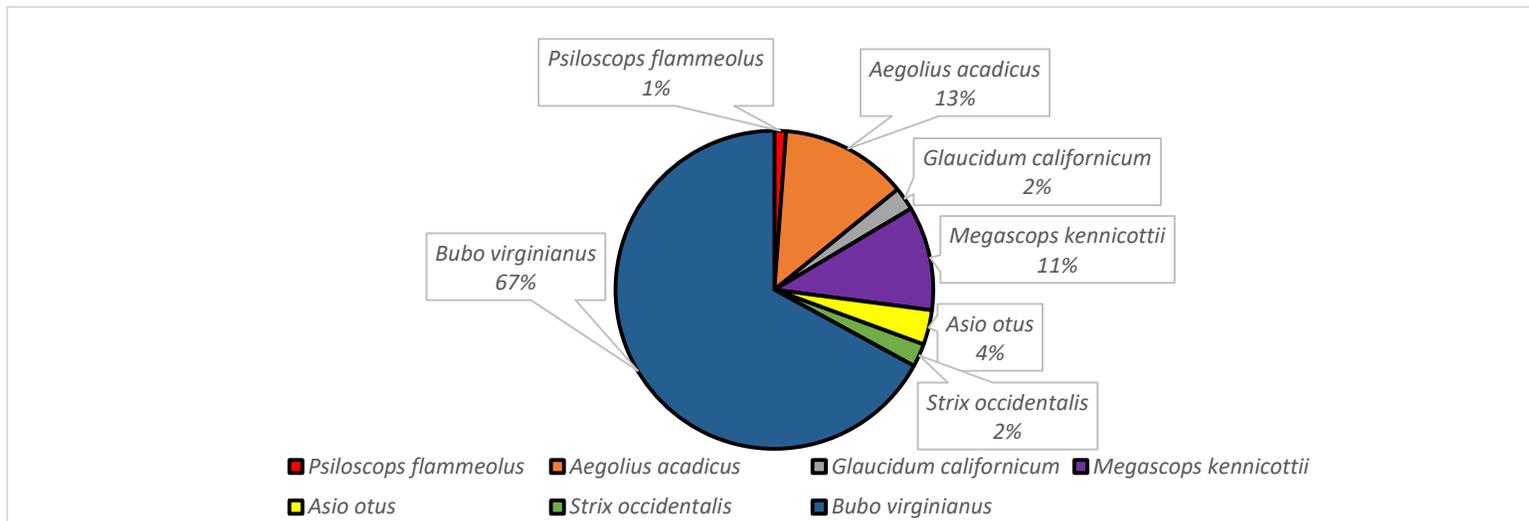


Figura 8. Abundancia relativa de rapaces nocturnas presentes en el PNSSPM durante las cuatro temporadas (octubre 2017-agosto 2018).

## **7.2 Densidad de rapaces nocturnas**

La densidad de cada especie de ave rapaz nocturna estimada por localidad, fecha y estación climática se presenta en la Tabla II. Cabe mencionar que solo se presentan los muestreos que resultaron positivos a la presencia de los búhos.

Tabla II. Densidad y abundancia relativa de rapaces nocturnas registradas en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018. Los valores de densidad están en individuos/100 hectáreas.

Temporada	Fecha	Lugar	Especies	No de individuos (N)	Abundancia relativa	L	Densidad
Otoño	27-oct-17	Vallecitos	<i>A. otus</i>	1	1.7	3000	1.1
			<i>B. virginianus</i>	1	1.7	3000	1.1
		Palo Atravesado	<i>B. virginianus</i>	1	1.7	2500	1.3
			<i>M. kennicottii</i>	1	1.7	2500	1.3
Invierno	12-ene-18	Palo Atravesado	<i>B. virginianus</i>	3	5.0	3000	3.3
			<i>M. kennicottii</i>	1	1.7	3000	1.1
			<i>P. flammeolus</i>	1	1.7	3000	1.1
	13-ene-18	Vallecitos	<i>B. virginianus</i>	2	3.3	3000	2.2
			<i>A. otus</i>	1	1.7	3000	1.1
	19-ene-18	Torre de Piedra	<i>B. virginianus</i>	2	3.3	3000	2.2
			<i>S. occidentalis</i>	2	3.3	3000	2.2
			<i>B. virginianus</i>	4	6.7	4000	3.3
	21-ene-18	Palo Atravesado	<i>B. virginianus</i>	7	11.7	3000	7.8
	Primavera	05-may-18	Palo Atravesado	<i>A. acadicus</i>	2	3.3	3000
<i>B. virginianus</i>				3	5.0	3000	3.3
06-may-18		Vallecitos	<i>B. virginianus</i>	8	13.3	3000	8.9
			<i>G. californicum</i>	1	1.7	3000	1.1
07-may-18		Torre de Piedra	<i>A. acadicus</i>	1	1.7	2000	1.7
	<i>B. virginianus</i>		2	3.3	2000	3.3	
09-may-18	Vallecitos	<i>G. californicum</i>	1	1.7	3000	1.1	
Verano	12-jun-18	Torre de Piedra	<i>B. virginianus</i>	1	1.7	2000	1.7
			<i>M. kennicottii</i>	1	1.7	3000	1.1
	30-ago-18	Palo Atravesado	<i>B. virginianus</i>	5	8.3	3000	5.6
			<i>A. acadicus</i>	1	1.7	3000	1.1
31-ago-18	Vallecitos	<i>B. virginianus</i>	7	11.7	3000	7.8	
Total de individuos registrados en trayecto :				60	100		

Como se muestra en la Tabla II, otoño y verano obtuvieron un bajo número de registro de especies con solo tres taxa cada uno, en otoño se registraron: *M. kennicottii*, *A. otus* y *B. virginianus*, mientras que en verano se registraron *A. acadicus*, *M. kennicottii* y *B. virginianus*, mientras que invierno registro el mayor número de taxa con cinco: *P. flammeolus*, *M. kennicottii*, *A. otus*, *S. occidentalis* y *B. virginianus*.

La especie con mayor densidad específica en un trayecto fue *B. virginianus* con un valor de 13.3 individuos por cada 100 hectáreas, de ahí le siguen *A. acadicus* y *S. occidentalis*, ambos con 3.3 individuos por cada 100 hectáreas; y con una menor densidad a *G. californicum*, *P. flammeolus*, *A. otus* y *M. kennicottii*, todos con 1.7 individuos por cada 100 hectáreas. Palo Atravesado fue el trayecto que presento la mayor cantidad de individuos (26) y especies detectadas (*B. virginianus*, *M. kennicottii*, *A. acadicus* y *P. flammeolus*), seguido por Vallecitos con 22 individuos y tres especies (*B. virginianus*, *A. otus* y *G. californicum*), después Torre de Piedra con ocho individuos y tres especies (*B. virginianus*, *A. acadicus* y *S. occidentalis*); y por ultimo Ciénega de Soto con cuatro individuos y una especie (*B. virginianus*).

### 7.3 Estacionalidad de rapaces nocturnas

El estatus de presencia o concurrencia de las siete especies durante el periodo de muestreo es representado por dos especies de presencia permanente o residente *B. virginianus* y *M. kennicottii* (n= 66 individuos), como visitante veraniego a *A. acadicus* (n=11 individuos), como visitante invernal a *A. otus* (n=3 individuos) y finalmente como visitantes ocasionales a *P. flammeolus*, *G. californicum* y *S. occidentalis* (n=5 individuos) (Figs. 9 y 10) y a nivel de individuos registrados, el mayor número se detectó en verano con 29 seguido por invierno con 27. Primavera y otoño registraron 24 y 4 especies, respectivamente (Fig. 11).

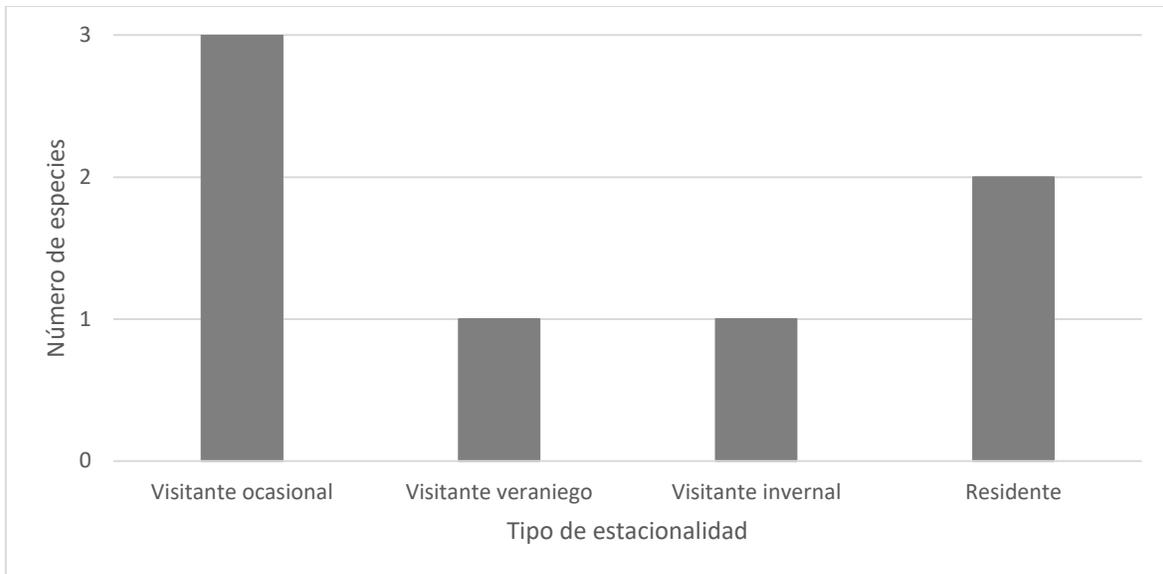


Figura 9. Estacionalidad de rapaces nocturnas por número de especies presentes en el PNSSPM durante el periodo de muestreo.

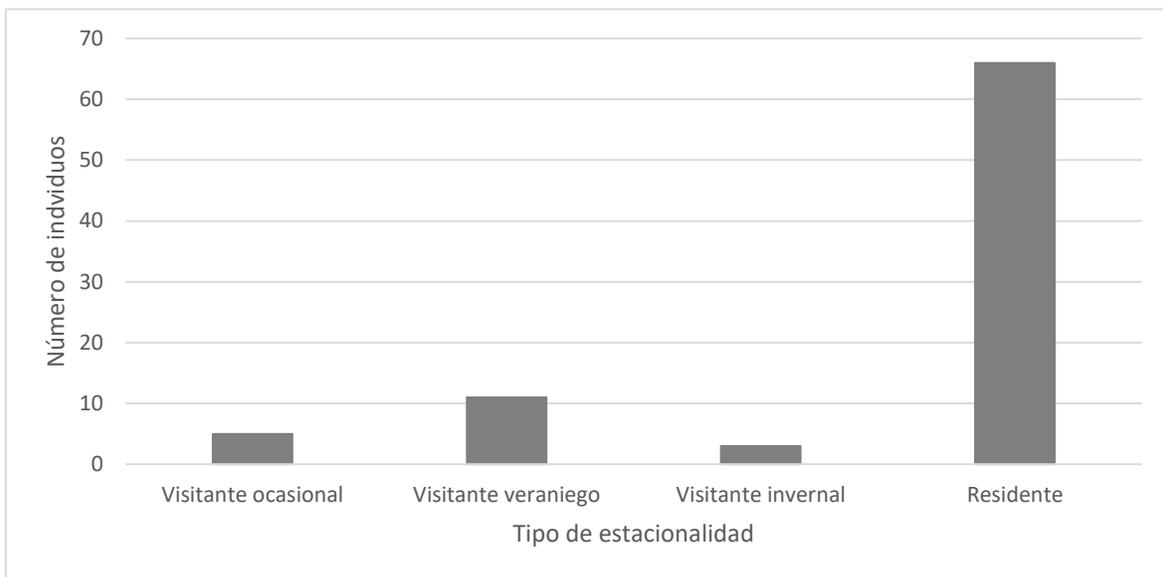


Figura 10. Estacionalidad de rapaces nocturnas por número de individuos presentes en el PNSSPM durante el periodo de muestreo.

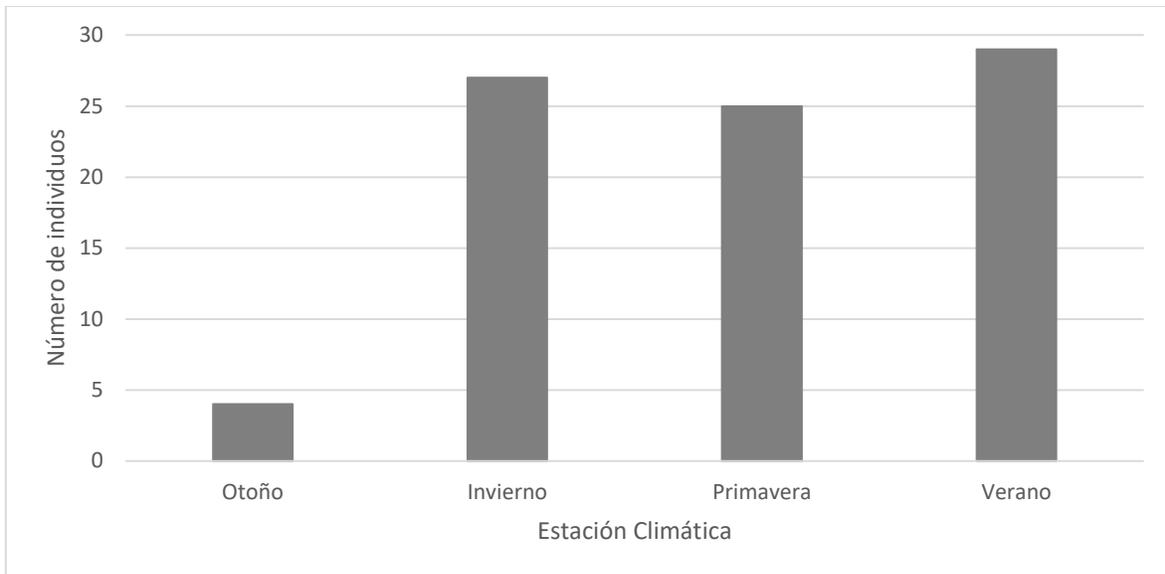


Figura 11. Número de registros de individuos de rapaces nocturnas presentes por temporada en el PNSSPM durante el periodo de muestreo.

#### **7.4 Caracterización de rapaces nocturnas según la vegetación presente y mapas de distribución puntual en PNSSPM**

Con base en los muestreos realizados y con la ayuda de mapas de vegetación del PNSSPM (Rivera et al., 2016) fue posibles caracterizar el tipo de cobertura y la vegetación dominante en la cual se registraron las rapaces nocturnas (Tabla III).

Tabla III. Tipo de cobertura y vegetación dominante donde las rapaces nocturnas fueron registradas durante el período de estudio.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Tipo de cobertura</b>	<b>Vegetación dominante</b>
<i>Psiloscops flammeolus</i>	Autillo Flamulado	Conífera	Bosque de coníferas
<i>Megascops kennicottii</i>	Tecolote Occidental	Conífera /Arbustivo	Bosque de coníferas/Chaparral mixto montano
<i>Bubo virginianus</i>	Búho Cornudo	Conífera/Herbácea/Arbustivo	Bosque de coníferas, Pastos herbáceas perennes y Chaparral mixto montano
<i>Strix occidentalis</i>	Búho Moteado	Conífera	Bosque de coníferas
<i>Glaucidium californicum</i>	Tecolote Serrano	Conífera/	Bosque de coníferas
<i>Aegolius acadicus</i>	Tecolote Afilador	Conífera	Bosque de coníferas
<i>Asio otus</i>	Búho Chico	Conífera/Herbácea	Bosque de coníferas y Pastos herbáceas perennes

El tipo de vegetación dominante fue el bosque de coníferas con la especie de *Pinus jeffreyi* (Fig. 12) y tipo de cobertura de coníferas (Fig. 13). La especie que tuvo mayor distribución en cuanto a tipos de vegetación fue *B. virginianus*, encontrándose en todos los tipos (Fig. 16). Por su parte, la especie con menor distribución en los tipos de vegetación fue *G. californicum*, la cual se encontró de manera exclusiva y en dos ocasiones en el bosque de coníferas en el trayecto de Vallecitos hacia Aguaje de Burro (Fig. 18). *M. kennicottii* (Fig.15) fue registrado tanto en bosque de coníferas (Palo Atravesado) como en chaparral mixto montano (Arroyo Meling) (Fig. 5B). Otra de las especies como *A. otus* fue registrada en el bosque de coníferas y en pastizal (Fig. 20), y en los casos de *P. flammeolus* (Fig. 14) y *S. occidentalis* (Fig. 17) en bosque de coníferas.

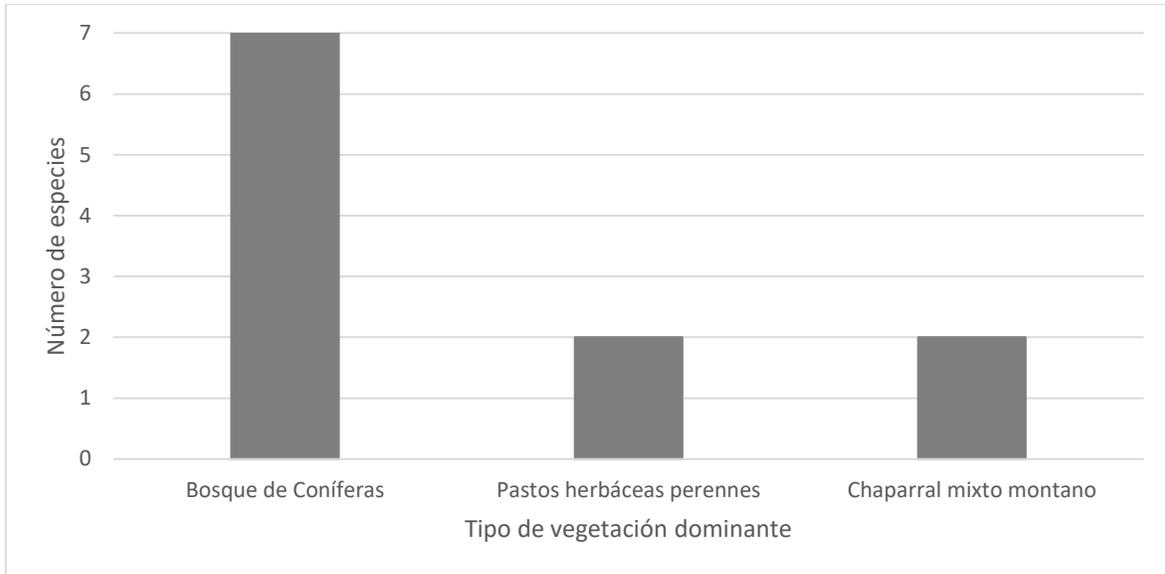


Figura 12. Riqueza de especies de rapaces nocturnas por tipo de vegetación dominante en el PNSSPM.

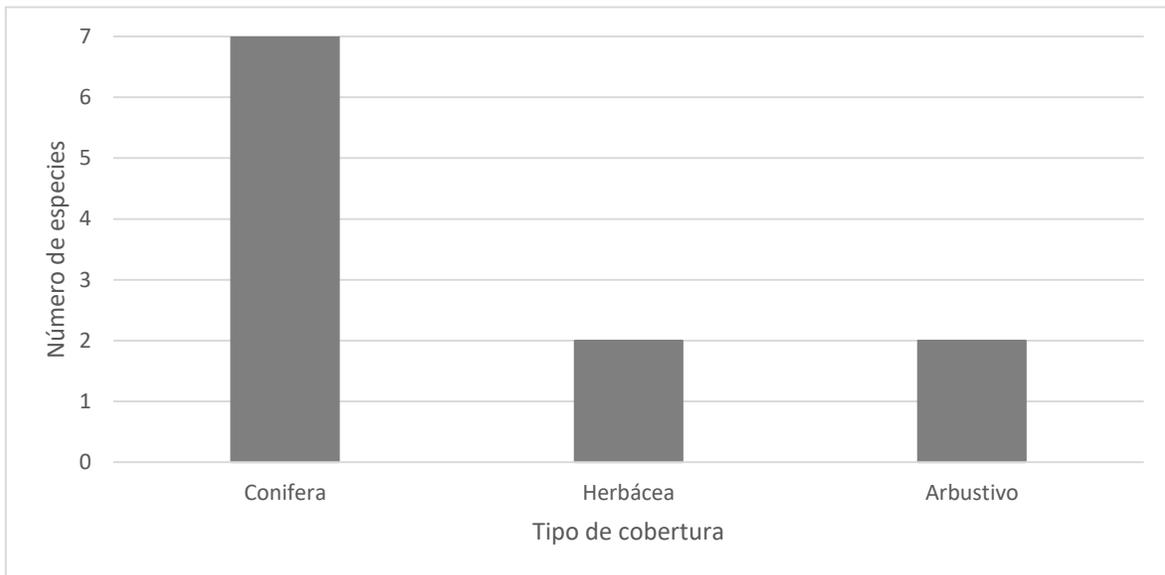


Figura 13. Riqueza de especies de rapaces nocturnas por tipo de cobertura vegetal en el PNSSPM

Con las coordenadas obtenidas de los muestreos se confeccionaron mapas de distribución de las rapaces nocturnas con ayuda del programa QGIS 2.18.9. Dichas distribuciones plasman los puntos donde fueron identificados los búhos en las diferentes temporadas en las que se realizaron los muestreos.

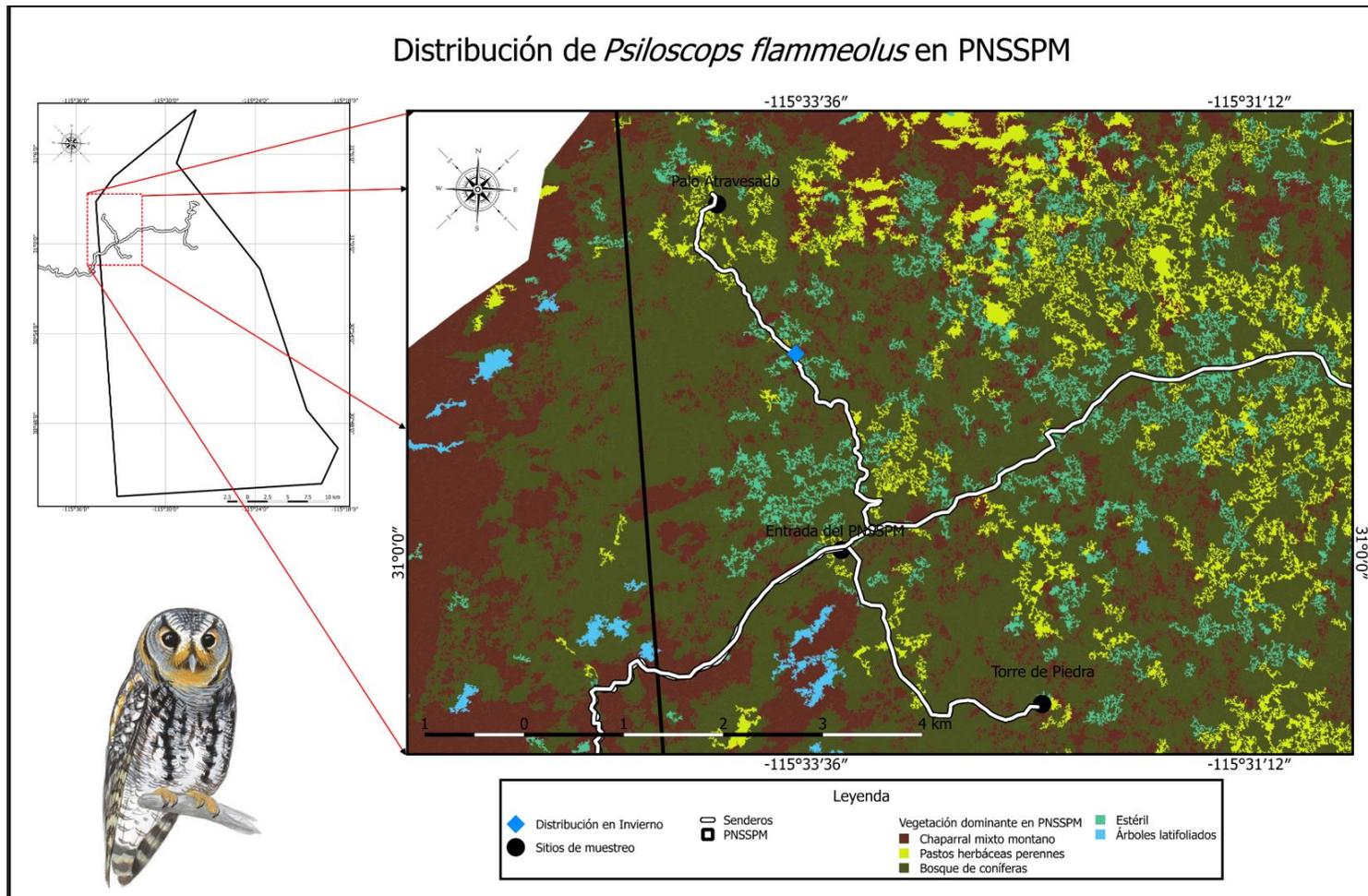


Figura 14. Distribución y tipo de vegetación de registro para *Psiloscopus flammeolus* en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018.

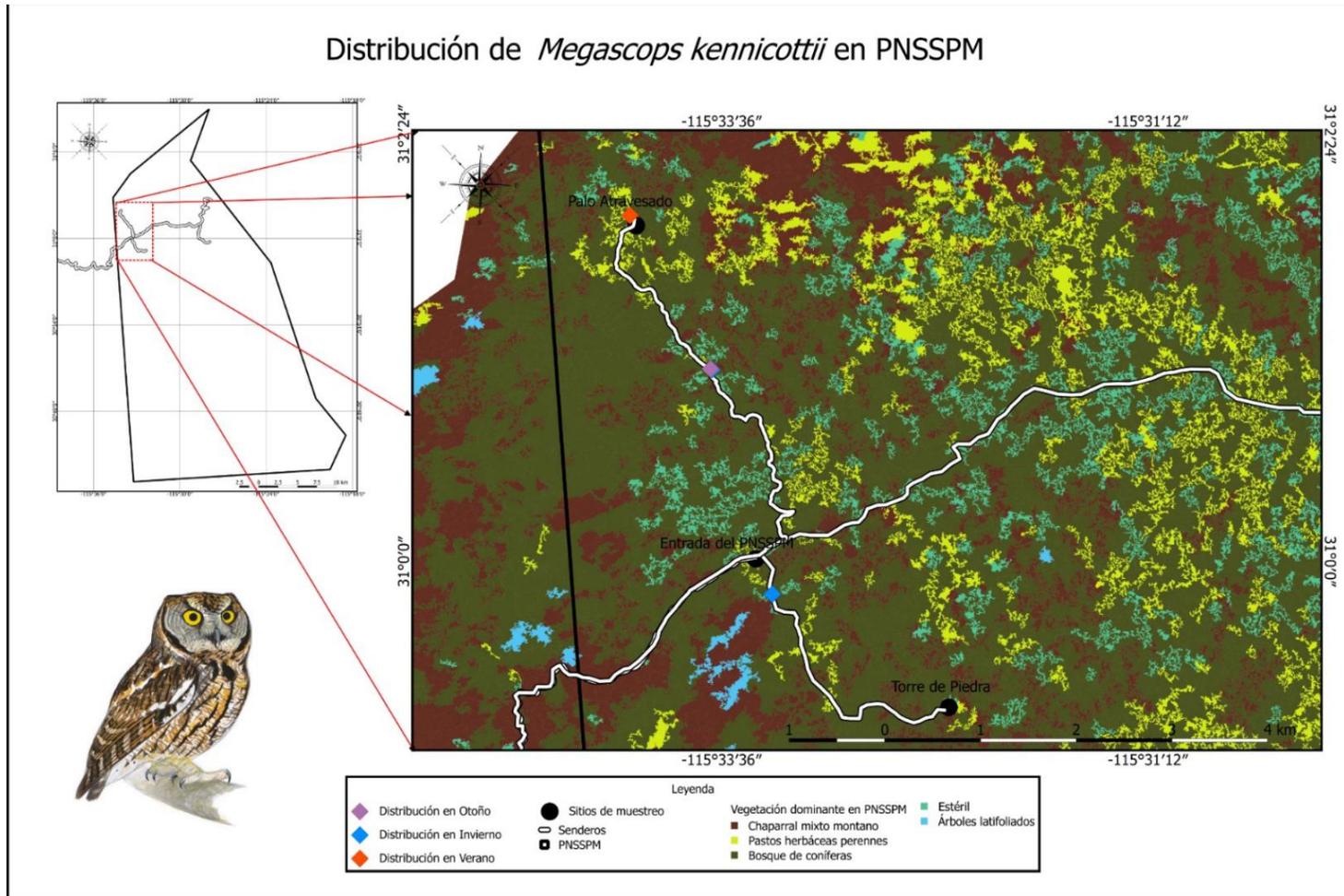


Figura 15. Distribución y tipo de vegetación de registro para *Megascops kennicottii* en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018.

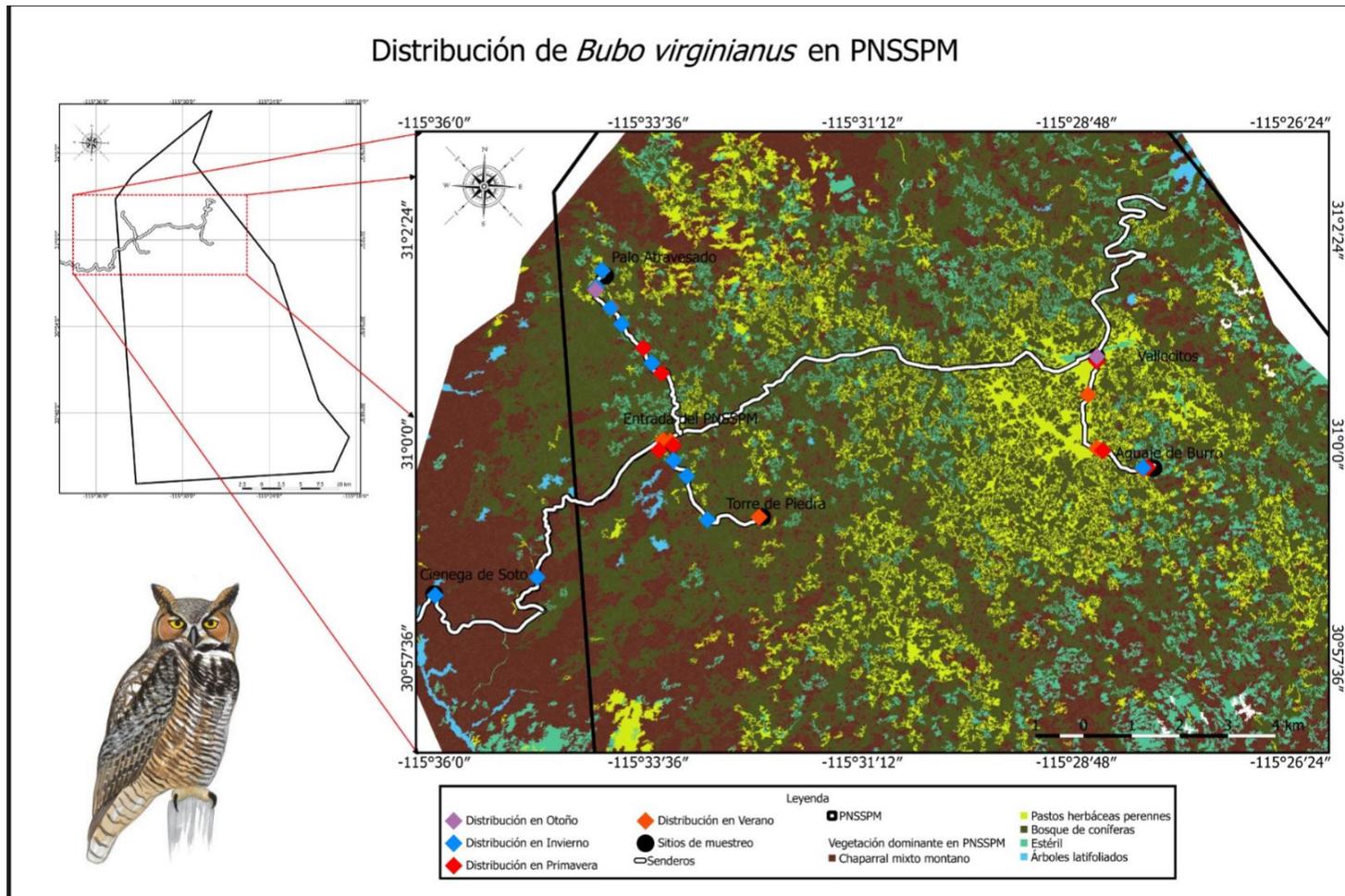


Figura 16. Distribución y tipo de vegetación de registro para *Bubo virginianus* en el PNSSPM durante el período de octubre de 2017 a agosto de 2018.

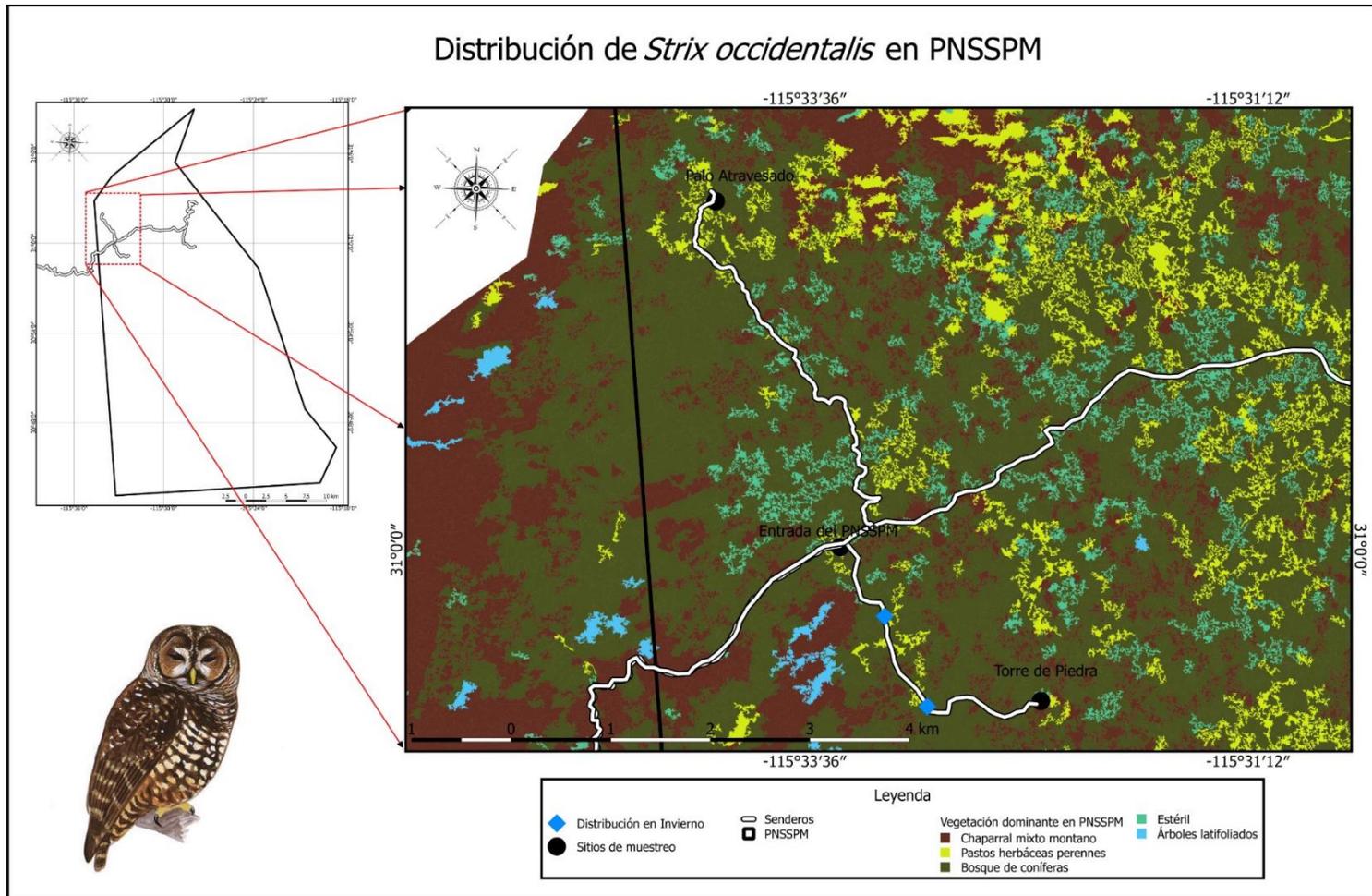


Figura 17. Distribución y tipo de vegetación de registro para *Strix occidentalis* en el PNSSPM durante el período de octubre de 2017 a agosto de 2018.

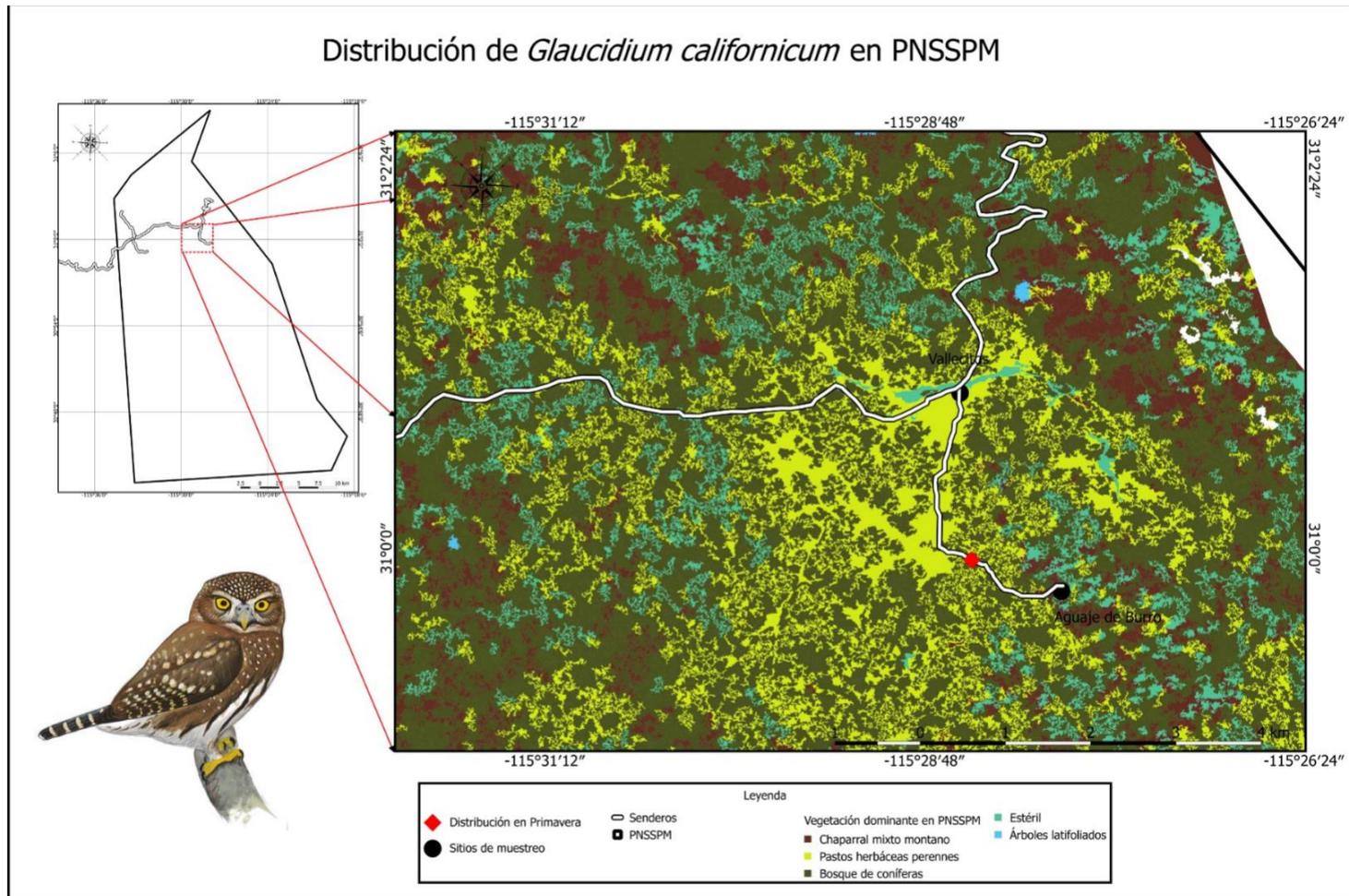


Figura 18. Distribución y tipo de vegetación de registro para *Glaucidium californicum* en el PNSSPM durante el período de octubre de 2017 a agosto de 2018.

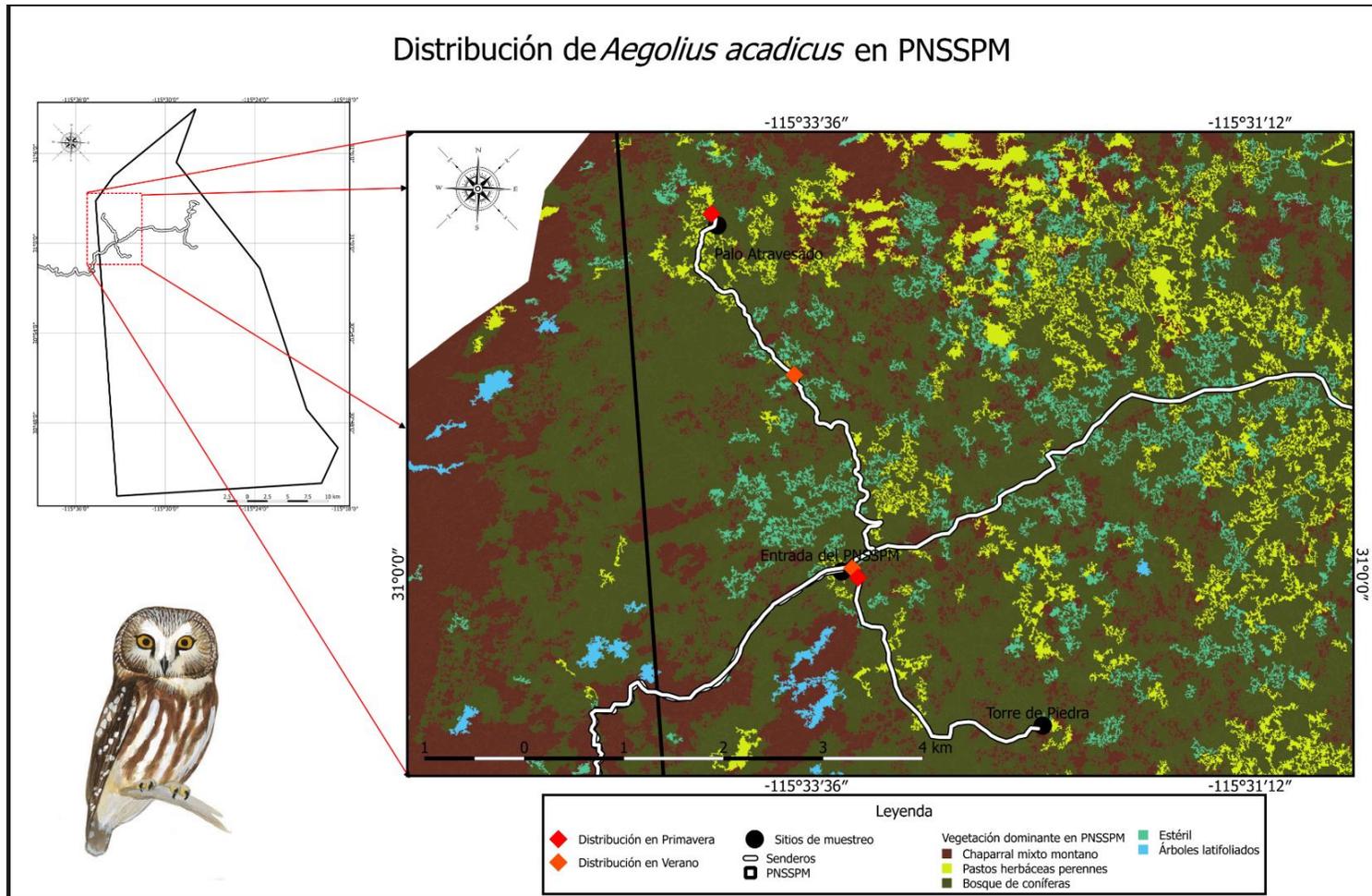


Figura 19. Distribución y tipo de vegetación de registro para *Aegolius acadicus* en el PNSSPM durante el periodo de octubre de 2017 a agosto de 2018

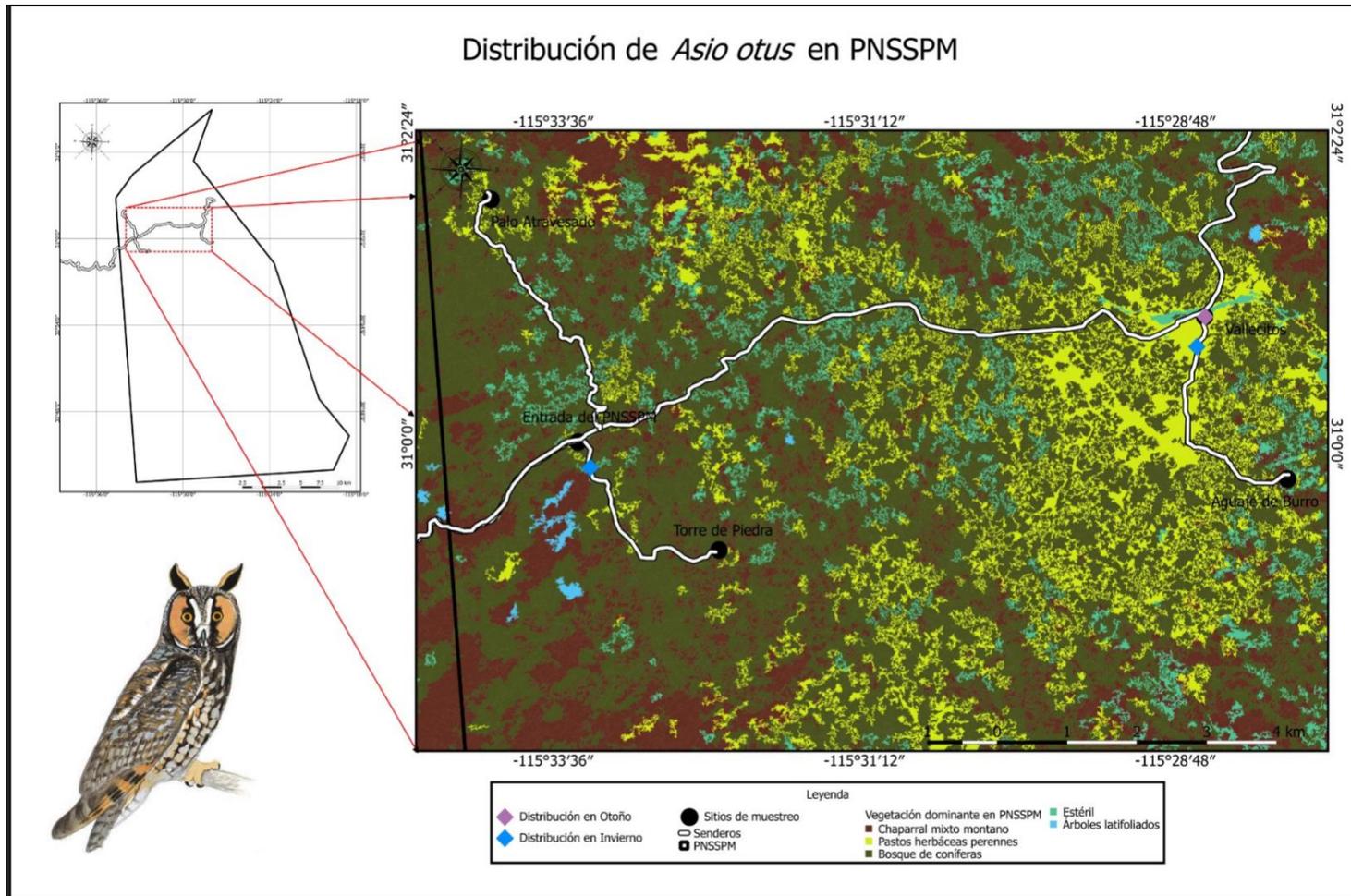


Figura 20. Distribución y tipo de vegetación de registro para *Asio otus* en el PNSSPM durante el período de octubre de 2017 a agosto de 2018.

### **7.5 Diversidad y equidad de especies**

La diversidad de especies (Shannon) de rapaces nocturnas durante el periodo de estudio para las temporadas de muestreo, fue mayor ( $H'=0.36$ ) en las temporadas de otoño y verano. Mientras que en las temporadas de primavera e invierno los valores de diversidad de especies fueron menores ( $H'=0.32$  y  $0.24$ , respectivamente) (Tabla IV).

En cuanto la diversidad de especies de rapaces nocturnas durante el periodo de muestreos para las localidades, fue mayor ( $H'=0.36$ ) en las localidades de Torre de Piedra y Vallecitos, seguido con valores similares ( $H'=0.31$ ) Palo Atravesado y el de menor valor ( $H'=0.27$ ) fue Ciénega de Soto (Tabla V).

Tabla IV. Valores de atributos ecológicos obtenidos para las rapaces nocturnas en el PNSSPM para temporadas.

<b>Temporada</b>	<b>Número de especies</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>Índice de Shannon</b>
<b>Otoño</b>	3	4	0.36
<b>Invierno</b>	3	24	0.24
<b>Primavera</b>	4	25	0.32
<b>Verano</b>	3	29	0.36

Tabla V. Valores de atributos ecológicos obtenidos para las rapaces nocturnas en el PNSSPM para localidades de muestreo

<b>Localidad</b>	<b>Número de especies</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>Índice de Shannon</b>
<b>Ciénega de Soto</b>	1	4	0.27
<b>Torre de Piedra</b>	3	8	0.36
<b>Palo Atravesado</b>	4	26	0.36
<b>Vallecitos</b>	3	22	0.36

## 7.6 Similitud de especies

A partir de las matrices generadas de la similitud de especies entre temporadas (Tabla VI) y entre lugares (Tabla VII) se generaron los dendrogramas respectivos. Estos mostraron la información de dos grupos (Fig.21): el primero formado por verano y primavera con un valor de enlace de 0.75 ya que ambas temporadas presentan en común las especies residentes (*M. kennicottii* y *B. virginianus*); el segundo grupo se encuentra conformado por invierno y otoño que comparten a dos especies residentes (*M. kennicottii* y *B. virginianus*) y una invernada (*A. otus*).

El dendrograma de similitud de especies entre lugares (Fig.22) se reconocen dos grupos, en el primero conformado por Torre de Piedra y Palo Atravesado con una distancia de enlace de 0.40 (Tabla VII) compartiendo dos especies (*A. acadicus* y *B. virginianus*), además de que estos lugares son los más cercanos entre sí (Fig. 4). En el segundo grupo formado por Ciénega de Soto y Vallecitos, la similitud es muy baja por el hecho de que solo comparten una especie (*B. virginianus*).

Tabla VI. Matriz de similitud de especies de rapaces nocturnas entre temporadas.

<b>Temporada</b>	<b>Otoño</b>	<b>Invierno</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verano</b>
<b>Otoño</b>	1.0	0.60	0.40	0.5
<b>Invierno</b>	0.6	1.0	0.285	0.333
<b>Primavera</b>	0.4	0.285	1.0	0.75
<b>Verano</b>	0.5	0.333	0.75	1.0

Tabla VII. Matriz de similitud de especies de rapaces nocturnas entre lugares de muestreo.

<b>Lugar</b>	<b>Ciénega de Soto</b>	<b>Torre de Piedra</b>	<b>Palo Atravesado</b>	<b>Vallecitos</b>
<b>Ciénega de Soto</b>	1.0	0.333	0.25	0.333
<b>Torre de Piedra</b>	0.333	1.0	0.4	0.2
<b>Palo Atravesado</b>	0.25	0.4	1.0	0.166
<b>Vallecitos</b>	0.333	0.2	0.166	1.0

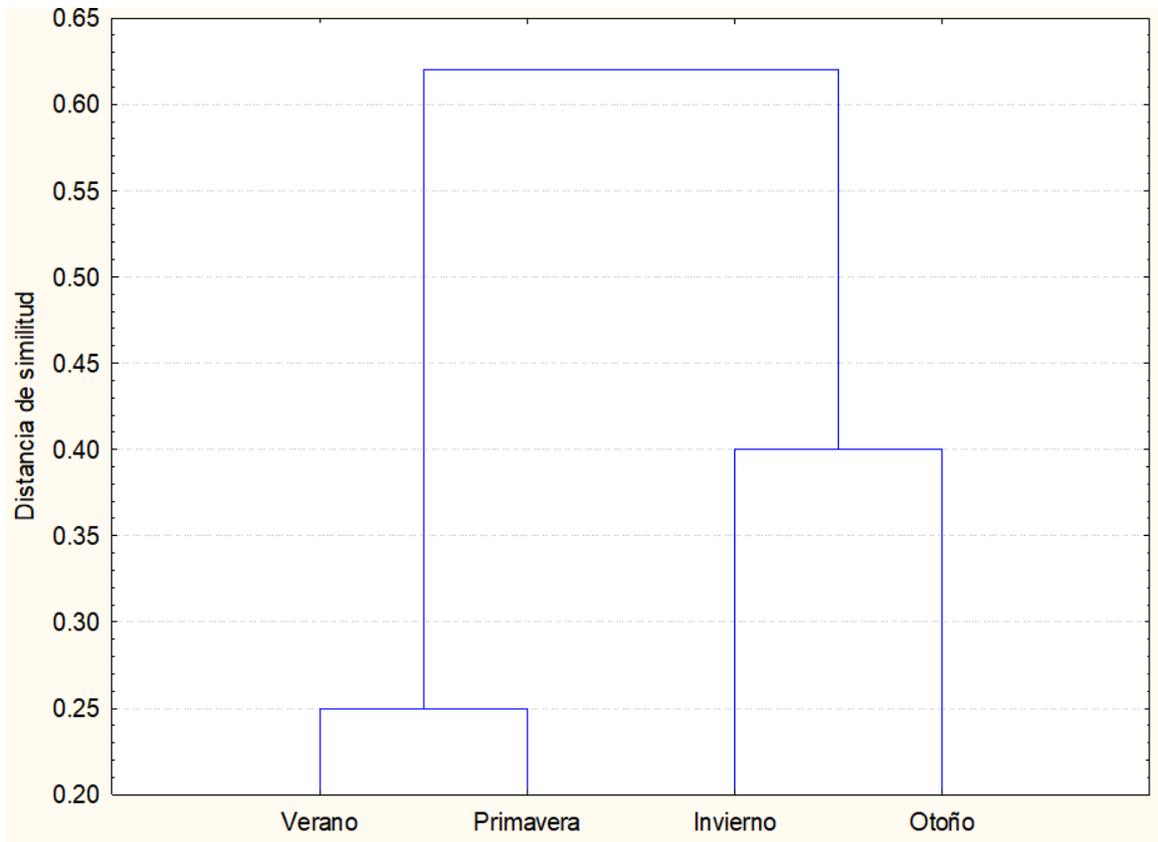


Figura 21. Dendrograma de similitud de especies (Jaccard) de rapaces nocturnas entre estaciones climáticas en el PNSSPM.

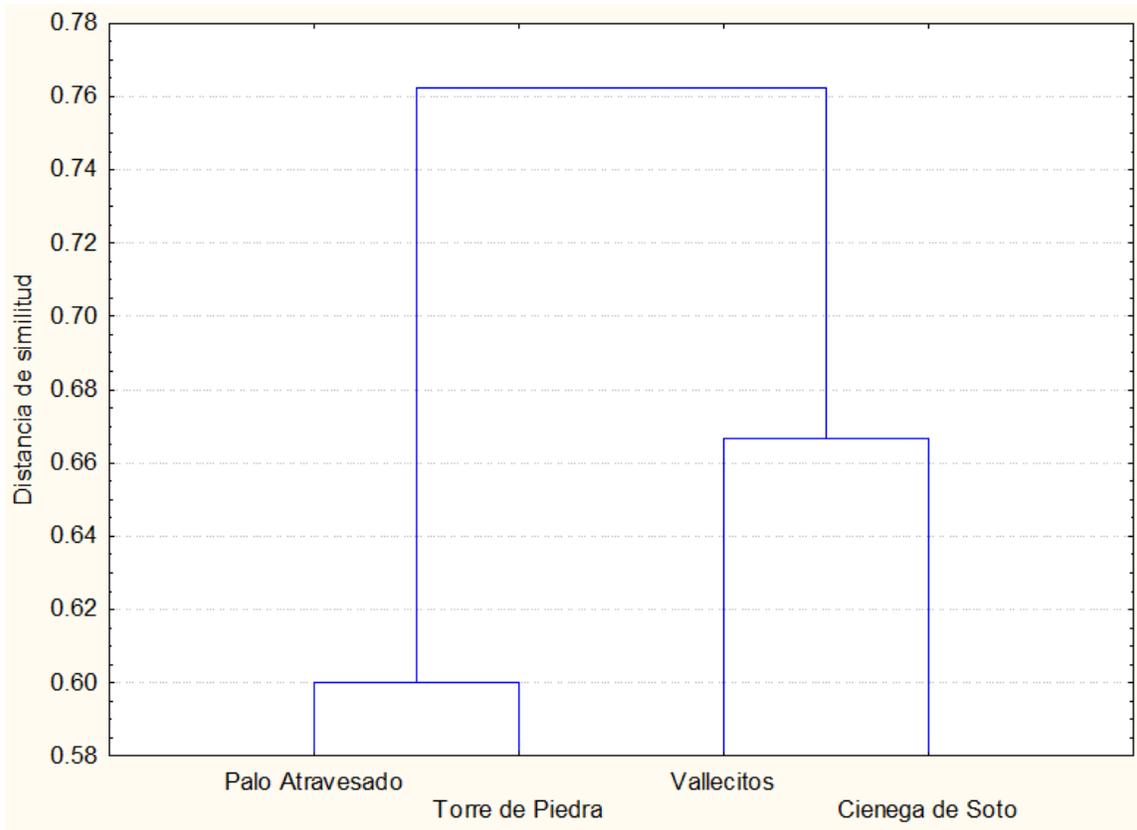


Figura 22. Dendrograma de similitud de especies (Jaccard) de rapaces nocturnas entre sitios de de muestreo en el PNSSPM.

## **7.7 Espectrogramas de rapaces nocturnas**

Se obtuvo un total de 66 grabaciones para ser analizadas de todos los muestreos realizados durante el periodo que comprendió de octubre de 2017 a agosto de 2018, de los cuales se extrajo un total de 2 vocalizaciones de *M. kennicottii*, 11 de *B. virginianus*, 2 de *G. californicum* y 4 de *A. acadicus* cada vocalización con su respectivo espectrograma (Nota solo se extrajeron las vocalizaciones más representativas y más audibles).

A partir de las grabaciones adquiridas de los muestreos y el uso de Raven Pro 1.5 para la obtención de espectrogramas de cada audio, se confirmaron las especies mediante la comparación de los cantos escuchados y grabados contra el canto de la misma especie descargado de Xeno-Canto.

### **7.7.1 *Megascops kennicottii***

En la figura 23A se encuentra el espectrograma tomando en primavera el 4 de mayo de 2018 que pertenece a *M. kennicottii* corroborado por la comparación espectrográfica y acústica con el canto y espectrograma tomados de Floyd (2017) (23B).

En el eje X está el tiempo y en el Y se encuentra la frecuencia medida en kHz, el audio comparado acústicamente suena como una pelota rebotando como menciona Taylor et al. (2015), se aprecia en el espectrograma como las notas están más conglomeradas conforme avanza en el tiempo similar a la vocalización de Floyd. (2017) (Fig. 23B) además de que ambos cantos se encuentra en la misma frecuencia inferior a 1kHz.

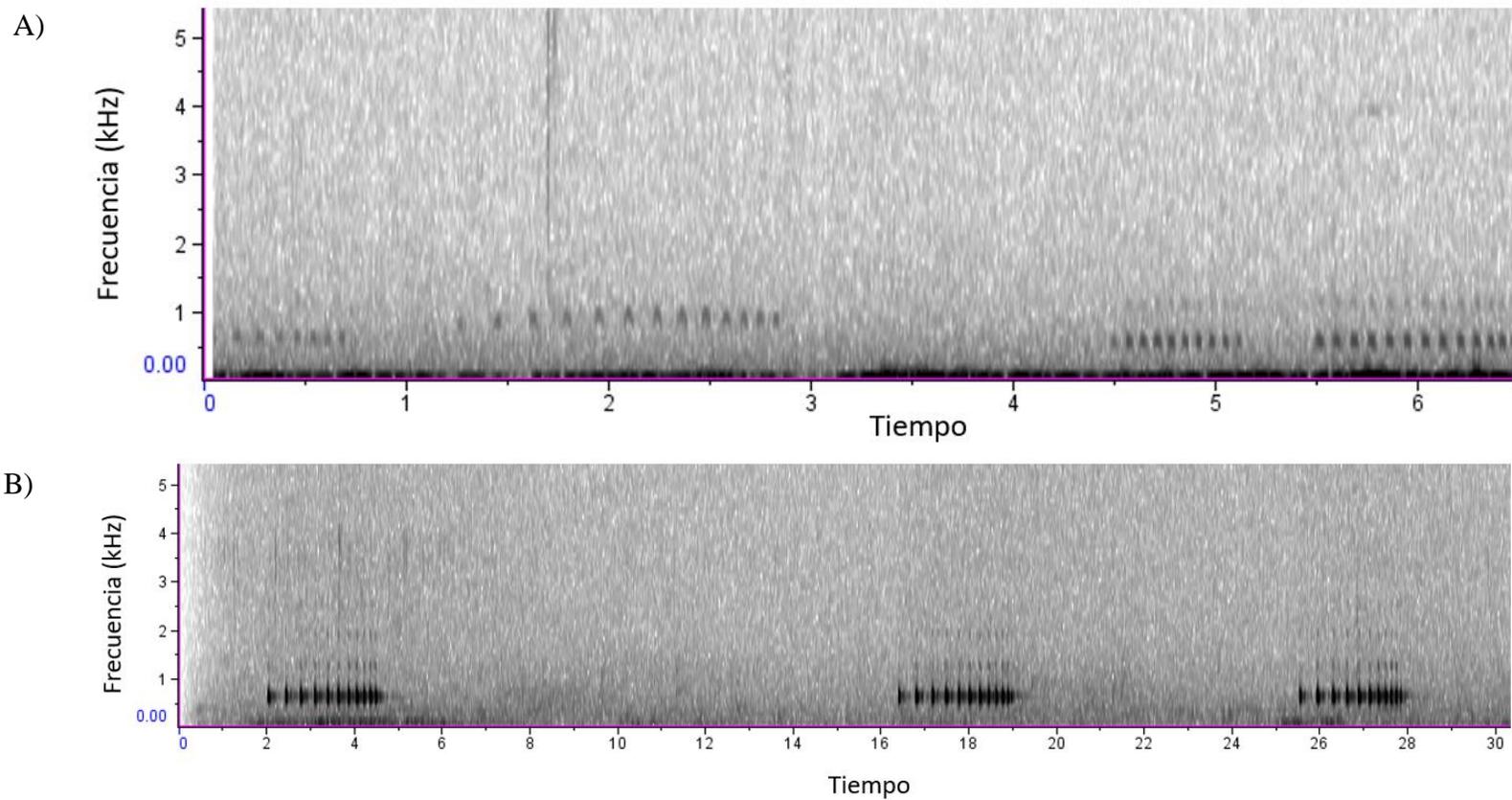


Figura 23. Espectrogramas de *M. kennicottii*: A) Espectrograma obtenido del audio grabado el 4 de mayo de 2018 en el Arroyo Meling. B) Espectrograma obtenido del canto típico de *Megascops kennicottii* (Autillo Californiano) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Medano-Zapata Ranch, Colorado. Fuente: Floyd (2017).

### **7.7.2 *Bubo virginianus***

En la figura 24A se encuentra el espectrograma tomado en invierno el 21 de enero de 2018 en el trayecto de Palo Atravesado que corresponde a *B. virginianus* corroborado por la comparación espectrográfica y acústica con el canto y espectrograma tomados de Webster (2001) (Fig. 24B).

En el eje X está el tiempo y en el Y se encuentra la frecuencia medida en kHz, el espectrograma (Fig. 24A) está conformado por 4 notas de baja frecuencia inferior a 1kHz y porque acústicamente se aprecia como el ulular profundo característico de *B. virginianus* como describe Rueda et al., (2011) y tanto espectrográficamente como acústicamente son muy similares al canto y espectrograma de Webster (2001).

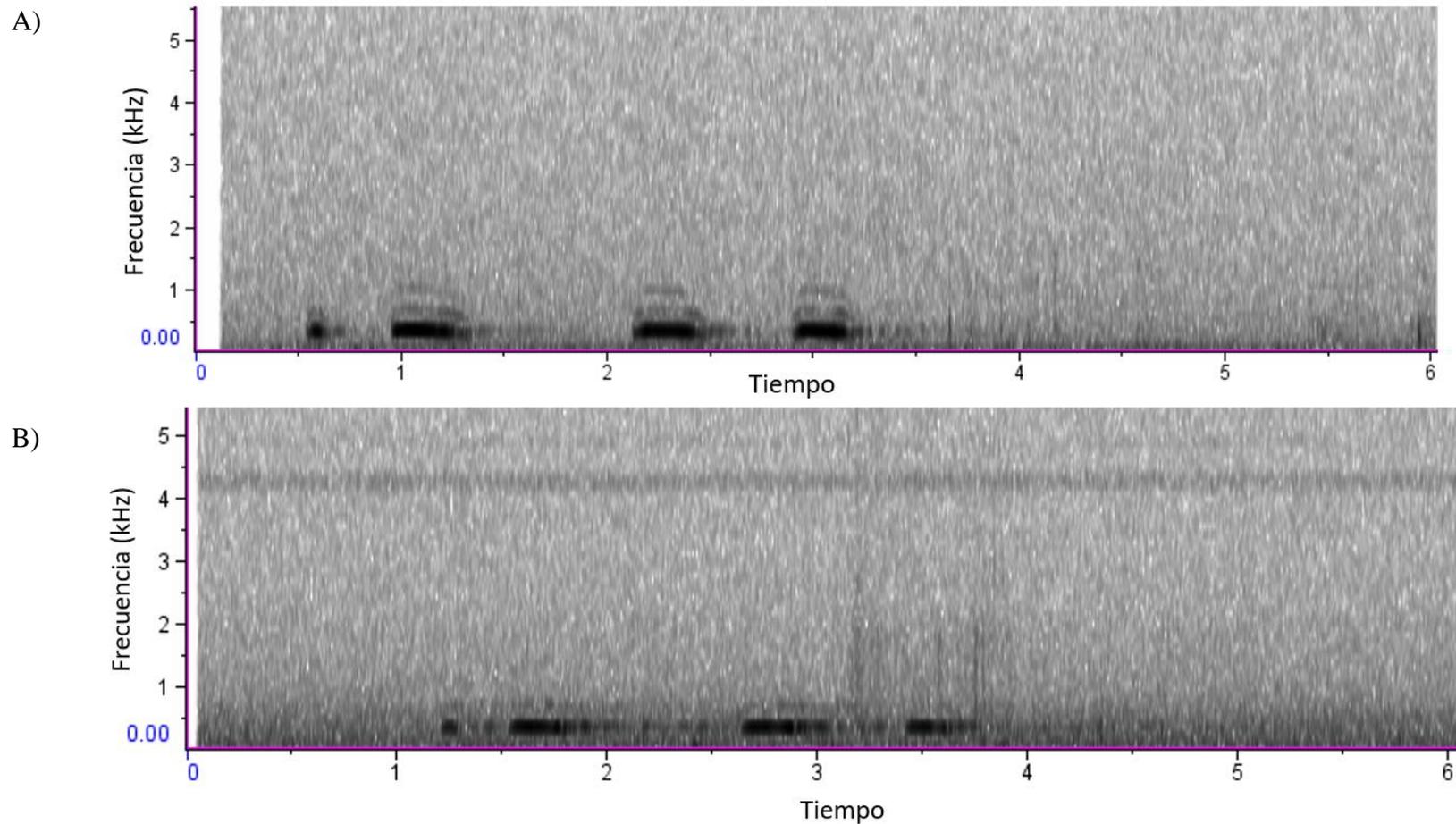


Figura 24. Espectrogramas de *B. virginianus*: A) Espectrograma obtenido del audio grabado el 21 de enero de 2018 en el trayecto de Palo Atravesado. B) Espectrograma obtenido del canto típico de *Bubo virginianus* (Búho Cornudo) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Fuente: Webster (2001).

### **7.7.3 *Glaucidium californicum***

El espectrograma de la figura 25A fue tomado en primavera el 9 de mayo de 2018 en el trayecto de Vallecitos y corresponde a *G. californicum* que se corroboran por la comparación acústica y espectrográfica con el canto y espectrograma de Lance, A. (2014) (Fig. 25B).

En el eje X está el tiempo y en él Y se encuentra la frecuencia medida en kHz, el espectrograma 25A se registró las vocalizaciones de *G. californicum* como describe Weidensaul, (2015) que el canto consiste en “dobles hoots rápidos” que corresponden a *G. g. californicum* que se encuentra en la región del sur de Arizona hasta Oaxaca que es más cercana al PNSSPM ambas se asemejan espectrográficamente y acústicamente al canto y espectrogramas tomados del audio Lance, A. (2014) (C). Además de que ambos vocalizan a 1 kHz.

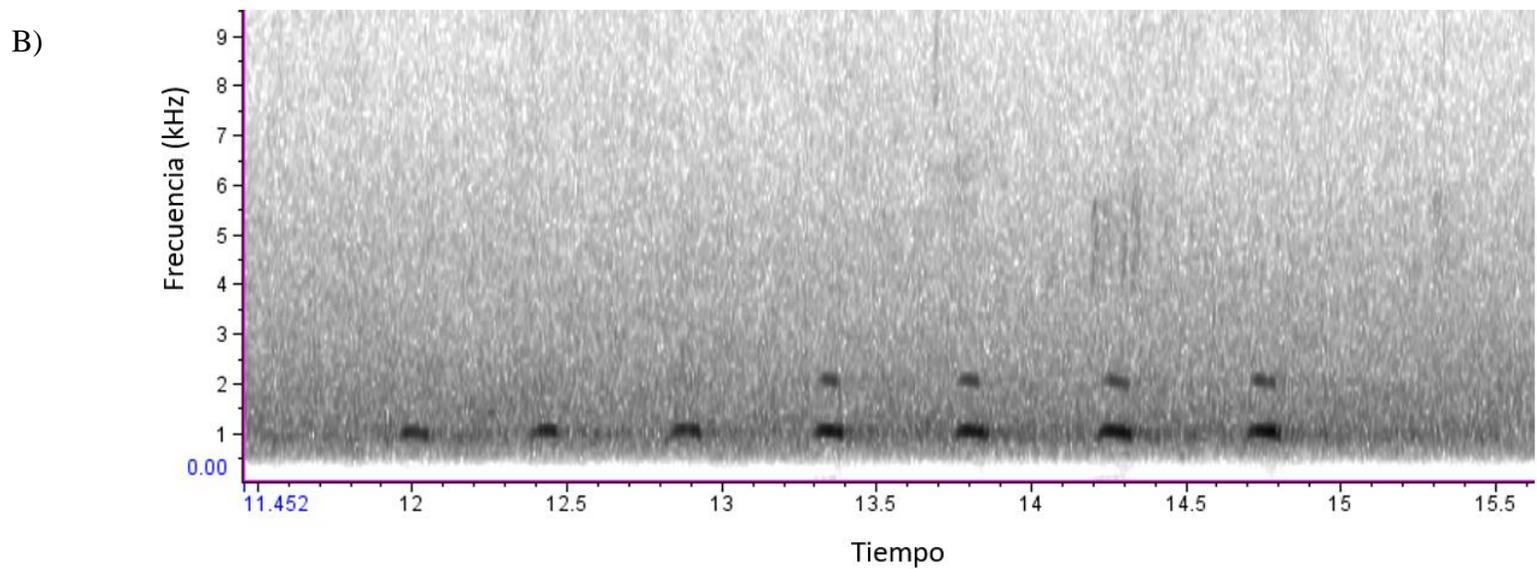
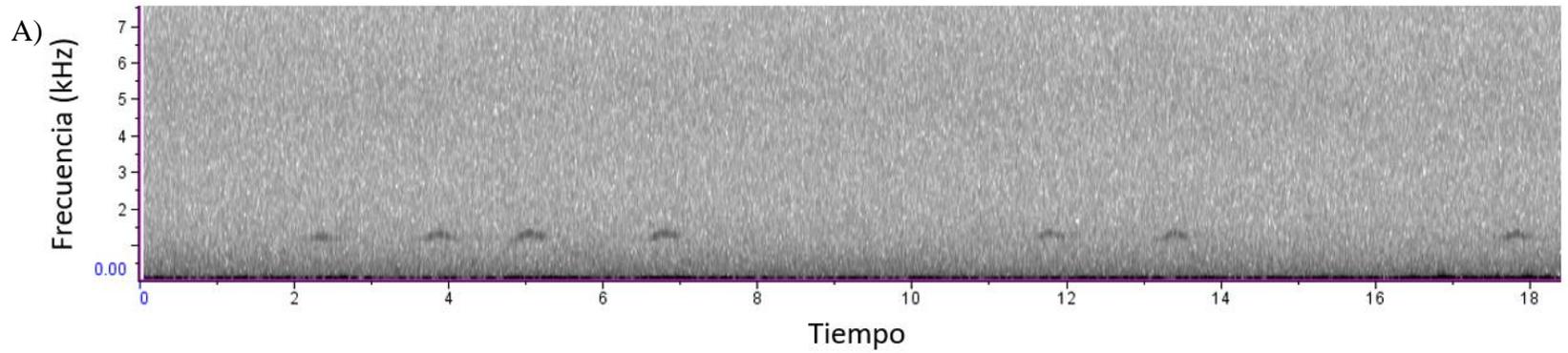


Figura 25. Espectrogramas de *G. californicum*: A) Espectrograma obtenido del audio grabado el 9 de Mayo de 2018 en el trayecto Vallecitos. B) Espectrograma obtenido del canto típico de *Glaucidim californicum* (Ticolote Serrano) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Huachuca Canyon, Ft Huachuca, Arizona. Fuente: Marvin (2013).

#### **7.7.4 *Aegolius acadicus***

El espectrograma de la figura 26A fue tomado en primavera el 7 de mayo de 2018 cerca de la Cabaña operativa y corresponde a *A. acadicus*. Este espectrograma fue corroborado a través de la comparación espectrográfica y acústica con aquel de Lambert. (2015) (Fig. 26B).

En el eje X está el tiempo y en el Y se encuentra la frecuencia medida en kHz, el espectrograma obtenido del canto *A. acadicus* (Fig. 26A) aunque solo se registró una nota (un toot mecánico) como lo describe Weidensaul (2015) es bastante similar espectrográficamente al que se usó de comparación (Lambert. 2015) (Fig. 26B).

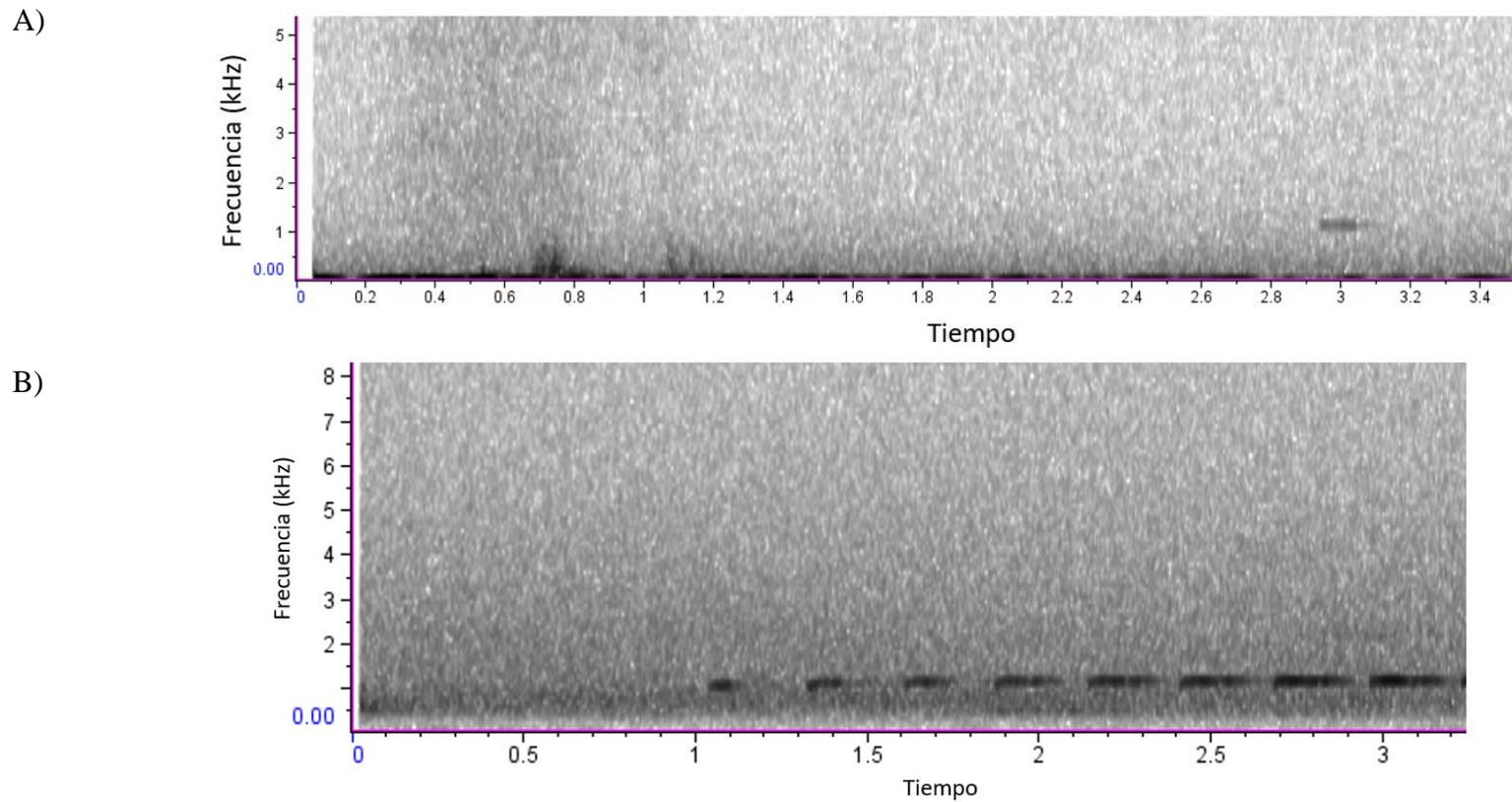
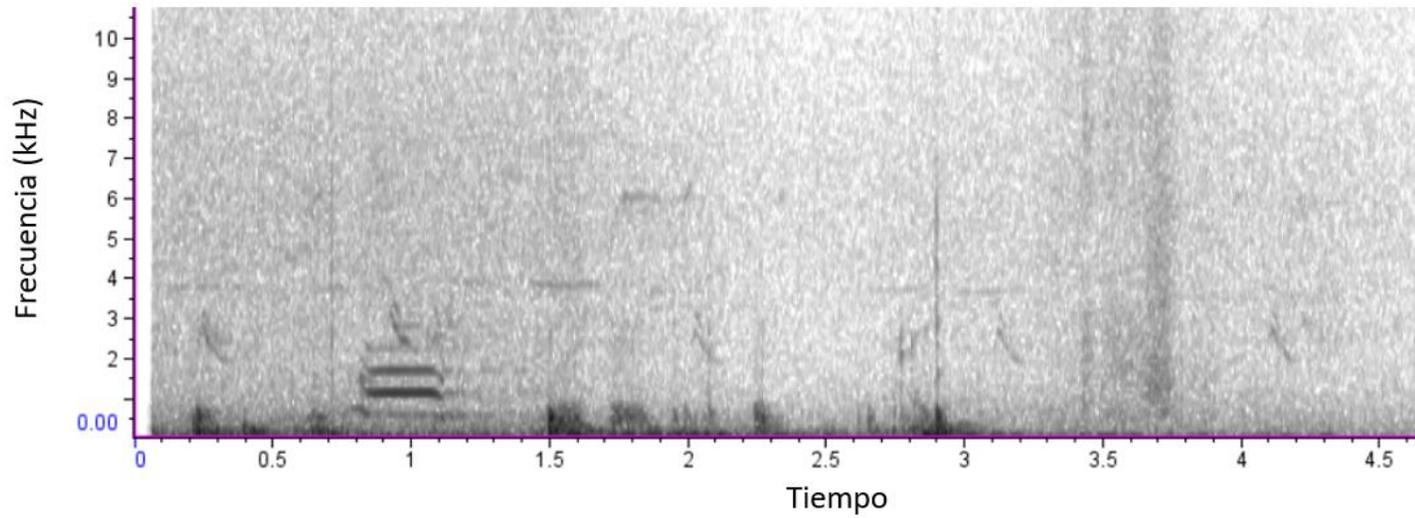


Figura 26. Espectrogramas de *A. acadicus*: A) Espectrograma obtenido del audio grabado el 7 de mayo de 2018 cerca de la Cabaña operativa. B) Espectrograma obtenido del canto de *Aegolius acadicus* (Búho de la sierra Norte) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en Buckhorn Campground, San Gabriel Mountains, Los Ángeles County, California. Fuente: Lambert. (2015).

### **7.7.5 Especies sin confirmar**

Durante algunos muestreos también se grabaron audios pertenecientes a alguna rapaz nocturna u otra especie que no se pudieron confirmar a pesar de las comparaciones espectrográficas y acústicas, de algunos se obtuvieron sospechas pero por falta de más audios y por el nulo avistamiento del organismo que provoco dicha vocalización no se corroboró como tal el de la figura 27A tomado en primavera el 7 de mayo de 2018, cerca de la Cabaña Operativa, se sospecha que podría ser de un juvenil de *B. virginianus*, porque se escucharon vocalizaciones de un adulto como el de Webster (2001) (Fig. 27B).

A)



B)

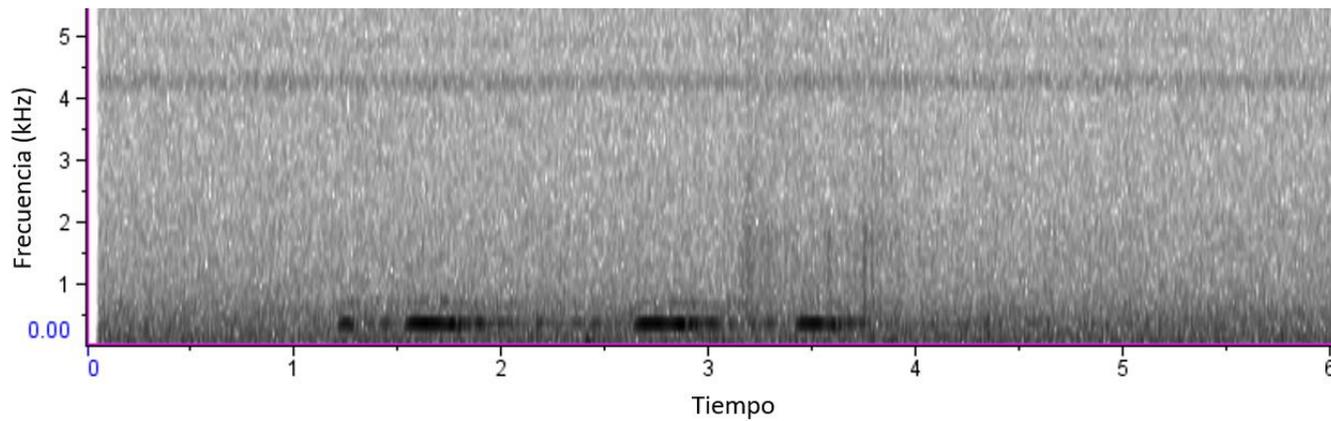


Figura 27. Espectrograma de una especie sin confirmar y *B. virginianus*: A) Espectrograma obtenido de la vocalización de una especie sin confirmar grabado el 7 de mayo de mayo de 2018 cerca de la Cabaña Operativa. B) Espectrograma obtenido del canto típico de *Bubo virginianus* (Búho Cornudo) tomado de la base de datos de Xeno canto grabado en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Fuente: Webster (2001).

## 8. Discusión

### 8.1 Composición taxonómica de rapaces nocturnas

Las rapaces nocturnas son un grupo de aves muy poco estudiadas en México y en Baja California existiendo registros puntuales tanto espacial como temporal. En el listado faunístico de la Sierra San Pedro Mártir (Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, 2006) solo se tienen registrados a *Megascops kennicottii*, *Asio otus* y *Strix occidentalis*, por lo tanto el presente trabajo fue de gran importancia para confirmar la presencia de especies tales como *Bubo virginianus* y *Aegolius acadicus*. Este último con un solo registro publicado desde el año 2003 (Ruiz Campos et al. 2013), además de aportar un nuevo registro de *Psiloscops flammeolus* para el PNSSPM.

Así mismo, otro de los registros destacables fue *Glaucidium californicum*, el cual ha sido considerado por Weidensaul (2015) como una especie residente desde el occidente de las montañas de Alaska hasta Chiapas con algunos movimientos altitudinales. En México *G. californicum* se distribuye a través del centro del país y una pequeña parte de Baja California Sur, por lo que el registro en el PNSSPM extiende su distribución actual hacia el noroeste del país, aumentando así a siete el número de especies de búhos registrados en el PNSSPM. Adicionalmente se confirmó la presencia *G. californicum* en bosques abiertos de coníferas o mixtos (Weidensaul 2015) en concordancia al biotopo donde fue registrada la especie en cuestión (Fig. 18).

Por otra parte es de gran importancia confirmar la presencia de *G. californicum* con registros fotográficos o de captura, debido a que Unitt (2002) señala que existen registros erróneos de *G. californicum* en San Diego California por haber confundido la vocalización de este con *A. acadicus*, *Myadestes townsendi* y *Oreortyx pictus*. Sin embargo en este estudio se cuenta con el registro de audio que corrobora su reconocimiento.

## 8.2 Abundancia relativa

Durante las cuatro temporadas de muestreo se cuantifico los siguientes promedios de densidad de individuos por hectárea para las siguientes especies de búhos en el PNSSPM: *P. flammeolus* (1.7), *A. acadicus* (2.2), *G. californicum* (1.7), *M. kennicottii* (1.7), *A. otus* (17), *S. occidentalis* (3.3) y *B. virginianus* (5.9), siendo este último el valor más alto. El número de rapaces nocturnas registrado en este trabajo para el PNSSPM es un poco mayor al número reportado por Vázquez et al. (2011) en ecosistemas de selva mediana y bosque de encino en la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote del estado de Chiapas, México, además de que las especies de las cuales se registraron son diferentes porque son búhos tropicales. En cuanto estaciones del año, la temporada con mayor riqueza de especies en el PNSSPM fue en invierno con cinco especies (*P. flammeolus*, *M. kennicottii*, *A. otus*, *S. occidentalis* y *B. virginianus*) esto debido al evento migratorio, mientras que la temporada con menor riqueza fue otoño con solo tres especies (*M. kennicottii*, *A. otus* y *B. virginianus*).

Enríquez, (2015) tiene documentado migraciones latitudinales y altitudinales en rapaces nocturnas, tal es el caso de *Asio flammeus* que responde numéricamente a las fluctuaciones en la abundancia de presas un ejemplo fue en el invierno de 1934 una bandada de *A. flammeus* apareció en Capitán Pastene, zona sur en Chile justo cuando una plaga de ratas invadió sembradíos agrícolas y los búhos abandonaron el área una vez que terminaron con la plaga (Enríquez, 2015). Esto pudo ser uno de los motivos por los cuales hubo un incremento de rapaces nocturnas en la temporada de invierno, ya que también en Norte América existen reportes de migración de *B. virginianus* con movimientos de más de 250 km. En México cinco especies de búhos, presentan movimientos migratorios latitudinales, *Micrathene whitney*, *Athene cunicularia*, *A. flammeus*, *P. flammeolus* y *A. otus* (Enríquez, 2015) estos últimos dos registrados en PNSSPM en temporada de migración.

Una de las especies que se registró en una baja cantidad de individuos fue *S. occidentalis* (2 individuos) ya que su población se encuentra amenazada en los Estados Unidos y México, por la fragmentación y destrucción de su hábitat producida mayormente por incendios forestales y la tala (Márquez et al. 2002). Por lo tanto las fragmentaciones del hábitat han ocasionado que la distribución y abundancia cambie para esta especie.

### 8.3 Identificación de rapaces nocturnas

El avistamiento de cualquier tipo de aves es de gran importancia en cualquier tema ecológico que se trabaje con ellas como su abundancia, dieta, reproducción, ocupación, población, etc. Empero, el trabajo con rapaces nocturnas basado en el avistamiento de estas resulta muchas veces difícil o casi nulo. En este sentido, en este trabajo se detectaron 85 individuos a través de los periodos de muestreo, siendo registrados visualmente y fotográficamente dos de ellos respectivamente (Anexo 2 y 3), correspondiendo todos a *B. virginianus*. Hay varios factores que influyen en el registro de rapaces nocturnas, al igual que en el trabajo de Ibarra et al. (2015), se detectaron variables ambientales abióticas y bióticas que se encuentran asociadas con la detección de los búhos.

Una variable tipo abiótica a considerar en la detección de los búhos es la luminosidad lunar, misma que se atribuye como favorable para la identificación porque las noches iluminadas aumentan la eficiencia de detección y captura de sus presas.

De los factores abióticos que afectaron negativamente el monitoreo fueron vientos con velocidades mayores a 4.8 KM/H y ruido ambiental ya que estos afectan negativamente el alcance de los señuelos acústicos y la capacidad del investigador de escuchar a las respuestas de los búhos, además a considerar la temperatura en la cual se realizan, la más baja registrada fue de  $-6.3^{\circ}$  en la cual no se registró ningún individuo.

La variable biótica que afecta la detección de los búhos es la misma presencia de otras especies de búhos de mayor tamaño, ya que como menciona Paradis (2007), la reproducción de una especie grande puede asustar a una especie más pequeña, o incluso las especies más grandes pueden depredar a las más pequeñas (Aguilar et al., 2001; Valencia et al., 2012). En este mismo tenor, es importante mencionar que durante el muestreo del 12 de enero de 2018 en el PNSSPM mientras que se reproducía el señuelo acústico de *M. kennicottii* se detectó la presencia de un búho de mayor tamaño (*B. virginianus*), quien probablemente confundió al señuelo acústico como una potencial presa.

Otro factor a considerar en la detección de las rapaces nocturnas es la manera de reproducción de los sonidos, ya que no están estandarizadas este tipo de metodologías. En este trabajo, dos diferentes metodologías fueron aplicadas para la reproducción de sonidos, la primera fue de Valencia et al. (2012) que consistió de dos minutos de reproducción continua de vocalizaciones de búhos y tres minutos de silencio, lo que daba un total de 5 minutos por especie; mientras que la segunda metodología fue la misma utilizada por Aguilar et al. (2001) que consistió en 20 segundos de reproducción, 60 segundos de silencio, 20 segundos de reproducción, 60 segundos de silencio, 20 segundos de reproducción, y por último 120 segundos de silencio, igual daba un total de cinco minutos por especie. Comparando ambas metodologías, la primera descrita no resultó ser útil, mientras se reproducían los dos minutos continuos de sonido, el búho pudo haber vocalizado al mismo tiempo por consiguiente pudo no identificarse al no ser escuchado y mucho menos ser grabado. Mientras que la segunda metodología resultó ser de mayor utilidad debido a que se le daba mayor tiempo de respuesta a los búhos para que contestaran al señuelo acústico. Por ejemplo se reconoció que *B. virginianus* vocalizaba cada diez segundos durante dos a cinco segundos dando tiempo suficiente al observador para su identificación y grabación.

En cuanto el largo de los transectos también hubo modificaciones metodológicas, debido a que se emplearon los criterios de Rivera et al., (2012) en el que la distancia entre cada punto era de 250 metros para muestreo de búhos neotropicales. Por lo que se decidió aumentar a 500 metros, lo cual tampoco fue efectivo ya que el primer búho registrado en el primer punto de octubre de 2018 se movió al segundo punto, entonces para reducir las posibilidades de registrar el mismo individuo se aumentó a 1 km de distancia entre cada punto.

Para mejorar el esfuerzo de muestreo y de la detectabilidad se debe tener una segunda grabadora abarcando de este modo más área de muestreo y posiblemente registrando más individuos de los detectados en el momento que se hizo cierto monitoreo ya que por ejemplo durante el muestreo del 30 de agosto de 2018 en el PNSSPM en el transecto de Palo Atravesado no se había detectado a un individuo de *M. kennicottii* hasta ya una vez revisada la grabación en computadora.

## 9. Conclusiones

1. El presente trabajo fue el primero en emplear metodológicamente el uso y análisis de espectrogramas de rapaces nocturnas en Baja California, para conocer su composición taxonómica, densidad y distribución.
2. Se obtuvo un mayor registro de riqueza taxonómica y abundancia relativa en contraste a los registros históricos de avistamientos puntuales en Baja California y en PNSSPM con un total de 85 individuos pertenecientes a siete especies de la familia Strigidae. Destacando los registros de *P. flammeolus*, *A. acadicus*. El registro de *G. californicum* aumenta su distribución hacia el noroeste del país, y dando el primer registro en Baja California y en el PNSSPM.
3. La especie con mayor abundancia relativa anual fue *B. virginianus* n=57 individuos (67.1%) y también fue en el trayecto en faja con mayor densidad específica con un valor de 13.3 individuos por cada 100 hectáreas. En cuanto estaciones del año, invierno tuvo la mayor riqueza de especies con cinco taxa mientras la menor fue otoño solo con tres.
4. En cuanto el tipo de vegetación donde fueron registrados las rapaces nocturnas, la mayoría fue en bosque de coníferas, seguido de chaparral mixto montano y pastos herbáceos perennes, la especie que tuvo mayor distribución en cuanto tipos de vegetación fue *B. virginianus*, encontrándose en todos los tipos, por el contrario la especie con menor distribución fue *G. californicum*.
5. Se obtuvo como mínimo dos audios y espectrogramas de la mayoría de las especies, *A. acadicus*, *G. californicum*, *M. kennicottii*, y *B. virginianus*, de las especies que no se registraron con espectrograma fueron *P. flammeolus*, *A. otus* y *S. occidentalis*. Los espectrogramas y audios obtenidos serán de gran ayuda para trabajos futuros en los cuales se necesite identificación de búhos en PNSSPM, ya que servirán de comparación y la identificación de la especie será más acertada porque son del mismo lugar.
6. Gracias a este trabajo se sientan las bases para futuros trabajos relacionados con este grupo de rapaces nocturnas ya que la metodología utilizada arrojó excelentes resultados siempre y cuando el observador tenga conocimiento sobre este grupo de aves y cuente con el equipo adecuado para dichos monitoreos.

## 10. Recomendaciones

Al realizar esta investigación se dio la iniciativa a poder seguir trabajando con estas aves, ya que se dejan muchas preguntas que se pueden resolver con trabajos aún más específicos tales como, dieta, ámbito hogareño, reproducción entre otros que favorezcan a la protección de las aves rapaces nocturnas. La especie con la que se podría iniciar estos estudios *B. virginianus*, que es la de la cual se tiene más ubicado en PNSSPM e igualmente utilizar los cantos grabados del mismo lugar y con la especies que fueron aún más cripticas tales como *A. acadicus* y *M. kennicottii*, sobre todo confirmar a *G. californicum* por medio de avistamiento fotográfico ya que podría aumentar considerablemente su distribución y considerar mucho más las variables ambientales tanto bióticas como abióticas para la detectabilidad de los búhos para poder estandarizar aún más los muestreos en áreas similares al PNSSPM y obtener resultados aún más precisos ya que la detectabilidad de los búhos también está muy asociada con la experiencia y capacidad del investigador de escuchar e identificar la respuesta de los búhos, por ejemplo en los muestreos de la época de otoño fue un número muy bajo de individuos a comparación de invierno o verano que fueron los más altos, el uso de equipo adecuado también seria de ayuda ya que algunos búhos solo se detectaron en el momento de la revisión de las grabaciones y no en el momento del muestreo.

La metodología que se utilizó en este trabajo fue simple y fácil de ejecutar además de que obtuvo buenos resultados, pero para trabajos futuros relacionados con este grupo de aves se podría mejorar, como el utilizar más de una grabadora además de que por punto de muestreo en lugar de reproducir varios cantos de varias especies, solamente enfocarse en un sola especie, de este modo se podría aumentar el número de registros sobre todo de las especies más cripticas tales como *A. acadicus* y *M. kennicottii* ya que como se sabe la presencia de ciertas especies puede ahuyentar a otras por miedo de ser depredadas de este modo también se puede enfocar a ubicar al individuo y obtener registros de vocalizaciones más audibles y registros fotográficos.

También si se usaran metodologías más específicas para encontrar a los individuos para disminuir el error en las estimaciones de las distancias de los búhos tal como describe Vázquez et al. (2011) en la cual la localización espacial de los búhos se determinó por triangulación entre dos observadores separados por una distancia fija de 50 o 100 m entre ellos.

Esta metodología puede aplicable en lugares similares al PNSSPM como lo es el Parque Nacional Constitución de 1857 siempre y cuando se conozcan las áreas con fácil acceso y con senderos ya establecidos para no perturbar el medio ambiente.

Los espectrogramas y audios obtenidos se podrían usar para trabajos futuros, los audios para ser reproducidos en las metodologías de estaciones de escucha y reclamo, los espectrogramas para la identificación y confirmación de las especies, ya que estas grabaciones obtenidas en este trabajo pertenecen a subespecies de Baja California de este modo la detectabilidad en los Parques Nacionales va ser más eficiente, ya que en este trabajo se utilizaron grabaciones de otras partes de Estados Unidos y pueden existir variaciones o variedad entre los cantos y llamados y de este modo sería mejor utilizar sonidos de búhos locales. Además de que se puede ir aumentando esta base de datos y utilizar como punto de comparación para conocer también los estadios del ave o inclusive el sexo que no se determinaron para las aves registradas en este trabajo. Usar la composición espacial que se tiene conocidas de los búhos para iniciar con estrategias de conservación como proteger el hábitat y monitorear las poblaciones actuales.

Como este trabajo fue el primero en obtener composiciones taxonómicas, densidad de rapaces, caracterización de vegetación, distribuciones puntuales, vocalizaciones y espectrogramas de rapaces nocturnas en Baja California, eran pocos los trabajos que se podían utilizar como punto de comparación, de este modo el presente trabajo servirá para futuros proyectos con rapaces nocturnas, como punto de comparación y consulta.

## 11. Literatura citada

**Aguilar, A., Paniagua, D., Illana, A. & Martínez, F. 2001.** *Estudio de la comunidad de rapaces nocturnas en el territorio histórico de Álava.* Dirección de ordenación e investigación del medio natural de departamento de agricultura y pesca del gobierno Vasco, [online] p.38. Disponible en: [http://www.faanadealava.org/adjuntos/faanadealavaDocumentos/12\\_archivo.pdf](http://www.faanadealava.org/adjuntos/faanadealavaDocumentos/12_archivo.pdf) [Consultado 12 Sep. 2017].

**Álvarez, M. 1983.** *Climatología de la Sierra de San Pedro Mártir.* Presentado en el 15o. Simposio Anual del Desert Fishes Council, Death Valley, California. Noviembre de 1983.

**Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2006).** *Programa de conservación y manejo Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir.* México, D.F.

**Delgadillo, J 1998.** *Florística y ecología del norte de Baja California.* Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C., México

**Delgadillo, J. 2004.** *El bosque de coníferas de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California.* Ciudad de México: Secretaria de Medio Ambiente, pp.8-59.

**Dunn, L.E., F. M. Shropshire, L.C. Song y H.A. Mooney. 1976.** *Water factor an convergent evolution in Mediterranean type vegetation. En: O.L. Lange, L.Happen, E. D. Schulze (eds.). Water and plant life problems and modern approaches.* Springer Verlag, New York.

**Erickson, R. A., A. D. Barro & T. E. Wurster. 1994.** *Northern Saw-whet Owl in the Sierra San Pedro Martir: First Baja California record.* Western Birds no. 25 (1):66-68.

**Erickson, R., Hamilton R. & Howell, S. 2001.** *New information on migrant birds in Northern and Central Portions of The Baja California Peninsula, including species new to Mexico.* 1st ed. Colorado: American birding Association.

**Erickson, R. A., Carmona, Ruiz-Campos, G., R., Iliff, M. & Billings M. 2013** *Annotated Checklist of the Birds of the Birds of Baja California and Baja California Sur Second Edition.* North American Birds, 66 (4): 582-613.

**Enríquez, P. 2017.** *Neotropical Owls: Diversity and Conservation*. 1st ed. Chiapas: Springer, p.535.

**Enríquez-Rocha, P., Rangel-Salazar, J. & W. Holt, D. 1993.** *Presence and distribution of mexican owls: A review*. *The Raptor Research*, 27, pp.154-160.

**Flores, D. 2016.** *Distribución y abundancia de Micrathene whitneyi (Aves: Strigidae) en el rancho El Jabalín, Oaxaca México*. Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.

**Floyd, T. (en línea). 2017** XC360574 *Autillo californiano Megascops kennicottii* Xenocanto. [www.xenocanto.org/360574](http://www.xenocanto.org/360574) (consultado el 05 de septiembre de 2018)

**GBIF.org** (30th November 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.llapsg>

**Huey, L.M. 1926.** *Notes from northwestern Lower California, whit the description of an apparently new race of the Screech Owl*. *Auk* 43:347-362.

**Ibarra, J., Altamirano, T., Vergara, G., Vargas, F., Vermehren, A., & Martin, K. 2015.** *Historia natural y autoecología del chuncho (Glaucidium nana) en el bosque templado andino de la Araucanía, sur de Chile*. Researchgate.

**Lambert, F. (en línea). 2015.** XC408134 *Mochuelo cabezón Aegolius acadicus acadicus* Xenocanto. [www.xenocanto.org/348667](http://www.xenocanto.org/348667) (consultado el 26 de agosto de 2018).

**Márquez-Olivas, M., L. A. Tarango-Arámbula & G. D. Mendoza-Martínez. 2002.** *Caracterización de hábitat del tecolote moteado mexicano (Strix occidentalis lucida (x) Nelson, 1903) en Sierra Fría, Aguascalientes*. *Agrociencia* 36: 541-546.

**Martínez-Sarmiento, C. 2015.** *Comparación de la ecología trófica del Búho Cornudo (Bubo virginianus) En una zona natural y una fragmentada del matorral desértico en Baja California Sur*. Maestro. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, Baja California Sur, México.

**Marvin, P. (en línea). 2013.** XC147392 *Mochuelo gnomo Glaucidium californicum* <https://www.xeno-canto.org/147392> (consultado el 1 de octubre de 2018).

**O'Connor, J.E. & Chase. 1989.** *Uplift of the Sierra San Pedro Mártir Baja California, México.* *Tectonics* 8: 833-844.

**Paradis, Eugene .D. 2007.** *A survey of tropical owl population density and the vocal behavior of the Mottled Owl (Strix virgata) in a partially fragmented cloud forest habitat.* Cloudbridge Nature Reserve, Costa Rica.

**Ponder, J. & Willette, M. 2015.** *Strigiformes.* *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine,* Volume 8, pp.189-198.

**Ramírez-Julián, R., González-García, F. and Reyes-Macedo, G. 2011.** *Registro del búho leonado Strix fulvescens en el estado de Oaxaca, México.* *Revista mexicana de biodiversidad,* 82(2).

**Rivera, E., Enríquez Rocha, P., Flamenco Sandoval, A. & Rangel-Salazar, J. 2012.** *Ocupación y abundancia de aves rapaces nocturnas (Strigidae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México.* *Revista Mexicana de Biodiversidad,* 83(3).

**Rivera Huerta, H., D. Safford, H., & D. Miller, J. 2016.** *Patterns and trends in burned area and fire severity from 1984 to 2010 in The Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.* *Fire Ecology,* (2).

**Rognan, C., Szewczak, J., & Morrison, M. 2012.** *Autonomous Recording of Great Gray Owls in the Sierra Nevada.* *Northwestern Naturalist,* 93(2), 138-144.

**Rueda Hernández, R., Ruiz Sánchez, A. and Herrera Alsina, L. 2012.** *Primer registro del búho cornudo (Bubo virginianus) para la ciudad de Xalapa, Veracruz.* *Huitzil,* 13(12).

**Ruiz-Campos, G. y M. Rodríguez-Meraz. 1997.** *Composición taxonómica y ecológica de la avifauna de los Ríos Mayor y Hardy, y Áreas Adyacentes, en el Valle de Mexicali, Baja California, México.* *Anales Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología,* 68(2): 281-315.

**Ruiz-Campos, G., Contreras-Balderas, A., Rodríguez-Meraz, M. & E. Valles- Ríos, M. 2004.** *Catálogo de especímenes recientes de aves de las sierras Juárez y San Pedro Mártir, inmediaciones, noroeste de Baja California, México.* *Cotinga,* 21: 45-58.

**Ruiz-Campos, G., Martínez-Gallardo, R., Guevara-Carrizales, A., Alaníz-García J., González-Guzmán, S., Escobar-Flores, J., Delgadillo-Rodríguez, J. y Hernández-Valdivia, J. I. 2014.** *Manual de técnicas selectas para la evaluación de poblaciones de fauna silvestre de interés cinegético en Baja California*. 1st ed. Mexicali: Universidad Autónoma del Estado de Baja California, pp.22-24.

**Ruiz-Campos, G., De León-Girón, G., y Unitt, P. 2018.** *Western Screech-Owl (Megascops kennicottii cardonensis) in the Sierra La Asamblea, Baja California, México*. *Western Birds* (en prensa).

**Steve, N. & Howell, S. 2001** *Regional distribution of the breeding avifauna of The Baja California Peninsula*. 1st ed. Colorado: American birding Association.

**Taylor, A., Tripp, T., & Robinson, J. 2015.** *Coastal Western Screech-owl Surveys and Habitat Assessment for Habitat Acquisition Trust Victoria BC*. Madrone Environmental Services Ltd.

**Unitt, P. (2002).** *The Southern limit in California of northern pygmy owl*. San Diego Natural History Museum.

**Valencia, J., Ortiz, R. & Enríquez, P. 2012.** *Riqueza y distribución espacial de rapaces nocturnas en Hidalgo, México*. *Huitzil*, 13(2): pp. 116-129.

**Vázquez, J., Enríquez, P., Rangel, J., & Castillo, M. 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.

**Webster, R.E. (en línea). 2001.** XC348667 *Great Horned Owl Bubo virginianus*. Xenocanto. [www.xenocanto.org/348667](http://www.xenocanto.org/348667) (consultado el 18 de agosto de 2018).

**Weidensaul, S. 2015.** *Owls of North America and the Caribbean* (1st ed., p. 305). China: PETERSON FIELD GUIDES.

**Xeno-canto Foundation. 2008.** *Xeno-canto America. Sharing bird sounds from around the world*. Xeno-canto Foundation, Amsterdam (URL: <http://www.xenocanto.org/> [Consultado 12 Sep. 2017]).

**Anexos:**

Anexo 1 Ficha técnica de registro que indica los datos que se tomaron en los lugares de muestreo

Ficha Técnica de registro de rapaces nocturnas San Pedro Mártir		
<b>Hora de inicio:</b>	<b>Hora de finalización</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Lugar:</b>		<b>Altura</b>
<b>Numero de muestreo:</b>		<b>Temperatura</b>
<b>Coordenadas:</b>		<b>Humedad</b>
<b>Estación del año:</b>		
<b>Tipo de vegetación:</b>		
<b>Especie</b>		<b>Número de registros</b>
<i>Psilosops flammeolus</i> Tecolote de ojos oscuro		
<i>Aegolius acadicus</i> Búho de sierra del norte		
<i>Glaucidium californicum</i> Tecolote Serrano		
<i>Megascops kennicottii</i> Tecolote del Oeste		
<i>Asio otus</i> Búho cara de Canela		
<i>Strix occidentalis</i> Búho moteado		
<i>Bubo virginianus</i> Búho cornudo		
<b>Notas</b>		

Anexo 2. Búho cornudo (*Bubo virginianus*) perchado en un pino avistado en Palo Atravesado. Fotografía: Karen Medina P.



© Karen Medina P.

Anexo 3. Búho cornudo (*Bubo virginianus*) avistado en el trayecto Vallecitos hacia Aguaje de Burro. Fotografía: Irak Rodríguez Hernández.

