

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS



Distribución, abundancia, y vocalización del tecolote afilador norteño (*Aegolius acadicus*) en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México.

Proyecto de tesis

Para obtener el título de Biólogo

Presenta

Tonatiuh Gaona Melo

Co-Director

Dr. Gorgonio Ruiz Campos

Co-Director

Dr. Gonzalo de León Girón

Ensenada, Baja California, México, abril, 2022.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS

DISTRIBUCION, ABUNDANCIA, Y VOCALIZACION DEL TECOLOTE AFILADOR
NORTEÑO (AEGOLIUS ACADICUS) EN EL PARQUE NACIONAL SIERRA DE SAN
PEDRO MARTIR, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA:

TONATIUH GAONA MELO

APROBADO POR:



DIRECTOR DE TESIS

DR. GORGONIO RUIZ CAMPOS



CO-DIRECTOR

DR. GONZALO DE LEON GIRON



SINODAL

DR. ALDO GUEVARA CARRIZALES

Resumen

La distribución, abundancia y vocalización del tecolote afilador norteño (*Aegolius acadicus*) en el Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir (PNSSPM), Baja California, México, fue caracterizada mediante muestreos estacionales de escucha y reclamo en trayectos en faja (1 km longitud y 150 m ancho) durante dos años consecutivos (enero 2019 a enero de 2021). Un total de 100 individuos fue registrado en 69 trayectos, con mayor abundancia relativa durante otoño y verano. El sitio “Corona de Arriba” registró la mayor cantidad de individuos (57), seguido por el sitio “Arroyo los Álamos” (42). Se documentó un total de 12 variaciones vocales, mostrando semejanzas importantes con descripciones previas de otras localidades en su ámbito de distribución. El presente esfuerzo de muestreo dirigido demostró la presencia anual de la especie en la parte noroeste del PNSSPM. Por tanto, este estudio aporta información base para futuras investigaciones sobre la biología y ecología poblacional de este tecolote en Baja California.

Palabras clave: Tecolote afilador norteño, Búho, Vocalización, Abundancia, Espectrograma, Variable, Registros

Dedicatoria.

Este apartado quisiera dedicárselo a todas aquellas personas que incidieron positivamente en mi trascendencia académica. En primer lugar a mi madre María de Lourdes Melo que, con su naturaleza de madre y apoyo incondicional, nunca contempló la posibilidad de fracaso alguno, por tanto, la mayor parte de lo que soy y espero ser se lo debo a ella (Abraham Lincoln). Por su parte, a Jesús María Gaona, que gracias a toda su sabiduría de maestro y la sinceridad de padre, no se presentó ningún impedimento que amenazaría con truncar mi carrera profesional. A mi novia, Jeniffer Nahomy García que me apoyó en la mayor parte de los retos que se presentaron, con su experiencia, conocimiento, y una amplia diversidad de métodos de estudio, por tanto, es preciso reconocer que sin ella, hubiera probado en varias ocasiones el suelo. Por último, y no por eso menos importante, a mis tías María Elena Melo y Angélica Gaona, por su apoyo incondicional en momentos difíciles.

Agradecimientos.

Independientemente de la trascendencia que pudiera tener o no este manuscrito, quisiera agradecer a mi padre que, gracias a él, preservó un ideal fundamental en mi vida que día con día palpito: "el supremo arte del maestro es despertar la curiosidad en la expresión creativa del conocimiento" (*Albert Einstein*).

Si bien es cierto, estoy en deuda con mis padres por tener una educación familiar, también lo estoy con mis maestros por ofrecerme una educación profesional. Lo anterior implica una cosa, no puede haber gran enseñanza sin buenos mentores (*José Mujica*), por lo que el Dr. Gorgonio Ruiz Campos le extiende especial agradecimiento, ya que en su calidad de mentor siempre demostró ser una figura a seguir para mí, porque él me enseñó que muchos pueden tener el conocimiento, pero solo son pocos quienes tienen el deseo verdadero de compartirlo. Mientras que el Dr. Gonzalo de León Girón amerita con todo derecho un profundo agradecimiento, el cual se manifestó a lo largo de este trabajo como un ejemplo en vida de que dicha profesión no solo es para ganarse la vida, más aún es un compromiso, por lo que es importante reconocer que la enseñanza en el futuro no solo depende de la capacidad, si no del grado de compromiso que se tiene en trabajar sobre la cabeza y el corazón de las generaciones futuras (*José Mujica*). Por su parte, quiero agradecerle además al Dr. Aldo Guevara Carrizales, por su apoyo con el material de campo y sus sugerencias metodológicas, además, que en todo momento fomentó que la enseñanza es más que impartir conocimiento, es inspirar el cambio (*William Arthur Ward*).

También quiero dar gracias al ornitólogo Philip Unitt del Museo de Historia Natural de San Diego, por sus pertinentes aportaciones a la hora de redactar la nota científica.

Por otro lado, quisiera agradecer a aquellos guías que en varios lapsos me dieron la confianza de echar mano de ellos para continuar con mi diverso aprendizaje; al M.C. Juan Pablo Medina por el tiempo que dedicó apoyando parte de la logística de este trabajo; al M.C. Hiram Moreno por su fiel atención durante la realización de este trabajo; y al M.C. Irak Rodríguez quien con mucha paciencia constantemente me estuvo apoyando con la parte del SIG, sin mencionar la importante contribución que llevó a cabo en su tesis de licenciatura, los cuales en su conjunto me enseñaron que más vale tomar un consejo sincero y seguirlo.

En cuanto a los consejos de campo quisiera agradecer al Biol. Juan Vargas (Programa de recuperación del proyecto Cóndor) por sus oportunas recomendaciones y al Lic. Diego Toscano por su compañía y observaciones al inicio de la investigación.

Para la parte de la redacción y formato de este manuscrito, quisiera extenderle nuevamente el agradecimiento al Dr. Gorgonio Ruiz Campos y a la Biol. Jeniffer Nahomy García por su pertinente paciencia y observaciones a la hora de redactar este manuscrito. Lo anterior, es un claro ejemplo de que la nobleza no se muestra por el respeto que se tiene por los más altos, sino por el respeto que se da a los humildes (*Joe Abercrombie*).

Una de las instituciones que también merece un agradecimiento por el apoyo brindado durante el estudio fue el Laboratorio de Vertebrados de la FC-UABC, ya que en este acervo

se protege el patrimonio máspreciado de la sociedad: el conocimiento científico de al menos una parte de la naturaleza. También quisiera agradecer especialmente al equipo Guardaparques (CONANP) del PNSSPM, en particular a Francisco Arce, Juan Alonso Bencomo, Alfredo Madriles, Daniel Orona y Elias Zavala, por todo el apoyo que me brindaron durante el trabajo en términos de conocimiento en campo, logísticos, confianza y sobre todo de compañerismo, porque no hay problema que no se pueda resolver en equipo, y muchos que no podemos resolver de manera solitaria (*Lyndon Johnson*).

Y finalmente, a todas las personas que apoyaron esta investigación, ya sea directa e indirectamente, que sin su atención este trabajo no pudiera haber llegado a su fin.

Indice

Resumen	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.	IV
Indice	V
Lista de figuras.....	VI
Lista de tablas.	VII
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- ANTECEDENTES	3
2.1.- Distribución	3
2.2.-Hábitat	3
2.3.- Población	4
2.4.- Identificación de rapaces nocturnas	5
2.5.- Registros de rapaces nocturnas con espectrogramas.....	5
3.- HIPÓTESIS	7
4.- OBJETIVOS.....	8
4.1.- Objetivo general.	8
4.2.- Objetivos específicos.....	8
5.- ÁREA DE ESTUDIO	9
5.1.- Ubicación.....	9
5.2.- Geología.....	9
5.3.- Clima.	9
5.4.- Vegetación.	9
5.5.- Avifauna.	11
6.- METODOLOGÍA	12
6.1.- Muestreo en campo.	12
6.2.- Distribución y abundancia.	12

6.3 Caracterización de hábitat.....	14
6.4 Registro vocal.....	14
7.- RESULTADOS.....	17
7.1.- Tipos de vegetación en las localidades de estudio.....	17
7.2.- Abundancia espacio-temporal.....	22
7.3. Vocalización.....	22
7.5.- Correlación de registros de vocalización y factores ecológicos y ambientales.	34
8.- DISCUSIÓN.....	35
8.1 Distribución y abundancia.	35
8.2. Vocalización y relación con el hábitat.....	36
9.- CONCLUSIONES.....	39
10.- RECOMENDACIONES.....	40
11.- LITERATURA CITADA.....	41
12.- Anexos.....	48

Lista de figuras.

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y del Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir (PNSSPM).....

Figura 2. Esquema de los tres trayectos de 1,000 m de longitud y cuatro sitios de muestreo equidistantes.....

Figura 3. Esquema de la metodología utilizada para el registro de individuos a través de un trayecto en faja de tamaño y dirección definida.....

Figura 4. Porcentaje de registros de *Aegolius acadicus* en el PNSSM en las cuatro estaciones climáticas (enero 2019 - enero 2021).

Figura 5. Mapa de presencia y tipo de vegetación asociada de *A. acadicus* en el PNSSPM, que comprende el trayecto de “Corona de Arriba” con cuatro puntos de encuesta equidistantes. Puntos amarillos: Punto de conteo con el número de registros. Clave de tipo de cobertura y vegetación: (BA) Suelo estéril; (CG) Manzanita *Arctostaphylos* sp.; (CX) Chaparral mixto montano; (HM) Pastos y herbáceas perennes; (JP) Bosque de coníferas *Pinus jeffreyi*; (MF) Bosque de coníferas mixtas con *Abies concolor*.....

Figura 6. Mapa de presencia y tipo de vegetación asociada de *A. acadicus* en el PNSSPM, que comprende el trayecto de “Arroyo los Álamos” con cuatro puntos de encuesta equidistantes. Puntos amarillos: Punto de conteo con el número de registros. Clave de tipo de cobertura y vegetación: (BA) Suelo estéril; (CG) Manzanita *Arctostaphylos* sp.; (CX) Chaparral mixto montano; (HM) Pastos y herbáceas perennes; (JP) Bosque de coníferas *Pinus jeffreyi*; (MF) Bosque de coníferas mixtas con *Abies concolor*.....

Figura 7. Número de registros de *A. acadicus* en el PNSSM en las cuatro estaciones climáticas (enero 2019 - enero 2021).....

Figura 8. Pruebas de espectrogramas de la A) “Llamada publicitaria del macho”, B) “Llamada publicitaria de la hembra”, C) “Llamada rápida”, y D) “Lloriqueo” de *A. acadicus* en el PNSSPM.....

Figura 9. Pruebas de espectrogramas de la E) “Llamada *Ksew*”, F) “Llamada de *Tssst*”, G) “Llamada de pichones”, y H) “Chirridos” de *A. acadicus* en el PNSSPM.....

Figura 10. Pruebas de espectrogramas de la I) “Llamada de *twitter*”, J) “*Chuck*”, K) “Llamada de transición”, y L) “Quejido alternativo” de *A. acadicus* en el PNSSPM.....

Figura 11. Prueba de espectrograma de la grabación obtenida de un duelo vocal precopulatorio: macho (1.00 kHz) y hembra (1.50 kHz) en el PNSSPM.....

Figura 12. Diversidad vocal de *Aegolius acadicus* en cada temporada climática en el PNSSPM (enero 2019 - enero 2021).

Lista de tablas.

Tabla I. Matriz de tipo de cobertura en cada trayecto según la vegetación presente en el sitio en el PNSSPM. Clave de tipo de cobertura y vegetación: (BA) Suelo estéril; (CG) Manzanita *Arctostaphylos* sp.; (CX) Chaparral mixto montano; (HM) Pastos y herbáceas perennes; (JP) Bosque de coníferas *Pinus jeffreyi*; (MF) Bosque de coníferas mixtas con *Abies concolor*. Tomado de Rivera et al. (2016).

Tabla II. Registros de *A. acadicus* en el PNSSPM durante el periodo de enero del 2019 a enero del 2021.....

Tabla III. Matriz de propiedades resultantes de pruebas de espectrograma de todo el repertorio vocal documentado en las cuatro temporadas (enero 2019 - enero 2021) en el PNSSPM. Simbología de ocurrencia vocal: ○ (1 registro), ◁ (2<10 registros), ◻ (10< registros).

1.- INTRODUCCIÓN

Las aves rapaces forman parte de los eslabones tope en las tramas tróficas de muchos ecosistemas terrestres y son indicadoras de la salud ambiental (Rohlf, 1991; Oliphant, 1994). Estas especies requieren de un amplio ámbito hogareño y una disponibilidad de recursos tróficos suficiente para su persistencia, además de que actúan como reguladores de las poblaciones presas en los ecosistemas (Menge et al., 1994; Sergio et al., 2006). Tienden a concurrir en ecosistemas terrestres de topografía accidentada y relieves heterogéneos que incrementan la complejidad del hábitat y la diversidad de presas disponibles (Sánchez-Zapata et al., 2003; Sergio et al., 2006).

Uno de los órdenes que conforman las llamadas aves rapaces es Strigiformes, el cual incluye a los búhos y lechuzas que pertenecen a las familias Strigidae y Tytonidae, respectivamente (Ponder et al. 2015). La familia Tytonidae está representada por 20 especies y Strigidae por 225 (Ponder et al. 2015). En México se conocen 34 especies (Enríquez et al., 2015), de las cuales 11 se distribuyen en la península de Baja California (Erickson et al. 2013; Rodríguez-Hernández, 2018).

Los búhos son fuertemente territoriales y tienen llamados publicitarios distintivos, lo cual podría facilitar su localización y estudio; empero la mayoría de sus especies han sido poco conocidas y documentadas (Hume et al., 1997; Grzegorz, 2009). Aunque existe literatura referente a la abundancia y distribución de especies de la familia Strigidae en Norteamérica, muy poco se conoce para las especies que concurren en el norte de México (Valencia et al., 2012; Enríquez et al., 2015).

El tecolote afilador norteño (*Aegolius acadicus*) es uno de los búhos más abundantes en Norteamérica, recibiendo una atención considerable en los últimos años, especialmente a través de esfuerzos de anillado realizados en la porción más norteña de su distribución (Whalen y Watts, 2002; Priestley et al., 2010; Beckett y Proudfoot, 2011; Jeffrey et al., 2015). En referencia a México, *A. acadicus* es una de las especies de búhos con mayor información disponible acerca de su distribución y abundancia (Enríquez et al., 2015)

La presencia de *A. acadicus* en Baja California fue reportada en 1994 (Erickson et al., 1994), y posteriormente en 2018 (Rodríguez-Hernández, 2018), en ambos para el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir. Recientemente, Gaona-Melo et al. (2021) aportaron el primer espécimen de esta especie en Baja California, lo cual confirma su presencia en esta entidad

federativa. En virtud de lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar la distribución, abundancia y vocalización de *Aegolius acadicus* en el Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir, Baja California.

2.- ANTECEDENTES

2.1.- Distribución

El tecolote afilador norteño cuenta con dos subespecies nominales reconocidas, *Aegolius acadicus acadicus*, que se distribuye a través de la región Neártica; y *Aegolius acadicus brooksi*, endémica de Queen Charlotte Island. Es un reproductor común en los bosques de Norteamérica, al oeste desde Alaska hasta el centro de México, y en el este desde Nueva Inglaterra hasta Carolina del Norte y Tennessee (EE.UU.) (Weidensaul, 2015; Rasmussen et. al., 2020).

En California (EE.UU.) se distribuye en las montañas de San Gabriel entre 1,310 y 2,286 metros sobre el nivel del mar (msnm), en bosques mixtos de abetos, pino jeffrey (*Pinus jeffreyi*), pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), abeto blanco (*Abies concolor*), cedro incienso (*Calocedrus decurrens*) y encino negro de California (ídem). En invierno, los búhos en la Sierra Nevada se posan casi exclusivamente en áreas de cañones con encinos. La pequeña población residente en las Islas del Canal utiliza bosques de pinos, encinos y eucaliptos (Weidensaul, 2015; Rasmussen et. al., 2020). Su área de reproducción mexicana, aunque es poco conocida, se extiende profundamente en las altas elevaciones de la Sierra Madre Oriental y las tierras altas occidentales y centrales, al sur de Oaxaca. Se encuentra principalmente en bosques húmedos de pino, pino-roble y abetos entre 1.800 y 3.000 msnm (Weidensaul, 2015). Los recientes esfuerzos de anillado han demostrado que son visitantes regulares en la zona norte de su distribución, pero se desconoce el grado en que los migrantes penetran en México, superponiéndose con los residentes (Rasmussen et. al., 2020).

2.2.-Hábitat

Esta especie de búho puede encontrarse en una variedad de tipos de bosques anidando en troncos de coníferas, así como en maderas duras en regeneración (Johnson et. al., 2003; Rasmussen et. al., 2020).

Hayward et al. (1988) señalan que esta especie puede utilizar sabanas y áreas ribereñas con *Pinus ponderosa*, así como en hábitats de arbustos y estepas. Sitios con alta proporción de claros de bosque con estructuras muertas que promueven la abundancia de presas son espacios apropiados para el forrajeo de esta especie (Lambropoulos et. al., 1999; Whalen y Watts, 2002; Grossman et. al., 2008; Groce et al., 2010; Cockle et. al., 2019; Peterson et al., 2020; Rasmussen et. al., 2020).

En México se tiene documentado la reproducción del Tecolote afilador norteño en los bosques semihúmedos de pinos, abetos y robles (Weidensaul, 2015). Al sur de este país, este búho habita en bosques de encino-pino, con un estrato arbóreo dominado por especies de los géneros *Quercus* y *Pinus*, y en menor proporción en estratos arbustivos del género *Arctostaphylos* y vegetación de cultivo (Lavariega et. al., 2011; Estay Stange et. al., 2015).

Para Baja California se reporta la presencia de *A. acadicus* en altitudes de 2,300 msnm en bosque de coníferas mixto (*Pinus jeffreyi*, *Abies concolor* y *Pinus lambertiana*) con poca cobertura del suelo (Erickson et. al., 1994). También concurre en áreas ribereñas con presencia de *Populus tremuloides* (Rodríguez-Hernández, 2018).

2.3.- Población

Milling et al. (1997) realizó un censo para esta especie a través de reproducciones de llamados entre los años 1993 a 1994 en una población que habita en tierras altas de los Apalaches del Sur en E.U.A., reportan que de un total de 227 horas de censo se generaron 159 respuestas de *A. acadicus*, estimando al menos de 500 parejas en 22 territorios.

Boula (1982) encontró 13 sitios de descanso para la temporada de reproducción de *A. acadicus* en bosques maduros de pino ponderosa y abetos, en Bosque Nacional Wallowa-Whitman, Oregon. Por su parte, Rasmussen et. al. (2020) estimaron un tamaño poblacional de esta especie en todo su ámbito de distribución de 100,000 a 300,000 individuos, considerando una densidad de 1 individuo km².

Marks et. al. (1988) y Anderson et. al. (2002), respectivamente, han documentado que esta especie suele tener altas concentraciones de individuos en corredores ribereños de álamo temblón (*P. tremuloides*).

Un estudio de Johnson (1999) estimó una densidad de individuos de *A. acadicus* en las islas de Santa Cruz, California, de 3.7/km² en el hábitat del bosque de pinos, 11.4/km² en el hábitat de los bosques de robles, y 53.3 /km² en los eucaliptos; y en general estimó una población de 106 a 148 individuos para todos los hábitats combinados en las islas. Swengel y Swengel (1987) estimaron para el estado de Wisconsin una densidad de 15.2 búhos/km².

Groce et al. (2010) no encontraron una relación directa entre la abundancia de *A. acadicus* y la presencia de abeto blanco (*Abies concolor*) en la Sierra Nevada, California, sin embargo,

sus hallazgos resaltan una correlación directa con hábitats de dosel abierto que promueve el forrajeo y la respuesta a la reproducción.

2.4.- Identificación de rapaces nocturnas

Es importante mencionar que no todas las especies de búhos son activamente vocales (Bosakowski, 1987), por lo que la emisión de vocalizaciones de búhos puede invocar el acercamiento de muchas especies en general (incluyendo las de mayor tamaño) que salen de sus territorios, otorgando información relativa sobre el uso de su hábitat (Swengel y Swengel, 1987; Milling et al., 1997; Holroyd y Takats, 1997; Takats et. al., 2001).

Para *A. acadicus*, ya se ha documentado que la alta producción vocal territorial puede ser un indicador importante de la proximidad a un nido o un hábitat óptimo para la especie (Holschuh, 2004). Pero los llamados en *A. acadicus* disminuyen marcadamente cuando comienza la anidación entre marzo y junio (Rasmussen et. al., 2020).

Algunos estudios sobre vocalización de especies de búhos han reportado un mayor número de registros durante las primeras horas del anochecer y en menor medida durante la media noche (Forbes y Warner, 1974; Hayward y Garton, 1988; Clark y Anderson, 1997). Otras variables a considerar a la hora de registrar especies altamente vocales son las bajas temperaturas, el porcentaje de humedad y la velocidad del viento (Palmer, 1987; Clark y Anderson, 1997; Thomas y Cuthill, 2002; Holschuh, 2004; Braga y Motta-Junior, 2009; Rasmussen et. al., 2020; Perez-Granados et. al., 2021). Aunque que los efectos de la fase lunar aún siguen siendo no clarificados (Stedman, 2001; Rasmussen et. al., 2020), las noches iluminadas incrementan la eficiencia de captura de presas, por lo que esta variable puede afectar la detección de búhos de menor tamaño, por riesgo a la depredación (Aguilar et al., 2001; Paradis, 2007; Valencia et al., 2012).

2.5.- Registros de rapaces nocturnas con espectrogramas

Una de las técnicas de muestreo para la identificación de rapaces nocturnas es a través de grabaciones obtenidas en campo, las cuales son sometidas a un software especializado para el análisis y comparación acústica y espectrográfica.

Ramírez et al. (2011) obtuvieron grabaciones de vocalizaciones de tres individuos del género *Strix* en Santa María Pápalo en Oaxaca, en un ecosistema de bosque húmedo de encino y pino. Las muestras se compararon de manera auditiva y espectrográficamente con cantos de

Strix varia y *Strix fulvescens*, encontrando que las vocalizaciones grabadas fueron identificadas con base en el ritmo, tono, estructura, número y forma de notas.

Rueda et al. (2011) reportaron el primer registro de *Bubo virginianus* en Xalapa, Veracruz a través de comparaciones de espectrogramas de *Bubo virginianus* de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California. Otros como Rognan et al. (2012) monitorearon la nidificación de *Strix nebulosa* en Sierra Nevada y California, durante junio y julio de 2006, y dada la dificultad de detectar esta especie de búho, utilizaron unidades de grabación autónomas para monitorear su actividad, lo cual permitió el registro de llamados audibles. Finalmente, Rodríguez-Hernández (2018) caracterizó basado en registros de vocalización la comunidad de rapaces nocturnas en el Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir, durante un ciclo anual, donde incluyó dos registros de vocalización de *A. acadicus*.

3.- HIPÓTESIS

Considerando que el tecolote afilador norteño (*Aegolius acadicus*) es un residente reproductor en las montañas del sur de California (EE.UU.), se espera que las condiciones de hábitat sean apropiadas para su presencia permanente en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México.

4.- OBJETIVOS

4.1.- Objetivo general.

Caracterizar la distribución y abundancia espacio-temporal y vocalización del tecolote afilador norteño (*A. acadicus*) en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir (PNSSPM), Baja California, México.

4.2.- Objetivos específicos.

- Determinar la distribución y abundancia espacio-temporal del tecolote afilador norteño en el PNSSPM.
- Caracterizar el hábitat de esta especie en el sitio de estudio y determinar la relación con su abundancia y distribución.
- Identificar la composición de vocalizaciones del tecolote afilador norteño en el PNSSPM.

5.- ÁREA DE ESTUDIO

5.1.- Ubicación.

La sierra San Pedro Mártir (SSPM) ubicada en la porción norte de Baja California forma parte de la cordillera Transpeninsular, la cual se caracteriza por pendientes muy abruptas en su vertiente al mar de Cortés. La SSPM posee su parte más alta en el Picacho del Diablo, con 3,096 metros sobre el nivel del mar (msnm) y con grandes planicies dentro del desierto de San Felipe antes de llegar al Golfo de California (Barajas, 2018).

5.2.- Geología.

La SSPM está conformada por rocas batolíticas del Mesozoico, pero la emersión de dicha sierra se dio durante el Cenozoico tardío, como resultado del choque de placas del Pacífico y Norteamérica, a lo largo de los últimos 14 millones de años (O'Connor et al., 1989; Barajas, 2018).

5.3.- Clima.

Es preciso mencionar, que en el noroeste de la Península de Baja California se presenta un clima mediterráneo, el cual alcanza por su puesto los límites de la SSPM (Delgadillo, 1998). De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen, este clima se caracteriza por presentar un patrón peculiar, ya que se combinan lluvias moderadas en invierno con temperaturas frías debajo del óptimo para el crecimiento de la vegetación, y por su parte, con veranos secos, calientes y sin lluvias, con temperaturas favorables para la actividad vegetativa (Dunn et al., 1976; Rzedowski, 1978; Delgadillo, 2004).

5.4.- Vegetación.

Aunque en esta región, los bosques de coníferas crecen por arriba de los 1500 msnm, en la SSPM se dan a partir de los 1900 msnm (Delgadillo, 1998). Por lo que la SSPM cuenta con aproximadamente 40,360 ha repartidas en superficie de bosque de coníferas de *P. jeffreyi* (19,330 ha) y bosque mixto de coníferas con *A. concolor* (15,200 ha), *P. lambertiana* (33,600 ha), *C. decurrens* (547 ha), *C. montana* (784 ha), *P. contorta* (958 ha), *P. coulteri* (154 ha) y con algunos manchones de *P. tremuloides* en zonas cañadas.

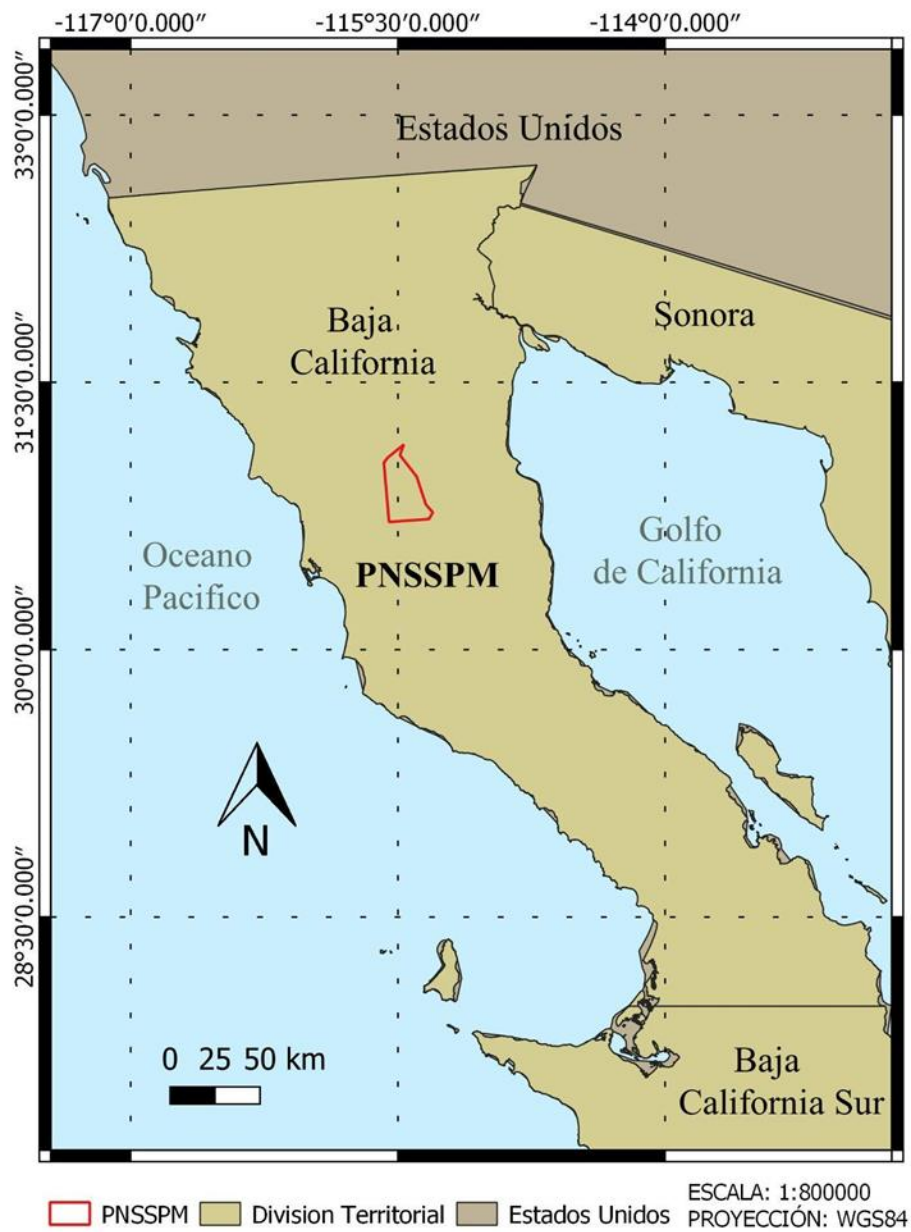


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y del Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir (PNSSPM).

Estos componentes les otorga un atributo único a las distintas comunidades vegetales presentes en la sierra (Delgadillo, 2004). Si bien es cierto, la conífera dominante que forma bosques abiertos es *P. jeffreyi*, *P. lambertiana* y *A. concolor* a menudo son abundantes en las crestas rocosas de la cara norte, este último siendo aún más numeroso en rocas graníticas. Mientras que *P. contorta* solo es frecuente en los prados abiertos y a lo largo de los cursos de agua asociado con *P. jeffreyi* y *P. tremuloides*. Por su parte, *P. tremuloides* y *C. decurrens* se presentan en la mayoría de los cañones donde corre agua, salvo que el primero es frecuente también en zonas arenosas (Thorne et al., 2010).

5.5.- Avifauna.

La avifauna, conocida de la SSPM e inmediaciones, se integra por aproximadamente 110 especies, 84 géneros y 41 familias (Ruiz-Campos et al., 2004), dentro de las cuales desatacan 17 especies que se reproducen en los hábitats de bosques de coníferas (Kratte, 1991), cinco de ellas endémicas: *Oreortyx pictus confinis*, *Picoides villosus*, *Poecile gambeli atratus*, *Sitta pygmaea leuconucha*, y *Junco hyemalis townsendi*. Pero también resguarda a rapaces como *Aquila chrysaetos*, *Accipiter striatus*, *Buteo jamaicensis*, *Buteo lineatus*, *Falco mexicanus*, *Falco sparverius*, *Bubo virginianus*, *Asio otus*, y *Megascops kennicottii* (Ruiz-Campos y De León-Girón, 2018).

6.- METODOLOGÍA

6.1.- Muestreo en campo.

En el presente estudio se realizaron muestreos estacionales durante dos ciclos anuales consecutivos (enero 2019 a enero 2021). Previo a los muestreos estacionales, se realizaron pruebas piloto en el área de estudio para ubicar territorios de la especie en cuestión y definirlos como sitio de muestreo en lo sucesivo. Basado en lo anterior, se establecieron tres sitios fijos de muestreo en el área de estudio (Figura 2: esquema de los tres sitios), los cuales fueron muestreados estacionalmente.

Para el muestreo se consideró las dos primeras horas del anochecer y una hora antes del amanecer, donde la tasa de llamadas pueden ser más altas (Forbes y Warner, 1974). Contemplando así, tres horas de muestreo, las cuales podían diferir si las condiciones ambientales no eran óptimas.

6.2.- Distribución y abundancia.

Para la determinación de la distribución y abundancia del tecolote afilador se utilizó la técnica de escucha y reclamo (Rivera et al. 2012; Rodríguez-Hernández, 2018). En cada sitio de muestreo estacional se efectuó 1 trayecto en faja de 1 km de longitud y 150 m ancho, orientados de modo variable, y separado cada uno de ellos por 1 km de distancia. Este método de trayecto en faja fue basado en aquél descrito por Ruiz-Campos et al. (2014).

Considerando que el canto de la especie motivo de estudio puede ser escuchado hasta 300 m de distancia en bosques de coníferas (Rasmussen et al., 2020), cada trayecto fue muestreado por dos observadores simultáneos en cuatro puntos del mismo, siendo estos puntos separados entre sí por 333 m. La distancia entre sitios de muestreo (trayectos) fue 1 km (Rivera et al. 2012).

El recorrido en cada trayecto fue a pie, auxiliándose con una lámpara de luz roja para la orientación. En cada punto del trayecto (Figura 2), el muestreo se inició a partir de una pausa silenciosa (1 min) para reducir el efecto del ruido de llegada y asegurar la ausencia de depredadores en el sitio (Aguilar et al., 2001; Valencia et al., 2012). Seguido por la emisión de llamados de audio con diferentes tipos de réplicas de vocalización (canto publicitario, llamada, y reclamo) que consistió en lo siguiente: 1 minuto de transmisión, 4 minutos de silencio, 1 minuto de transmisión, 4 minutos de silencio, 1 minuto de transmisión, y finalmente 4 minutos de silencio (Aguilar et al. 2001).

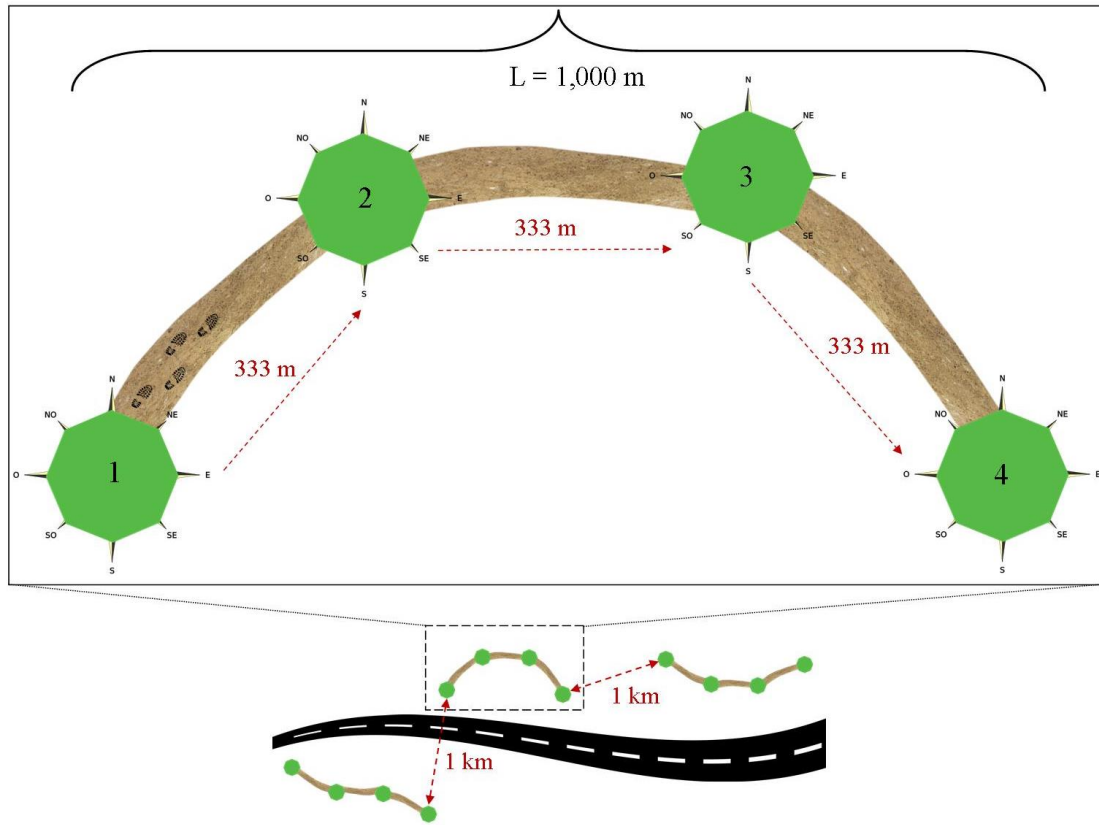


Figura. 2. Esquema de los tres trayectos de 1,000 m de longitud y cuatro sitios de muestreo equidistantes.

Todo lo anterior dio un esfuerzo aproximado de 15 minutos por punto de muestreo. Durante los minutos de silencio, se procedió con la grabación (4 min de duración). El volumen del altavoz aplicado fue a un nivel suficiente para poder ser escuchado (Takats et al., 2001).

Es importante señalar que cuando se escuchaba u observaba a un tecolote afilador norteño, se interrumpía la emisión de los llamados, esto con el fin de evitar estrés y confusión; del mismo modo, cuando acudía un depredador se interrumpía el muestreo para evitar que los individuos más pequeños sean depredados (Aguilar et al., 2001). La presencia o ausencia de depredadores en el área fue determinada por la actividad de llamados espontáneos. Un individuo fue registrado al recibir una respuesta vocal unidireccional.

6.3 Caracterización de hábitat.

Los datos de hábitat registrados en cada trayecto de muestreo fueron los siguientes: número de trayecto, sitio de muestreo, fecha, hora de inicio y finalización, y estación del año. Las coordenadas geográficas se obtuvieron con un equipo de GPS Garmin Oregon 450. Por su parte, la temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento fueron registrados mediante una estación meteorológica Vantage Pro2. Las fases lunares fueron basadas en el calendario diario de predicción de mareas mensuales de la región de Ensenada, Baja California (CICESE, 2020).

Para caracterizar la distribución y uso de hábitat del tecolote afilador norteño en el área de estudio, se utilizaron los mapas de vegetación de Thorne et al. (2010) y Rivera et al. (2016). Estos mapas fueron confeccionados con los programas Google Earth Pro y QGIS 2.18.9.

6.4 Registro vocal.

Durante el muestreo espacio-temporal del tecolote afilador norteño se utilizó un micrófono con grabadora portátil Zoom H1 equipado con auriculares para grabar los llamados emitidos durante el tiempo de conteo. Los registros fueron almacenados en una memoria micro SD en archivo MP3 de 48 a 320 kbps.

Posterior a cada salida de campo se analizaron los cantos y llamados registrados mediante la generación de espectrogramas, todo ello con el fin de caracterizar el repertorio vocal de la especie. Los registros de audio se procesaron con el programa Raven Pro 1.5 (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics, 2014) para corroborar la identidad vocal y compararlos con las pruebas espectrográficas de Holschuh (2004) se consideraron tres componentes: frecuencia en kHz, duración de la nota y amplitud de la nota.

6.5.- Análisis estadístico de datos.

Para determinar la relación de la abundancia de *A. acadicus* con variables del hábitat y ambientales se utilizó el análisis de correlación paramétrica de Pearson vía paquete Statistica 7.0 (StatSoft Inc, Tulsa OK). Se relacionó el número de registros de vocalizaciones con cada una de las siguientes variables: hora de registro, estación climática, tipo de vegetación dominante, temperatura, humedad, velocidad del viento, y fase lunar.

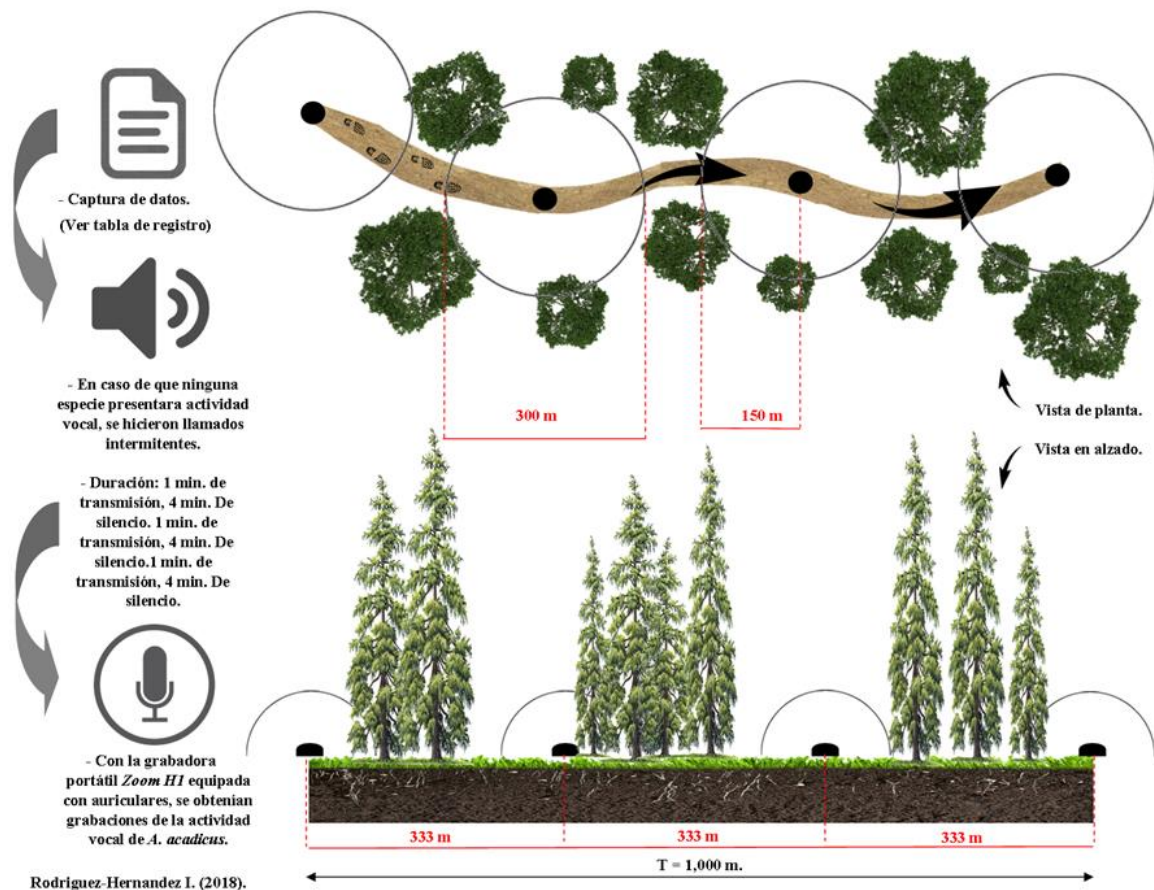


Figura 3. Esquema de la metodología utilizada para el registro de individuos a través de un trayecto en faja de tamaño y dirección definida.

7.- RESULTADOS.

En el presente estudio que implicó muestreos estacionales (enero 2019 a enero de 2021) mediante el método de escucha y reclamo en trayectos en faja (1 km longitud y 150 m ancho) en tres localidades del Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir (PNSSPM), Baja California, México, ofreció los siguientes resultados:

Un total de 106 registros (auditivos y visuales) del tecolote afilador norteño fueron obtenidos durante el periodo de estudio. El porcentaje de registros más alto se presentó durante la temporada de otoño de 34.9%, mientras la primavera presentó el más bajo con 12.3% (Figura. 4). El trayecto que presentó el mayor número de registros fue “Corona de Arriba” con 57, en 35 puntos de conteo y que representaron 19.78 h de esfuerzo de muestreo, y 2.88 individuos registrados por hora. Por su parte, el trayecto del “Arroyo los Álamos” comprendió un total de 42 registros, dentro de 28 puntos de conteo que representaron un esfuerzo de muestreo de 12.85 h y 3.06 individuos detectados por hora. El trayecto con menor número de registros fue el “Camino a Torre de Piedra” recabando un total de siete, en seis puntos de conteo que representaron un esfuerzo de muestreo de 1.95 h, otorgando 3.58 individuos detectados por hora (Tabla I).

7.1.- Tipos de vegetación en las localidades de estudio.

La vegetación dominante en cada localidad de estudio fue como sigue: en Camino a Torre de Piedra el bosque de coníferas de *P. jeffreyi* (JP) ocupó un 82% del área de cobertura (Figura 4), mientras que el bosque de coníferas mixto (*Abies concolor*, *Pinus jeffreyi*, *Pinus lambertiana* y *Pinus contorta*) (MF) solamente representó el 0.4% de la cobertura.

La localidad de Corona de Arriba presentó una topografía homogénea, con pinos secos caídos y en pie. La vegetación dominante fue: bosque de coníferas de *P. jeffreyi* (JP) 62% de cobertura (Figura 5).

Por último, la localidad de Arroyo los Álamos compuesta por vegetación ribereña adyacente al bosque de coníferas mixto (MF), se caracterizó por la presencia de elementos arbóreos muertos aun en pie y una vegetación dominante de coníferas mixtas (*A. concolor*, *P. tremuloides*, *P. jeffreyi*, *P. lambertiana* y *P. contorta*) con un 56% de cobertura. Los pastos y herbáceas (*Phlox spp.*, *Aster spp.*, *Erodium spp.*, *Hemizonia spp.*, *Lupinus spp.*, *Brassica spp.*, y pastos como *Poa spp.*, *Bromus spp.*, *Avena spp.*, y *Schismus spp.*) ocuparon tan solo el 0.5% de la localidad (Figura 6).

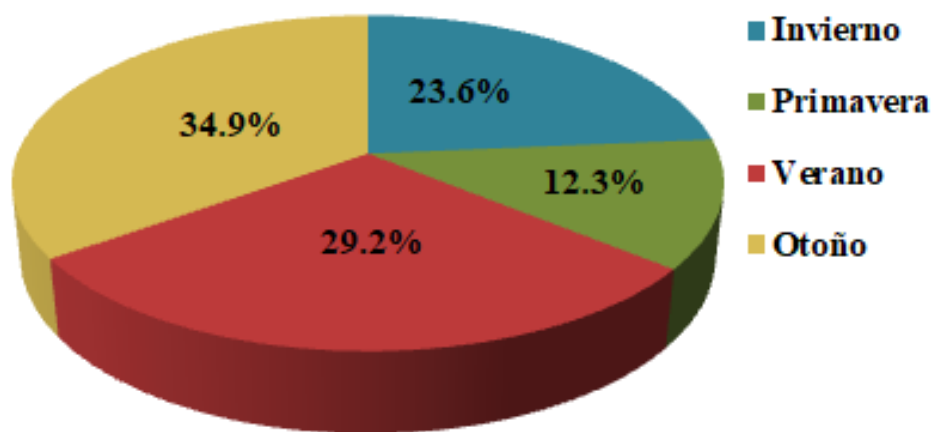


Figura 4. Porcentaje de registros de *Aegolius acadicus* en el PNSSM en las cuatro estaciones climáticas (enero 2019 - enero 2021).

Tabla I. Matriz de tipo de cobertura en cada trayecto según la vegetación presente en el sitio en el PNSSPM. Clave de tipo de cobertura y vegetación: (BA) Suelo estéril; (CG) Manzanita *Arctostaphylos* sp.; (CX) Chaparral mixto montano; (HM) Pastos y herbáceas perennes; (JP) Bosque de coníferas *Pinus jeffreyi*; (MF) Bosque de coníferas mixtas con *Abies concolor*.

Trayecto (Localidad).	Tipo de cobertura (ha).						Total de hectáreas (ha).
	BA.	CG.	CX.	HM.	JP.	MF.	
1) Camino a Torre de Piedra	-	-	7.57293	6.23861	65.16985	0.37279	79.35418
2) Corona de Arriba.	4.65991	3.47576	8.43166	4.58132	52.99645	11.06138	85.21248
3) Arroyo los Álamos.	10.37127	0.44722	6.12327	0.41082	20.70762	48.95698	87.01718

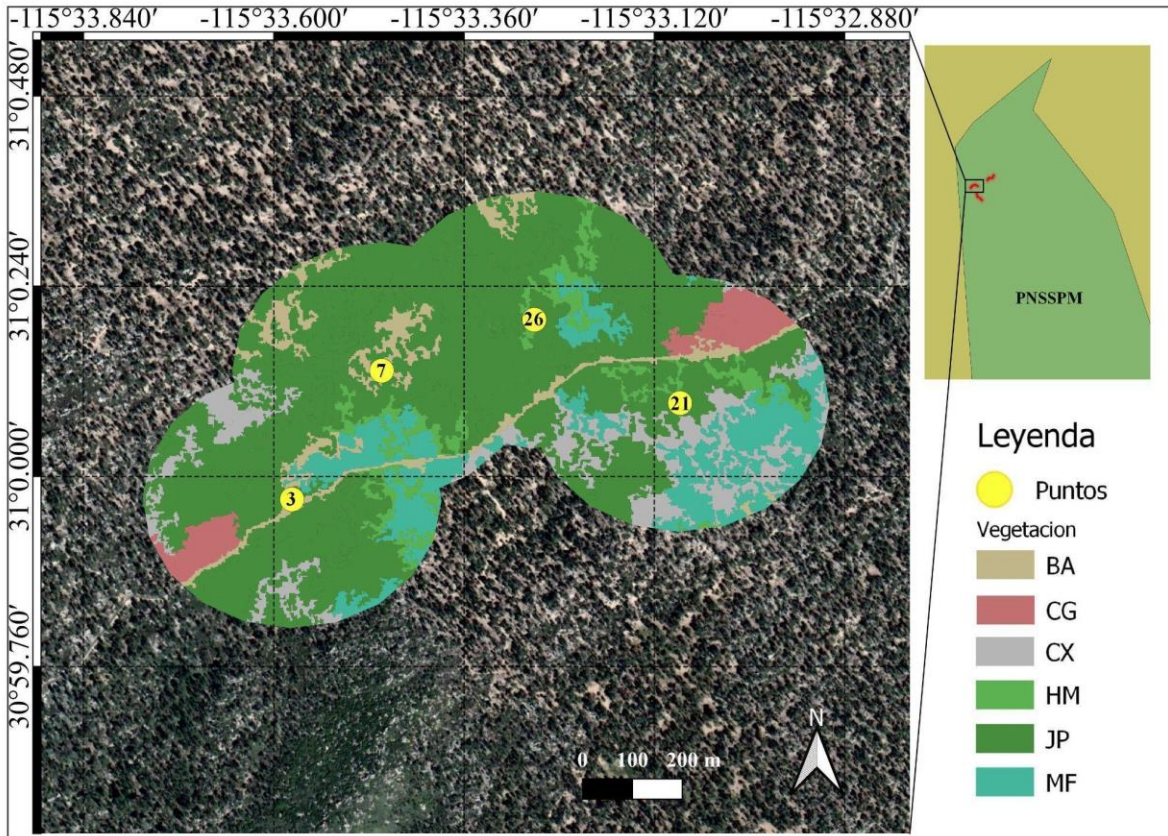


Figura 5. Mapa de presencia y tipo de vegetación asociada de *A. acadicus* en el PNSSPM, que comprende el trayecto de “Corona de Arriba” con cuatro puntos de encuesta equidistantes. Puntos amarillos: Punto de conteo con el número de registros. Clave de tipo de cobertura y vegetación: (BA) Suelo estéril; (CG) Manzanita *Arctostaphylos* sp.; (CX) Chaparral mixto montano; (HM) Pastos y herbáceas perennes; (JP) Bosque de coníferas *Pinus jeffreyi*; (MF) Bosque de coníferas mixtas con *Abies concolor*

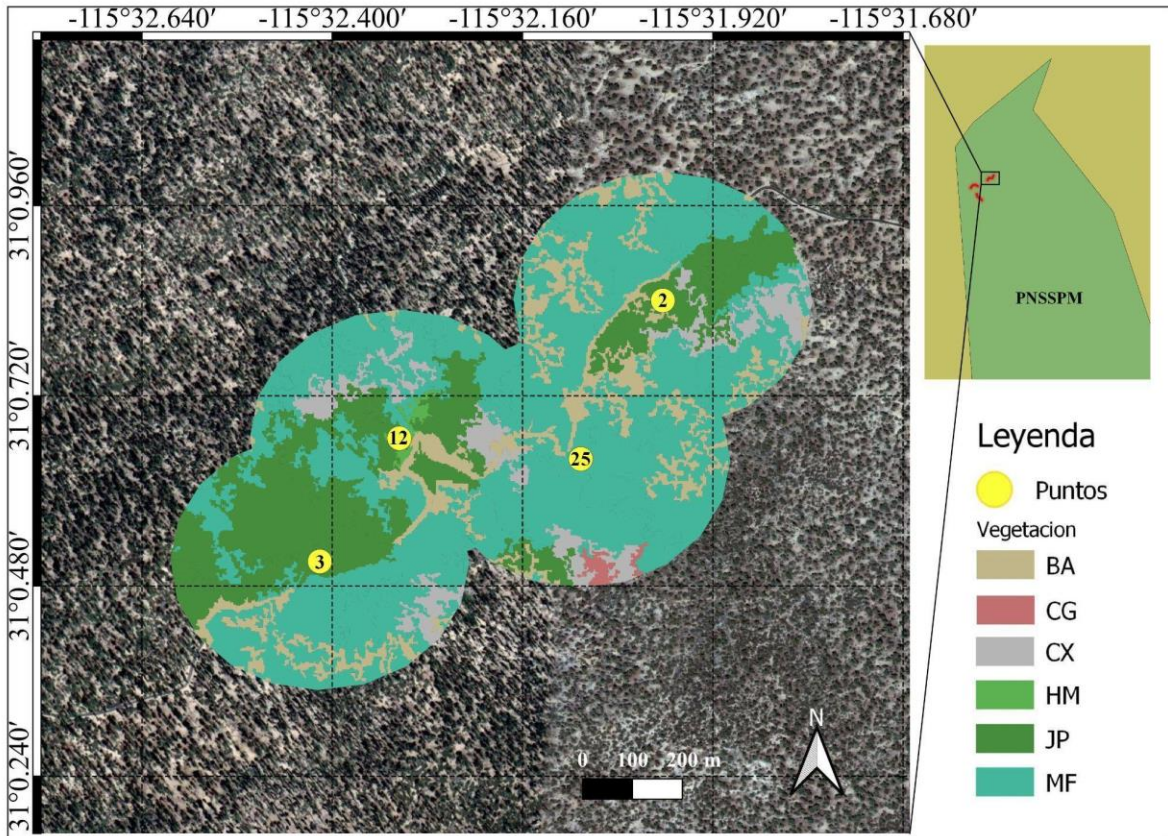


Figura 6. Mapa de presencia y tipo de vegetación asociada de *A. acadicus* en el PNSSPM, que comprende el trayecto de “Arroyo los Álamos” con cuatro puntos de encuesta equidistantes. Puntos amarillos: Punto de conteo con el número de registros. Clave de tipo de cobertura y vegetación: (BA) Suelo estéril; (CG) Manzanita *Arctostaphylos* sp.; (CX) Chaparral mixto montano; (HM) Pastos y herbáceas perennes; (JP) Bosque de coníferas *Pinus jeffreyi*; (MF) Bosque de coníferas mixtas con *Abies concolor*.

7.2.- Abundancia espacio-temporal

En el trayecto "Corona de Arriba" y sumando registros de ambas temporadas de otoño, se obtuvieron 33 registros (Figura. 7) en 19 puntos de conteo que representaron 11.96 h de esfuerzo y 2.75 ind/h (Tabla II). Así mismo, la temporada de primavera obtuvo un solo registro en 1 punto de conteo, con un tiempo de esfuerzo de 0.41 h y una frecuencia de detección de 2.43 ind/h.

En el trayecto "Arroyo los Álamos" y sumando registros de ambas temporadas de verano, se obtuvieron 27 registros (Figura. 8) en 15 puntos de muestreo, los cuales representaron 5.26 h de esfuerzo y 5.13 ind/h detectados (Tabla II). Igualmente este mismo trayecto durante la temporada de invierno incluyó 3 registros en 3 puntos de conteo, en los cuales se invirtieron 1.75 h de esfuerzo con una frecuencia de detección de 1.71 ind/h.

El trayecto "Camino a Torre de Piedra" que incluyó los registros de ambas temporadas de primavera combinadas, se obtuvieron tres registros en dos puntos de conteo que representaron 1.01 h de esfuerzo y 2.97 individuos por hora detectados (Tabla II). Igualmente este mismo trayecto, pero en la temporada de otoño, consistió de un registro que representó 0.40 h de esfuerzo y 2.50 ind/h detectados.

Finalmente, la densidad de individuos en cada una de las localidades o trayectos de estudio a lo largo del periodo de estudio, registró los siguientes valores promedio por kilómetro cuadrado: 1.47 (Torre de Piedra), 1.72 (Arroyo Los Álamos), y 1.91 (Corona de Arriba).

7.3. Vocalización

El tecolote afilador norteño (*A. acadicus*) presentó un repertorio de vocalizaciones, los cuales fueron escuchados en diversas estaciones del año y condiciones ambientales. Doce variedades de vocalizaciones fueron registradas durante el periodo de estudio (Figuras 8-10, Tabla. III). Las vocalizaciones con mayor número de registros es el "Llamado publicitario del macho" (Figura. 8-A), la cual podría ser escuchada la mayor parte del año, así como los duelos precopulatorios con la hembra (Figura. 11) que se hacen presentes durante la primavera y el otoño (Tabla. III). Las vocalizaciones con menores registros fueron las llamadas "Tsst" (Figura. 9-F), "pichones" (Figura. 9-G) y "chirridos" (Figura. 10-H), las cuales fueron escuchadas en ciertas temporadas (Tabla. III).

Primavera y otoño fueron las temporadas que presentaron una mayor diversidad de vocalizaciones del tecolote afilador norteño .con 7 de 12 posibles (Figura.12), seguido del

verano (6 de 12 vocalizaciones), y finalmente el invierno (2 de 12 vocalizaciones) donde solo se registraron algunas llamadas publicitarias del macho y reclamos (Figura.12).

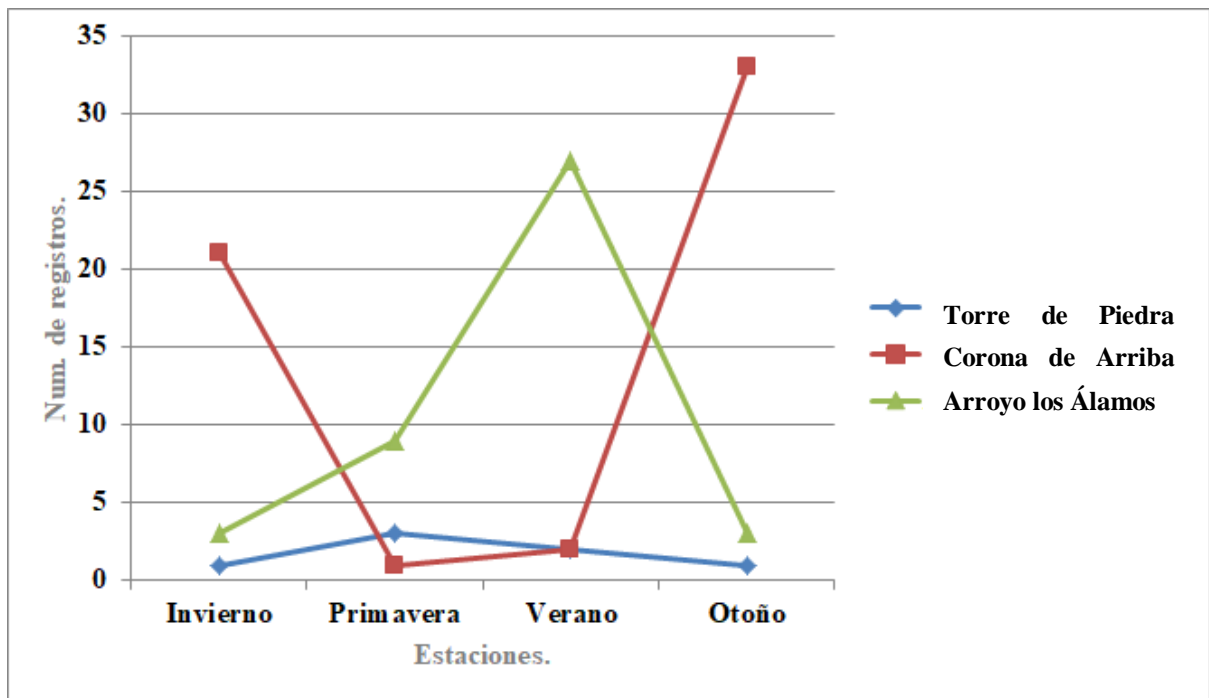


Figura 7. Número de registros de *Aegolius acadicus* en el PNSSM en las cuatro estaciones climáticas (enero 2019 - enero 2021).

Tabla II. Registros de *A. acadicus* en el PNSSPM durante el periodo de enero de 2019 a enero de 2021.

No. de trayecto y localidad.	Fechas de muestreo.	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Total
1) Camino a Torre de Piedra.						
No. de puntos de conteo		1	2	2	1	6
No. de registros.	10/ene. /19	1	3	2	1	7
Esfuerzo de muestreo (h)	19/feb./20	0.23	1.01	1.30	0.40	1.95
Individuos detectados por hora		4.34	2.97	1.53	2.50	3.58
2) Corona de Arriba.						
No. de puntos de conteo		13	1	2	19	35
No. de registros.	10/ene. /19	21	1	2	33	57
Esfuerzo de muestreo (h)	14/ene./21	6.86	0.41	0.55	11.96	19.78
Individuos detectados por hora		3.06	2.43	3.63	2.75	2.88
3) Arroyo los Álamos.						
No. de puntos de conteo		3	8	15	2	28
No. de registros.	10/ene. /19	3	9	27	3	42
Esfuerzo de muestreo (h)	30/sep./20	1.75	5.38	5.26	0.46	12.85
Individuos detectados por hora		1.71	1.67	5.13	6.52	3.26

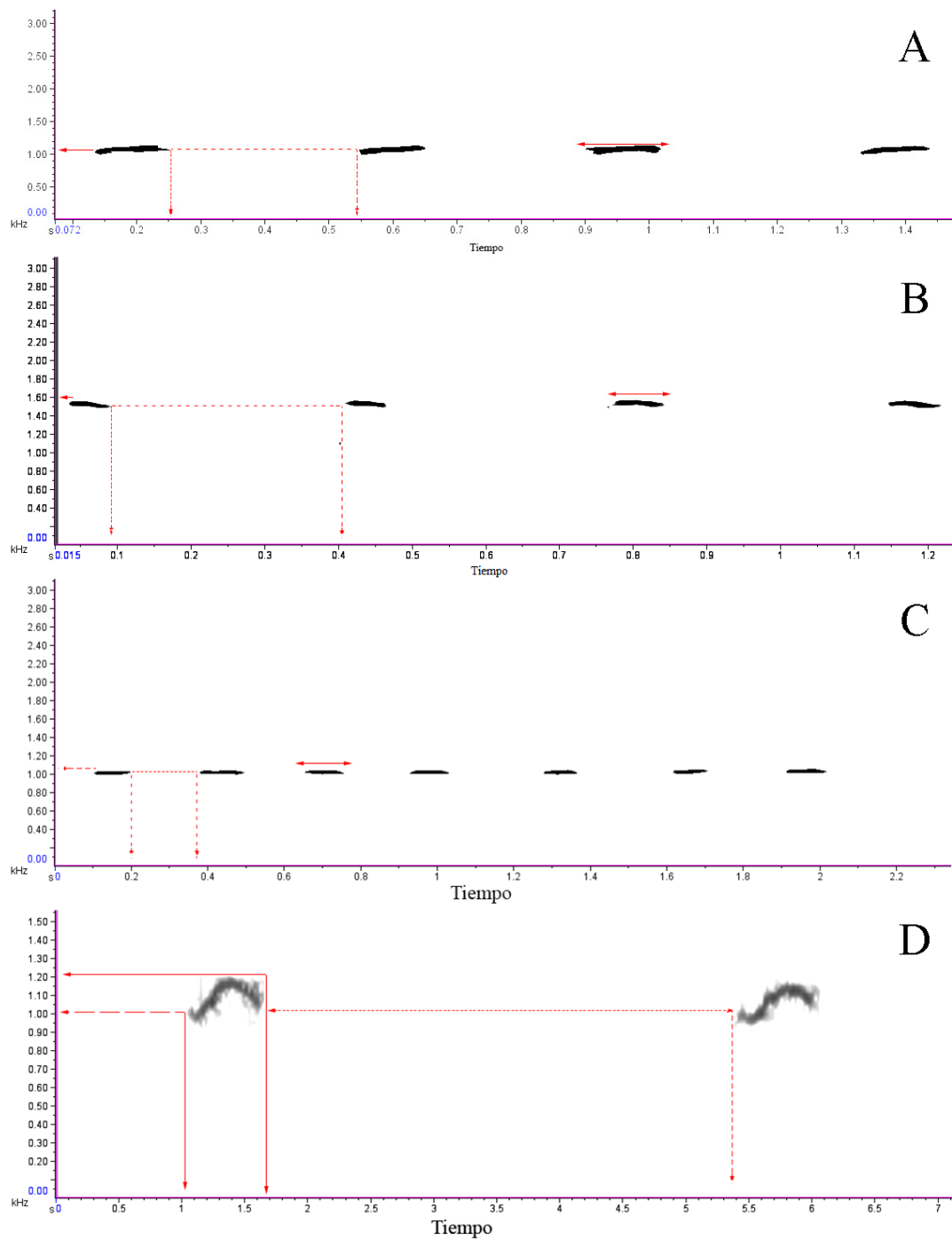


Figura 8. Pruebas de espectrogramas de *Aegolius acadicus* en el PNSSPM: A) “Llamada publicitaria del macho”, B) “Llamada publicitaria de la hembra”, C) “Llamada rápida” y D) “Lloriqueo”..

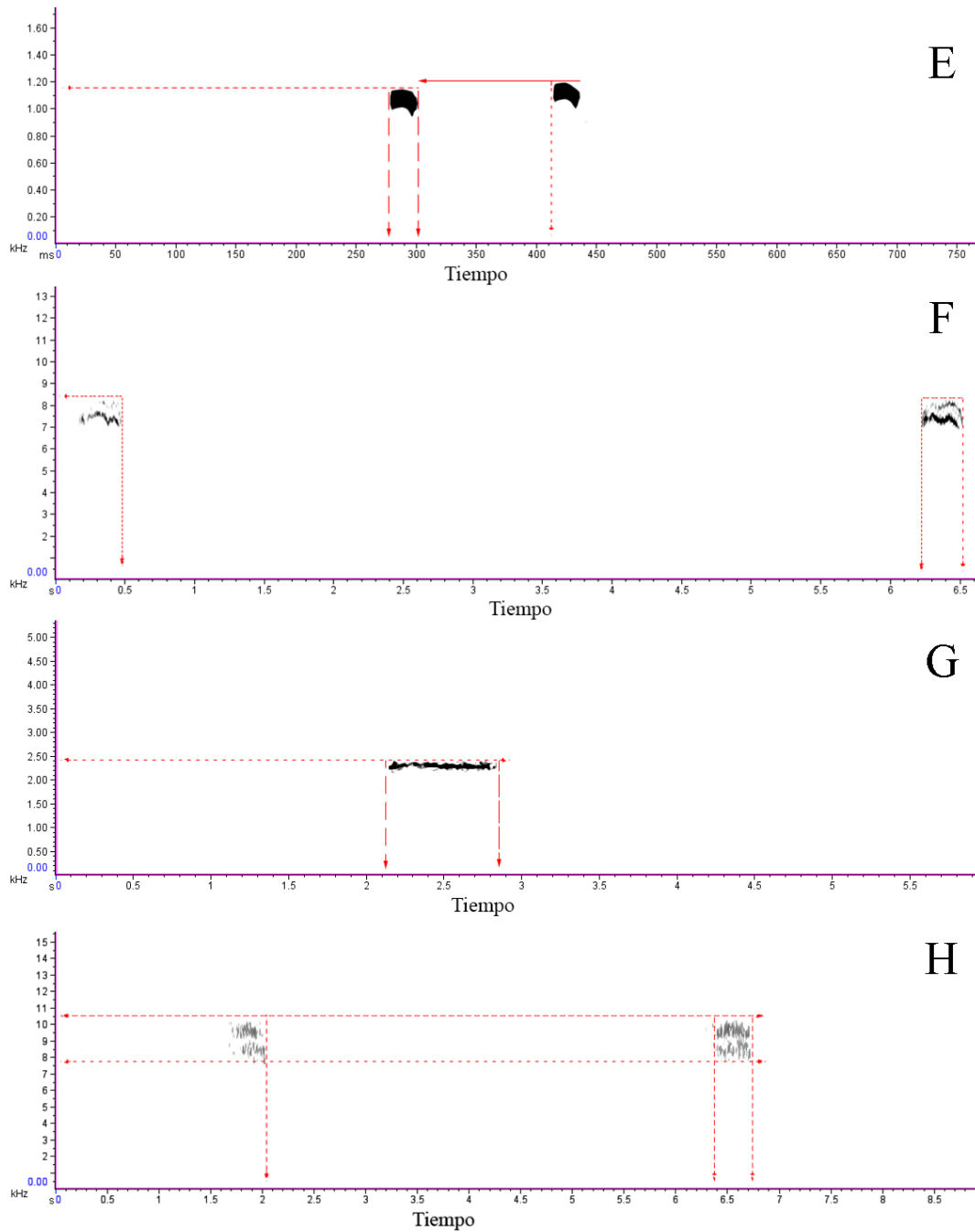


Figura 9. Pruebas de espectrogramas de la E) “Llamada *Ksew*”, F) “Llamada de *Tssst*”, G) “Llamada de pichones” y H) “Chirridos” de *A. acadicus* en el PNSSPM.

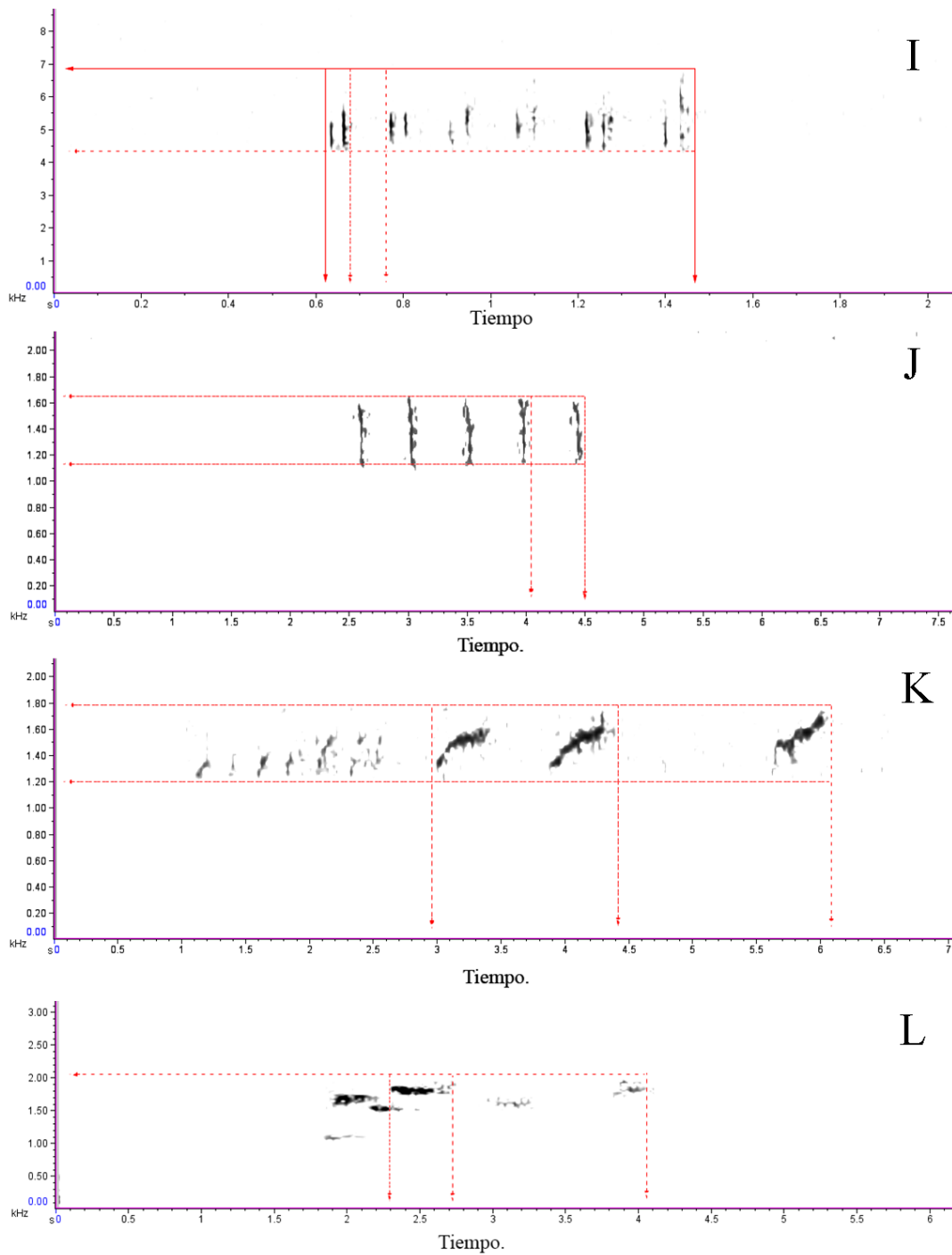


Figura 10. Pruebas de espectrogramas de la I) “Llamada de *twitter*”, J) “*Chuck*”, K) “Llamada de transición” y L) “Quejido alternativo” de *A. acadicus* en el PNSSPM.

Tabla III. Matriz de propiedades resultantes de pruebas de espectrograma de todo el repertorio vocal documentado en las cuatro temporadas (enero 2019 - enero 2021) en el PNSSPM. Simbología de ocurrencia vocal: ○ (1 registro), △ (2-10 registros), □ (mayor 10 registros).

Vocalización	Contexto	Frecuencia (kHz).	Duración de la nota (ms).	Amplitud entre notas (ms).	Estación.			
					I	P	V	O
Llamada publicitaria (♂).	Precopulacion. Territorialidad.	1.0 - 1.1	0.10 - 0.15	0.25 - 0.30	△	△	△	△
Llamada publicitaria. (♀)	Precopulacion. Contacto.	1.4 - 1.6	0.05 - 0.10	0.30 - 0.35		△		△
Llamada rápida.	Precopulacion. Territorialidad. Contacto.	1.0 - 1.1	0.11 - 0.12	0.15 - 0.20		△	△	
Lloriqueo.	Precopulacion. Territorialidad.	1.0 - 1.2	0.50 - 1.00	3.50 - 4.00		△		
Ksew.	Territorialidad. Contacto.	1.1 - 1.3	0.20 - 0.30	0.10 - 0.12	○	△	○	△
Tssst.	Precopulacion. Contacto.	7.0 - 8.5	0.25 - 0.35	5.50 - 6.00			○	
Pichones.	Contacto.	2.4 - 2.5	0.80 - 1.00	-			○	
Chirridos.	Territorialidad. Contacto.	7.5 - 10.5	0.30 - 0.40	4.00 - 4.50				○
Twitter.	Precopulacion. Territorialidad. Contacto.	4.0 - 7.0	0.05 - 0.10	0.10 - 0.50		△	△	△
Chuck.	Territorialidad. Contacto.	1.1 - 1.7	0.10 - 0.20	0.40 - 0.60				○
Llamada de transición.	Precopulacion. Contacto.	1.2 - 1.8	0.40 - 0.60	0.50 - 1.50				△
Quejido alternativo.	Precopulacion. Territorialidad. Contacto.	2.0 - 2.1	0.20 - 0.50	-		○		

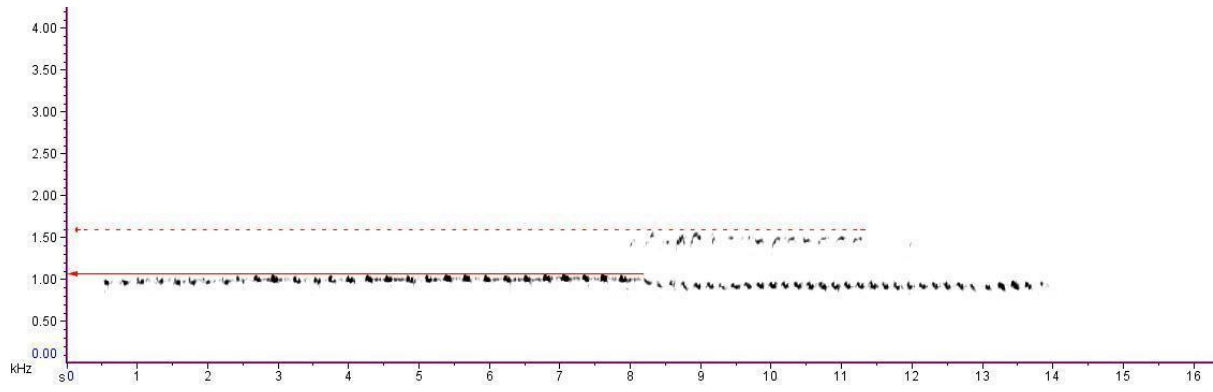


Figura 11. Prueba de espectrograma de la grabación obtenida de un duelo vocal precopulatorio de un macho (1.00 kHz) y una hembra (1.50 kHz) de *Aegolius acadicus* en el PNSSPM.

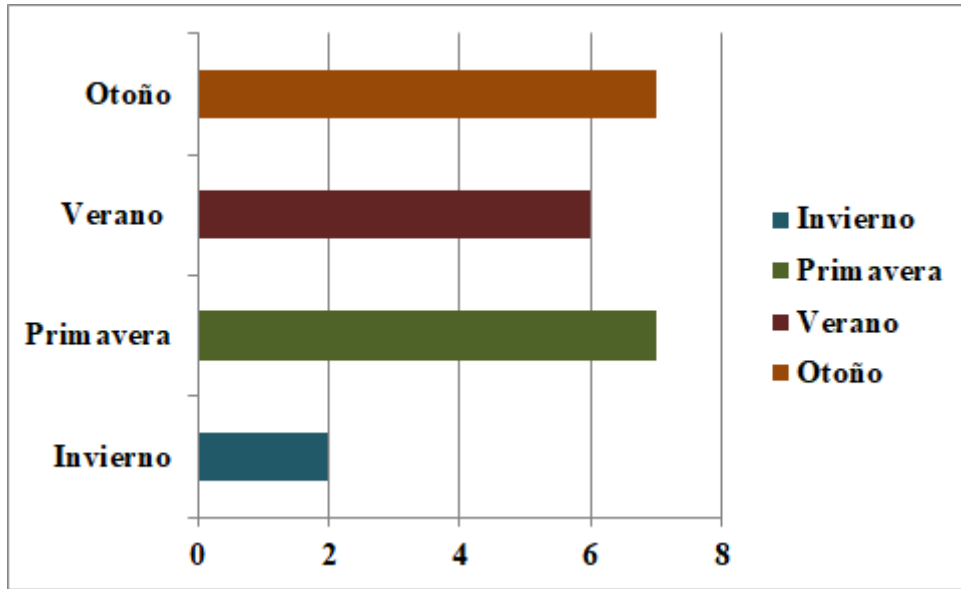


Figura 12. Diversidad vocal de *Aegolius acadicus* en cada temporada climática en el PNSSPM (enero 2019 - enero 2021).

7.4. Descripción de los tipos de vocalización de *Aegolius acadicus* en el PNSSPM.

Los diferentes tipos de vocalización registrados para el tecolote afilador norteño (*Aegolius acadicus*) en el área de estudio se describen a continuación:

- A) *Llamada publicitaria del macho*: Esta vocalización presenta en la mayoría de los casos por los machos, dando dos o tres notas por segundo, un intervalo de frecuencia que va de 1 a 1.1 kHz; con una duración de 0.10 a 0.15 ms.; y una amplitud entre notas de 0.25 - 0.30 ms (Figura 8-A). Este tipo de vocalización es el más común y se presenta de primera instancia en la mayoría de los casos en la que el ave es detectada auditivamente. Esto puede darse ya sea en un contexto territorial o de precópula (Tabla III).
- B) *Llamada publicitaria de la hembra*: Esta vocalización presenta en menor medida por las hembras, emitiendo dos o tres notas por segundo, a un intervalo de frecuencia que va de 1.4 a 1.6 kHz; con una duración de 0.05 a 0.10 ms.; y una amplitud entre notas de 0.30 a 0.35 ms (Figura 8-B). Este canto normalmente se presenta previo a un duelo precopulatorio (Figura 11) donde la hembra puede llegar a distorsionar un poco la vocal sin moverse de lugar. Pero también se puede originar anticipadamente a un contacto con el macho (Tabla III).
- C) *Llamada rápida*: La vocalización se escucha después de presentar una serie de llamadas publicitarias por el macho bajo un contexto precopulatorio que en muchas ocasiones termina con una intención de contacto físico (Tabla III). Aunque también puede ser dada por la hembra con una calidad más ascendente. Da de cuatro a cinco notas por segundo, con un intervalo de frecuencia que va de 1 a 1.1 kHz; una duración de la nota de 0.11 a 0.12 ms.; y una amplitud entre notas de 0.15 - 0.20 ms (Figura 8-C). También se emite de manera territorial, ya sea de manera intraespecífica e interespecífica.
- D) *Lloriqueo*: Esta llamada tiene una calidad de barrido ascendente de tipo “jadeante” y se da en contextos muy agitados de precopulación o territorialidad (Tabla III). El número de notas puede ser tan variable según la agitación que presente, pero puede emitir dos notas cada tres o cuatro segundos. Tiene un intervalo de frecuencia que va

de 1.0 a 1.20 kHz; con una duración de 0.5 a 1.0 ms.; y una amplitud entre notas de 3.5 a 4 ms (Figura 8-D).

- E) *Llamada Ksew*: Esta vocalización se presenta de manera sorpresiva y con una intención de “reclamo” en un sentido territorial, que en algunos casos termina ocasionando algún contacto físico con la hembra o algún intruso dentro del territorio (Tabla III). Se presenta en lapsos de una o dos notas que duran de 0.2 a 0.3 ms, con una amplitud entre estas de 0.10 a 0.12 ms; y una frecuencia de 1.1 a 1.3 kHz (Figura 9-E).
- F) *Llamada de Tssst*: Esta llamada corresponde a suaves silbidos tiene una calidad de barrido ascendente de tipo “jadeante” y se da en contextos muy agitados de precopulación o territorialidad (Tabla III). El número de notas puede ser tan variable según la agitación que presente, pero puede emitir dos notas cada tres o cuatro segundos. Tiene un intervalo de frecuencia que va de 1.0 a 1.20 kHz; con una duración de 0.5 a 1.0 ms.; y una amplitud entre notas de 3.5 a 4 ms (Figura 9-F).
- G) *Llamada de pichones*: Esta breve vocalización se dio en una nota única que dura de 0.80 a 1.0 s; a una frecuencia de 2.4 a 2.5 kHz (Figura 9-G). La vocal se da posteriormente a la detección anticipada de otro individuo vocalmente activo y maduro en términos de calidad auditiva. Es posible que esta vocal ocasione eventualmente un forcejeo contacto de entrega dentro del territorio (Tabla III).
- H) *Chirridos*: Esta extraña vocalización de zumbido se da a una alta frecuencia, la cual va de 7.5 a 10.5 kHz y una duración aproximada de 0.30 a 0.40 ms (Figura 9-H). En este caso la amplitud entre notas va de 4.0 a 4.5 s. Esta sorpresiva emisión se presenta previo a un contacto o cuando el individuo detecta algún intruso en su territorio (Tabla III).
- I) *Llamada de twitter*: Esta variable vocalización se da a una frecuencia de entre 4.0 a 7.0 kHz, con notas que duran entre 0.05 a 0.1 ms; y un intervalo entre cortas notas de 0.1 a 0.5 ms (Figura 10-I). Esta llamada se puede dar bajo contextos precopulatorios, y posterior a un contacto publicitario. Pero también puede emitirse de manera territorial intraespecíficamente (Tabla III).

- J) *Chuck*: Este rápido reclamo se presenta en cinco notas cortas, con una amplitud de entre 0.4 a 0.6 ms. Las cuales duran de 0.1 a 0.2 ms y se presentan a una frecuencia de entre 1.1 a 1.7 kHz (Figura 101-J). Este reclamo suele ser muy sorprendente y en ocasiones se puede dar posteriormente a un sonido de gorjeo. Se presenta de manera sorprendente en respuesta a algún contacto y bajo un contexto de territorialidad (Tabla III).
- K) *Llamada de transición*: Esta llamada es dada por los machos previo a un duelo precopulatorio (Figura 11), que por lo regular termina produciendo algún contacto con la hembra, la cual responde con una llamada publicitaria con una calidad malformada gradualmente (Tabla III). Esta llamada se da a un intervalo de frecuencia que va de 1.2 a 1.8 kHz, con una duración aproximada de 0.4 a 0.6; y una amplitud entre notas que varía entre 0.5 a 1.5 s (Figura 10-K).
- L) *Quejido alternativo*: Este quejido se da de manera muy agitada posterior a un duelo de llamadas publicitarias (Figura 11), ya sea en un contexto territorial o de precopula (Tabla III). Pero también se puede escuchar en forma de reclamo a un contacto de manera intraespecífica. Esta llamada se da a un intervalo de frecuencia que va de 2.0 a 2.1 kHz, con una duración aproximada de 0.2 a 0.5 y una amplitud entre notas altamente variable (Figura 10-L).

7.5.- Correlación de registros de vocalización y factores ecológicos y ambientales.

En el análisis de correlación entre el número de registros de vocalizaciones del tecolote afilador norteño (*Acadicus aegolius*) y cada uno de los factores ambientales en el área de estudio, ninguno resultó significativo (p mayor 0.05): velocidad del viento ($r=-0.199$), hora de registro ($r=-0.021$), estación climática ($r=-0.167$), vegetación dominante ($r=-0.085$), temperatura ($r=-0.190$), humedad ($r=-0.151$), viento ($r=-0.199$) y fases lunares ($r=-0.035$).

8.- DISCUSIÓN

8.1 Distribución y abundancia.

El tecolote afilador norteño (*Aegolius acadicus*) es uno de los búhos con mayor información sobre distribución, abundancia y vocalización en la región oriental de los Estados Unidos de América (Rasmussen et. al., 2020), sin embargo poca información al respecto ha sido generada en México (Weidensaul, 2015), y para Baja California es virtualmente nula (Ruiz-Campos et al. 2018).

Es importante resaltar que a pesar de que Erickson et al. (1994) aportaron el primer reporte de *A. acadicus* en la Sierra de San Pedro Mártir (SSPM), ninguna confirmación con espécimen o registro de vocalización había sido generado. Por lo que el presente estudio que implicó muestreos estacionales durante dos años consecutivos (enero 2019 a enero 2021), logró obtener el primer espécimen para Baja California, y particularmente para la SSPM (Gaona-Melo et al., 2021), así no el primer registro auditivo formal de esta especie.

En el área de estudio, la distribución del tecolote afilador norteño en el trayecto que correspondió a la localidad “Corona de Arriba” se presentó asociada a parches de bosque mixto (MF) con dosel abierto, con mayor variedad de estructuras arbóreas que permiten un forrajeo más eficiente y la capacidad de escuchar cantos y llamados en respuesta a la reproducción (Groce et. al., 2010).

Por su parte la distribución de *A. acadicus* en el “Arroyo los Álamos”, estuvo dentro del bosque mixto (56%), ubicados con mayor frecuencia la densa copa que ofrece el abeto de Colorado *Abies concolor*. En contraste con lo reportado por Groce et. al., (2010), donde el tecolote afilador norteño no utiliza con tanta frecuencia a *A. concolor* en presencia del abeto rojo de California (*Abies magnifica*), lo cual puede deberse a las diferentes fisonomías que presentan respectivas áreas de estudio. En este sentido, la ausencia de *A. magnifica* en la SSPM, permite que el tecolote afilador norteño puede usar *A. concolor* como corredor para ocultarse de los depredadores.

Durante el presente estudio, el cual tuvo una duración de ocho temporadas estacionales consecutivas, se cuantificó para el tecolote afilador norteño una densidad de individuos por kilómetro cuadrado de 1.47 (Torre de Piedra), 1.72 (Arroyo Los Álamos), y 1.91 (Corona de Arriba). Estos resultados son similares al valor mundial promedio estimado por Cannings (1993) de 1 individuo/km² pero menores a los reportados en otras regiones de Norteamérica

con bosques de pinos en Isla Santa Cruz, California (3.7 individuos/km²; Johnson, 1999) y en Wisconsin (15.2 individuos/km²; Swengel y Swengel, 1987).

8.2. Vocalización y relación con el hábitat.

Es importante mencionar que el uso de emisiones de audio es una técnica muy utilizada para provocar respuestas de los machos que llaman (Swengel y Swengel 1987; Milling et al. 1997). Sin embargo, estas emisiones pueden invocar el acercamiento de varias especies de búhos como *Psilosops flammeolus*, *Megascops kennikotti*, *Asio otus* y *Bubo virginianus* (Takats et. al., 2001), afectando así la tasa de respuesta vocal y no dan información precisa del uso del hábitat por la especie en cuestión (Holroyd y Takats 1997).

Algunos autores sugieren que *A. acadicus* se establecen en sitios donde sus presas son abundantes (Whalen y Watts, 2002). Por lo que en el presente estudio en el PNSSPM, el trayecto con mayor registro de vocalización y de tipo visual fue “Corona de Arriba” (n= 57). Esta mayor cantidad de registros podría estar asociada a la presencia humana, tal como lo señalan Lambropoulos et. al. (1999) y Peterson et al. (2020), en el sentido de que en algunos sitios la cantidad de búhos se incrementa por la presencia de contenedores de basura que provocan un aumento de roedores presa, así como la proporción de claros de bosque que permiten un forrajeo más eficiente a los búhos (Grossman et. al. 2008; Groce et al. 2010; Rasmussen et. al. 2020).

En la localidad del “Arroyo los Álamos” en el PNSSPM, también presentó un total de 42 registros durante el periodo de estudio, de los cuales 27 se presentaron en ambas temporadas de verano. Esto puede ser explicado por la preferencia que tienen algunas especies de búhos hacia la vegetación del álamo temblón *Populus tremuloides* (Anderson et. al., 2002) y corredores ribereños (Marks et. al., 1988). Pero también puede ser en general por factores ambientales favorables, ya que una alta tasa de llamadas dentro de un territorio puede reflejar condiciones ambientales apropiadas para *Aegolius acadicus* (Holschuh, 2004). En el caso de la localidad de la “Corona de Arriba”, también en el PNSSPM, hubo una disminución importante en los registros de *A. acadicus* durante la primavera y el verano, lo cual coincide con la anidación (marzo a junio) de esta especie (Holschuh, 2004; Rasmussen et al., 2020).

Las temporadas de primavera y otoño presentaron una mayor diversidad vocal (7 de 12 tipos) con llamados publicitarios (Figura 8 A, B) y de transición (10 K), los cuales terminan en dúos con la hembra que presenta una calidad más “ladradora” durante la primavera. Durante la

temporada de otoño se presentó una reanudación de la llamada publicitaria del macho y en menor medida por la hembra, a diferencia de la temporada de verano, donde no se registró ninguna llamada publicitaria de la hembra. La “llamada rápida” se registró durante la primavera y verano, misma que se emitió en un sentido altamente territorial, ya sea por competencia intraespecífica e interespecífica (Holschuh, 2004).

La llamada de “pichones” se presentó durante el verano, posterior a la detección anticipada de otro individuo vocalmente activo y maduro en términos de calidad auditiva, el cual ocasionó un forcejeo o contacto de entrega dentro del territorio (Holschuh, 2004; Rasmussen et. al., 2020).

La llamada de “twitter” (10 I) se presentó en todas las temporadas salvo el invierno, cuando el individuo detectaba algún intruso en su territorio. El invierno, presentó la menor diversidad del repertorio vocal (2 de 12) que podría estar asociada a la baja producción de cantos y como una estrategia de ahorro energético en respuesta a las bajas temperaturas en el ambiente (Clark y Anderson, 1997; Thomas y Cuthill, 2002; Holschuh, 2004).

En relación, al componente vocal, algunos cantos y llamados difieren en términos de elementos (frecuencia en kHz, duración de la nota y amplitud de la nota) con respecto a los estudios previos (Holschuh, 2004). En este contexto, Holschuh, (2004) señaló que para caracterizar el componente vocal de *Aegolius acadicus* de una manera más fiel es necesario contar con un mayor número de muestras de grabaciones auditivas. En el presente trabajo en el PNSSPM, se logró confirmar 12 variedades de las 11 documentados por Holschuh (2004).

Una forma de mejorar el esfuerzo de muestreo y la detectabilidad en el presente estudio fue la participación simultánea de dos observadores de aves en cada trayecto y punto de registro (Vázquez et al. 2011).

Whalen y Watts (2002) señalaron que *A. acadicus* se establecen en sitios donde sus presas abundan, por lo que los registros visuales y auditivos en una misma localidad a través de las temporadas pueden aumentar o disminuir de acuerdo con la etapa fenológica de la especie. Sin embargo, se pueden delimitar los territorios de anidación y/o alimentación (Holschuh, 2004). Las localidades de “Arroyo Los Álamos” y “Corona de Arriba” fueron territorios de anidación de dos parejas del tecolote afilador norteño, lo cual representa la primer evidencia de reproducción para la especie en Baja California.

El análisis de correlación entre el número de registros auditivos de *Aegolius acadicus* y cada uno de los factores ambientales determinados en el área de estudio, ninguno de ellos mostró una interacción significativa.

Sin embargo, existen factores bióticos y abióticos a considerar durante los estudios acústicos de búhos, los cuales pueden afectar la calidad de los audios obtenidos. La velocidad del viento y el ruido ambiental, son algunas de los factores que afectan negativamente la producción vocal en los búhos (Palmer, 1987; Rasmussen et. al., 2020). También la temperatura puede inhibir la producción de cantos (Clark y Anderson, 1997) y cuya disminución se asocia con una estrategia de ahorro energético (Thomas y Cuthill, 2002; Holschuh, 2004).

A pesar de que en el presente estudio, tanto la hora de registro como la fase lunar no influyeron en el número de registros auditivos del tecolte afilador norteño, se ha documentado que la especie alcanza su punto máximo de llamadas durante las primeras horas (2 h) después de la puesta del sol, principalmente para salir a cazar (Hayward y Garton, 1988; Clark y Anderson, 1997), con un decremento posteriori en la tasa de llamadas durante la medianoche (Forbes y Warner, 1974). Es por ello que durante las noches con luna se incrementa la actividad de especies de mayor tamaño como *Bubo virginianus* y *Asio otus*, lo cual puede afectar la detección de los búhos de menor tamaño, los cuales se mantienen sumisos a fin de evitar ser depredados por los búhos grandes (Aguilar et al., 2001; Paradis, 2007; Valencia et al., 2012).

9.- CONCLUSIONES.

1. El Tecolote afilador norteño (*Aegolius acadicus*) es considerado una especie residente permanente de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México.
2. La localidad de Corona de Arriba presentó el mayor número de registros en cobertura de bosque de coníferas de *Pinus jeffreyi*.
3. La densidad promedio de individuos de *A. acadicus* por kilómetro cuadrado durante el periodo de estudio que cubrió dos ciclos estacionales consecutivos (enero 2019 a enero de 2021) en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, osciló de 1.47 (Torre de Piedra) a 1.91 (Corona de Arriba).
4. La temporada que mostró mayor cantidad de registros fue otoño (34.9%) y la menor en primavera (12.3%).
5. La vocalización más frecuentemente documentada fue la “llamada publicitaria del macho”, la cual se registró en todas las temporadas durante los dos años de estudio.
6. Se confirma que el tecolote afilador norteño demuestra actividad vocal de carácter reproductivo en la Sierra de San Pedro Mártir.
7. El presente estudio aporta información de línea base para futuras investigaciones interesadas en conocer la biología de esta población aislada de *Aegolius acadicus* en Baja California.

10.- RECOMENDACIONES.

Aumentar el número de observadores por trayecto de muestreo para incrementar la probabilidad de detección de sitios de descanso y nidos en cavidades de los pinos secos, para tener una mayor certeza en el uso de hábitat.

El uso de transmisores y grabadoras autónomas programadas eficientizarían el método y se tendría información de la tasa de llamadas y uso de hábitat.

Aplicar la metodología aquí descrita en otras partes del área protegida del mismo PNSSPM y/o otros sitios como el Parque Nacional Constitución de 1857.

La diversidad vocal en audios y espectrogramas registrados para el tecolote afilador norteño en el presente estudio, podrían ser utilizados para futuros muestreo, debido que estos audios se consideran vocalizaciones locales y expresan una mayor eficiencia a la hora de ser reproducidos.

La composición espacial obtenida podría usarse para iniciar con estrategias de conservación como proteger el hábitat y monitorear las poblaciones de búhos anidadores de cavidades.

11.- LITERATURA CITADA

Aguilar, A. J., Paniagua, D., Illana, A., y Martínez, F. (2001). Estudio de la comunidad de rapaces nocturnas en el territorio histórico de Álava. *Grupo Alavés para la Defensa y Estudio de la Naturaleza. Vitoria-Gasteiz. Informe inédito.*

Anderson, S. H., y Clark, K. A. (2002). Comparative habitat use by owls in a high altitude (1,700–3,000 m) Rocky Mountain forest. *Ecology and conservation of owls. CSIRO, Collingwood, Victoria, Australia*, 162-174.

Barajas, A. M. (2018). El origen. En E, Garduño, y E., Nieblas (coord.). *SEMEELJAK. Historia natural y cultural de la sierra de San Pedro Mártir* (pp. 23-35). Tirant Humanidades.

Beckett, S.R., y Proudfoot, G.A. (2011). Large-scale movement and migration of Northern Saw-whet Owls in eastern North America. *Wilson Journal of Ornithology*. 123(3), 521–535

Bosakowski, T. (1987). Census of barred owls and spotted owls. *Biology and Conservation of Northern Forest Owls. USDA Forest Service Technical Report RM-142*, 307-308.

Boula, K. M. (1982). Food habits and roost-sites of Northern saw-whet Owls in northeastern Oregon. *The Murrelet*, 63 (3):92-93. <https://doi.org/10.2307/3534291>

Braga, A.C.R., y Motta-Junior, J.C. (2009). Weather conditions and moon phase influence on tropical screech owl and burrowing owl detection by playback in southeast Brazil. *Ardea*. 97(4), 395–401. <https://doi.org/10.5253/078.097.0401>

Cannings, R.J. (1993). *Northern Saw-whet Owl (Aegolius acadicus)*. British Columbia. Pp. 193–198.

Clark, K. A., y Anderson, S. H. (1997). Temporal, climatic and lunar factors affecting owl vocalizations of western Wyoming. *Journal of Raptor Research*, 31 (4), 358-363.

Cockle, K. L., Trzcinski, M. K., Wiebe, K. L., Edworthy, A. B., y Martin, K. (2019). Lifetime productivity of tree cavities used by cavity-nesting animals in temperate and subtropical forests. *Ecological Applications*, 29(5), e01916.

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

Delgadillo-Rodríguez J. (2004). *El bosque de coníferas de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente.

Dunn, L.E., F. M. Shropshire, L.C. Song y H.A. Mooney. (1976). Water factor and 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.

Enríquez, P., & Vázquez, R. (2015). Los búhos de México: Estado de conocimiento biológico y ecológico. En Enríquez, P. *Los búhos neotropicales: Diversidad y conservación* (pp. 630). Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur.

Erickson, R. A., Barro, A.D., y Wurster, T.E. (1994). Northern Saw-whet Owl in the Sierra San Pedro Martir: First Baja California record. *Western Birds*, 25 (1): 66-68.

Erickson, R. A., Carmona, R., Ruiz-Campos, G., Iliff, M. J., y Billings, M. J. (2013). Annotated checklist of the birds of Baja California and Baja California Sur. *North American Birds*, 66, 582-613.

Stange, A. E., Rodríguez-Estrella, R., y Ortega, A. B. (2015). Nuevos registros de aves en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Puebla, México/New records of birds at National Park Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Puebla, Mexico. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (NS)*, 31(3), 498-501. <https://doi.org/10.21829/azm.2015.3131098>

Forbes, J. E., y Warner, D.W. (1974). Behavior of a radio-tagged Saw-whet Owl. *The Auk*, 582-613.

Gaona-Melo, T., De León-Girón, G., Ruiz-Campos, G., Rodríguez-Hernandez, I., y Unitt. P. (2021). First specimen of the Northern Saw-whet Owl from Baja California, Mexico, with data on its abundance in the Sierra San Pedro Martir. *Western Birds*, 52:168-172.

Pérez-Granados, C., Schuchmann, K. L., y Marques, M. I. (2021). Vocal activity of the Ferruginous pygmy-owl (*Glaucidium brasilianum*) is strongly correlated with moon phase and nocturnal temperature. *Ethology Ecology & Evolution*, 33(1), 62-72.

Groce, J. E., y Morisson, M. L. (2010). Habitat Use by Saw-Whet Owls in the Sierra Nevada. *The Journal of Wildlife Management*, 74(7), 1523–1532.

Grossman, S. R., Hannon, S. J., y Sánchez-Azofeifa, A. (2008). Responses of Great Horned Owls (*Bubo virginianus*), Barred Owls (*Strix varia*), and Northern Saw-whet Owls (*Aegolius acadicus*) to forest cover and configuration in an agricultural landscape in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 86(10), 1165-1172.

Kopij, G. (2009). Owls of the World: The state of knowledge on the threshold of the 21st century. *Berkut*. 18, 72-76.

Hayward, G. D. y Garton. E. O. (1988). Resource partitioning among forest owls in the River of No Return Wilderness, Idaho. *Oecologia*, 75:253-265.

Holschuh, C. I. (2004). *Monitoring habitat quality and condition of Queen Charlotte Saw-whet Owls (Aegolius acadicus brooksi) using vocal individuality.* (Tesis doctoral, University of Northern British Columbia).

Holroyd, G.L. y Takats, L. (1997). Report on the Nocturnal Raptor Monitoring Workshop. In: *Biology and Conservations of Owls of the Northern Hemisphere* by J.R. Duncan, D.H.Johnson, and T.H. Nicholls (eds.). *USDA Forest Service General Technical Report NC-190*. Pp. 609-611.

Hume, R. y Boyer, T. (1997): *Owls of the World*. London: Parkgate Books.

Marks, J.S., Nightingale, A., y McCullough, J. M. (2015). On the breeding biology of northern saw-whet owls (*Aegolius acadicus*). *The Raptor Research Foundation*, 49 (4): 486-497.

Johnson, J. (1999). *Abundance and distribution of Saw-whet Owls (Aegolius acadicus) on Santa Cruz Island.* (Tesis de maestria, California State University, Long Beach).

Johnson, A. S., y Anderson, S.H. (2003). Conservation assessment for the Northern Saw-whet Owl in the Black Hills National Forest, South Dakota and Wyoming. Custer: *US Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Region, Custer, South Dakota, USA.*

K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics. (2014). *Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.5) [Computer software]*. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Disponible en: <http://ravensoundsoftware.com/>.

Lambropoulos, A. S., Fine, J. B., Perbeck, A., y Torres, D. (1999). Rodent control in urban areas: an interdisciplinary approach. *Journal of Environmental Health*, 61(6), 12.

Lavariega, M. C., Martín-Regalado, N., Rodríguez-Pérez, C., y Gómez-Ugalde, R. M. (2011). Registro del tecolote afilador norteño (*Aegolius acadicus*) en las montañas y valles del occidente de Oaxaca, México. *Huitzil*, 12(2), 48–52.

Marks, J. S. y Doremus, J.H. (1988). Breeding-season diet of Northern Saw-whet Owls in southwestern Idaho. *The Wilson Bulletin*, 100(4), 690-694.

Menge, B.A., Berlow, E.L., Blanchette, C.A., Navarrete, S.A., y Yamada, S.B., (1994). The keystone species concept - variation in interaction strength in a rocky intertidal habitat. *Ecological monographs*, 64(3), 249-286.

Milling, T. C., Rowe, M. P., Cockerel, B. L., Dellinger., T. A., Gales, J. B., Hill, C. E. (1997). Population densities of northern Saw-whet Owls (*Aegolius acadicus*) in degraded boreal forests of the southern Appalachians. En Duncan, James, R., Johnson, David H., Nicholls, Thomas H., (editores). *Biology and conservation of owls of the Northern Hemisphere: 2nd International symposium. Gen. Tech. Rep. NC-190. St. Paul, MN: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 272-285.*

O'Connor, J. E., & Chase, C. G. (1989). Uplift of the Sierra San Pedro Mártir Baja California, México. *Tectonics*, 8(4), 833-844.

Oliphant L. (1994). A report on results of national and regional ornithological surveys in Canada Bird. *Trends*, 4:1.

Palmer, D. A. (1987). Annual, seasonal, and nightly variation in calling. *Biology and conservation of northern forest owls: symposium proceedings: February 3-7, 1987, Winnipeg, Manitoba* (Vol. 142, p. 162). Fort Collins, Colo: Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.

Paradis, E.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*.

Pérez-Granados, C., Schuchmann, K. L., y Marques, M. I. (2021). Vocal activity of the Ferruginous pygmy-owl (*Glaucidium brasilianum*) is strongly correlated with moon phase and nocturnal temperature. *Ethology Ecology & Evolution*, 33 (1), 62-72.

Peterson, A. C., Gherzi, B. M., Campanella, R., Riegel, C., Lewis, J. A., y Blum, M. J. (2020). Rodent assemblage structure reflects socioecological mosaics of counter-urbanization across post-Hurricane Katrina New Orleans. *Landscape and Urban Planning*, 195, 103710.

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

Priestley, L.T., Priestley, C., Collister, D.M., Zazelenchuk, D., y Hanneman, M. (2010). Encounters of Northern Saw-whet Owls (*Aegolius acadicus*) from banding stations in Alberta and Saskatchewan, Canada. *Journal of Raptor Research*, 44:300–310.

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

Rasmussen, J.L., Sealy, S.G., y Cannings, R.J. (2020). Northern Saw-whet Owl (*Aegolius acadicus*), versión 1.0. *En Birds of the World (AF Poole, Editor). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU.* <https://doi.org/10.2173/bow.nswowl.01>

Rivera, E., Enríquez, P. L., Flamenco-Sandoval, A., y Rangel-Salazar, J. L. (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., Safford, H. D., y Miller, J. D. (2016). Patterns and trends in burned area and fire severity from 1984 to 2010 in the Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, Mexico. *Fire Ecology*, 12(1), 52-72.

Rodríguez, I. (2018). *Composición Espacio-Temporal de rapaces nocturnas en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México* (Tesis licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, México).

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

Rohlf, D.J. (1991). Six biological reasons why the Endangered Species Act doesn't work and what to do about it. *Conservation biology*, 5(3), 273-282.

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

Ruiz, G., Martínez, R., Guevara, A., Alaniz, J., González, S., Escobar, J., Delgadillo, J., y Hernández, J. (2014). *Manual de técnicas selectas para la evaluación de poblaciones de fauna silvestre de interés cinegético en Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California.

Ruiz-Campos, G., y De León-Girón, G. (2021). Western Screech-Owl (*Megascops kennicottii cardonensis*) in the Sierra La Asamblea, Baja California, México. *Western Birds* 49:152–157, 2018; doi 10.21199/WB49.2.8

Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. *Limusa*, México, D. F. 108.

Sanchez- Zapata, J.A., Carrete, M., Gavrilov, A., Sklyarenko, S., Ceballos, O., Donazar, J.A., y Hiraldo, F. (2003). Land use changes and raptor conservation in Steppe habitats of Eastern Kazakhstan. *Biological Conservation*. 111: 71 - 77.

Sergio F., Newton, I. A. N., Marchesi, L. y Pedrini, P. (2006). Ecologically justified charisma: preservation of top predators delivers biodiversity conservation. *Journal of Applied Ecology*. 43(6), 1049 - 1055.

Stedman, S. (2001). Northern Saw-whet Owl surveys in Big South Fork National River and Recreation Area, Kentucky and Tennessee. *Kentucky Warbler* 77:68-75.

Swengel, S. R., y Swengel, A.B. (1987). Study of a Northern Saw-whet Owl population in Sauk County, Wisconsin. En *Biology and conservation of northern forest owls.*, edited by R.

W. Nero, R. J. Clark, R. J. Knapton and R. H. Hamre, 199-208. Fort Collins, CO: U.S. Forest Serv., Gen. Tech. Rep. RM-142.

Takats, D. L., Francis, C.M., Holroyd, G.L., Duncan, J.R., Mazur, K.R., Cannings, R.J., Harris, W., y Holt, D. (2001). Guidelines for Nocturnal Owl Monitoring in North America. *Beaverhill Bird Observatory and Bird Studies Canada, Edmonton, Alberta.* 32 pp.

Thorne, R., Moran, R., y Minnich, R. (2010). Vascular Plants of the High Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México: an Annotated Checklist. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 28, 1-50.

Thomas, R.J. y Cuthill, I.C. (2002). Body mass regulation and the daily singing routines of European robins. *Animal Behaviour* 63, 285-295.

Valencia-Herverth, J., Ortiz-Pulido, R., y Enriquez, P. (2012). Riqueza y distribución espacial de rapaces nocturnas en Hidalgo, México. *Huitzil*. 13:116-129.

Weidensaul, S.C. (2015). Peterson reference guide to owls of North America and the Caribbean. *Houghton Mifflin Harcourt*, New York, New York.

Whalen, D.M. y Watts, B.D. (2002). Annual migration density and stopover patterns of Northern Saw-whet Owls (*Aegolius acadicus*). *The Auk*. 119:1154–1161.

[Calendario de predicción de mareas mensuales]. (s.f). CICESE. <http://predmar.cicese.mx/calendarios/>

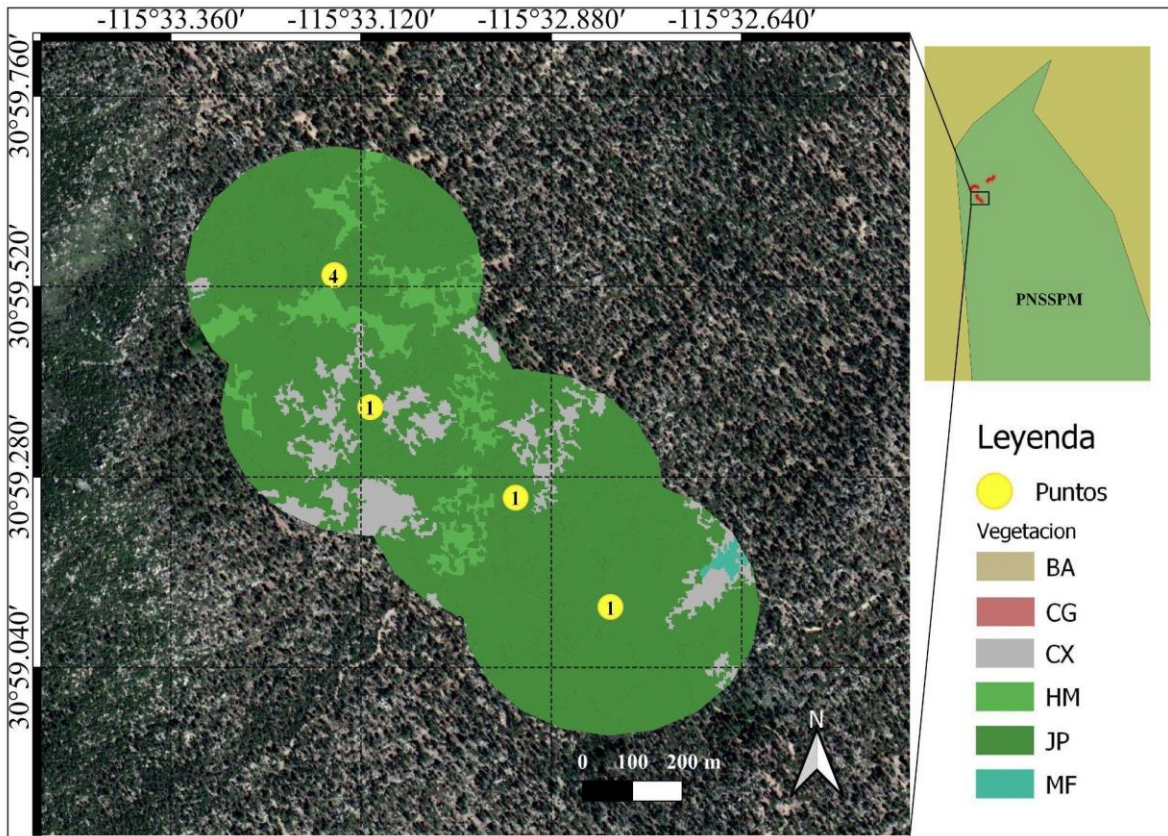
12.- Anexos.

Anexo 1. Datos de registro de cada punto de conteo.

Tabla de registro.		
Fecha:	Núm. de trayecto:	Sitio:
Temperatura:	Humedad:	Viento:
Registro:	Hábitat:	Coordenadas:
Estación:	Notas:	
Inicio:	Fin:	

Figura 13. Datos de registro de cada punto de conteo.

Anexo 2. Mapa de presencia y tipo de vegetación asociada de *A. acadicus* en el PNSSPM, que comprende el trayecto de “Camino a Torre de Piedra” con cuatro puntos de encuesta equidistantes. Puntos amarillos: Punto de conteo con el número de registros. Clave de tipo de cobertura y vegetación: (BA) Suelo estéril; (CG) Manzanita *Arctostaphylos* sp.; (CX) Chaparral mixto montano; (HM) Pastos y herbáceas perennes; (JP) Bosque de coníferas *Pinus jeffreyi*; (MF) Bosque de coníferas mixtas con *Abies concolor*.



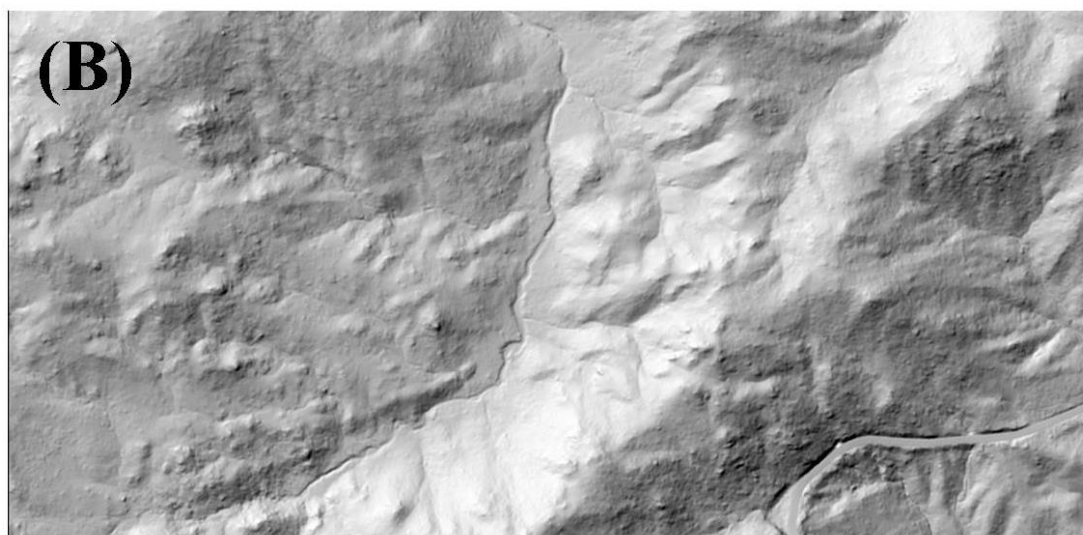
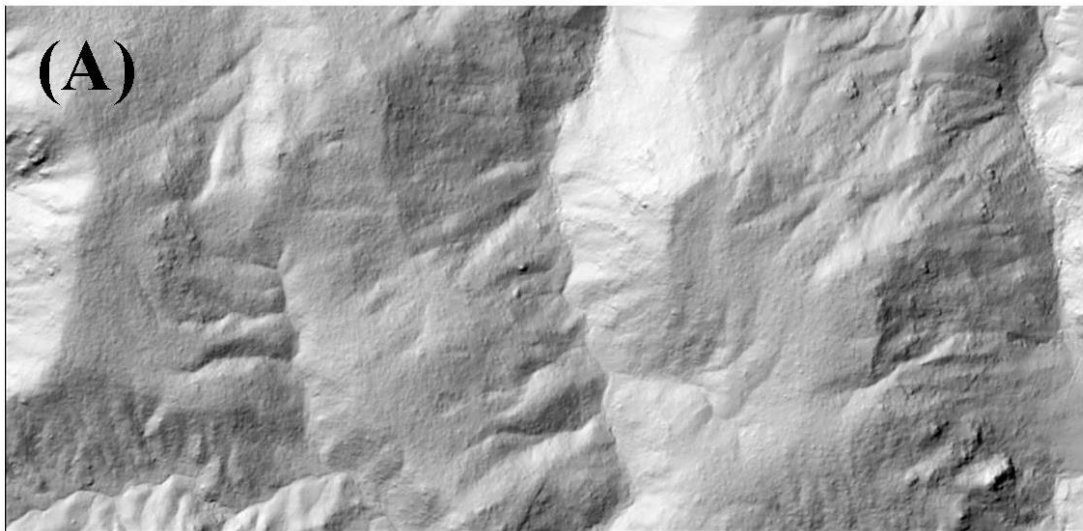
Anexo 3. Tecolote afilador norteño (*A. acadicus*) perchado en un Abeto blanco (*A. concolor*) dentro de la localidad de Corona de Arriba, en el PNSSPM, Baja California, México. Fotografía; Ing. Daniel Orona.



Anexo 4. Muestras de egagrópilas colectadas durante el periodo de estudio en el PNSSPM, Baja California, México.



Anexo 5. Orografía de las localidades monitoreadas. (A) Camino a Torre de Piedra. (B) Corona de Arriba. (C) Arroyo los Álamos.



FIRST SPECIMEN OF THE NORTHERN SAW-WHET OWL FROM BAJA CALIFORNIA, MEXICO, WITH DATA ON ITS ABUNDANCE IN THE SIERRA SAN PEDRO MÁRTIR

TONATIUH GAONA-MELO, GONZALO DE LEÓN-GIRÓN, GORGONIO RUIZ-CAMPOS, and IRAK RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, Colección Ornitológica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana no. 3917, Colonia Playitas, 22860, Baja California, México; gruz@uabc.edu.mx

PHILIP UNITT, San Diego Natural History Museum, P.O. Box 121390, San Diego, California 92112-1390

During surveys (January 2018–November 2020) for the Northern Saw-whet Owl (*Aegolius acadicus*) in the Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, Gaona-Melo collected one individual of this species at the site known as La Capilla (31.011° N, -115.534° W, elevation 2336 meters above sea level) on 18 June 2020 (Figure 1). The specimen, a juvenile male measuring 190 mm in total length, 430 mm in wing span, 140 mm in wing chord, 76 g in weight (Figure 2), was taken by mist net at 21:36 during sampling for nocturnal raptors in a riparian stand of Quaking Aspen (*Populus tremuloides*) adjacent to mixed coniferous forest comprising Jeffrey Pine (*Pinus jeffreyi*), White Fir (*Abies concolor*), and Sugar Pine (*Pinus lambertiana*). The right testis measured 3.1×1.8 mm, the left 3.4×1.4 mm. This individual represents the first known specimen of this species in Baja California (Anthony 1893, Grinnell 1928, Wilbur 1987, Erickson et al. 2020). Furthermore, the age of the bird strongly suggests local nesting, being the first such evidence for Baja California. The

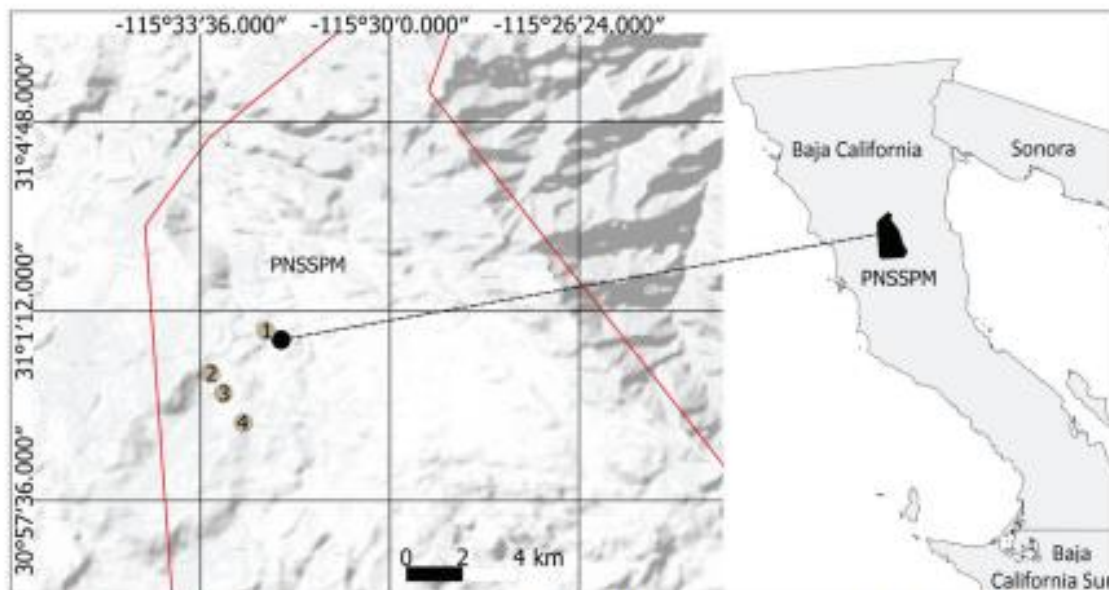


FIGURE 1. Collection and survey sites for the Northern Saw-whet Owl in the San Pedro Mártir National Park, Baja California, Mexico. (●) Collection site: La Capilla. Survey sites: (1) Arroyo Los Alamitos, (2) Corona de Arriba (camping area), (3) Charco de La Rana, and (4) Torre de Piedra.



FIGURE 2. Lateral (A), ventral (B), and dorsal (C) views of the juvenile male specimen of the Northern Saw-whet Owl (*Aegolius acadicus*) collected at La Capilla, San Pedro Mártir National Park, Baja California, Mexico, 18 June 2020.

Photos by Gorgonio Ruiz-Campos

specimen is catalogued as number 2160 in the collection of birds of the Universidad Autónoma de Baja California.

The Northern Saw-whet Owl is widely distributed across much of North America from southern Alaska and southern Canada south to southern Mexico (American Ornithologists' Union 1998). In mainland Mexico, the Northern Saw-whet Owl occurs on both the Atlantic and Pacific slopes and in the interior, inhabiting the mountains from northeastern Sonora, Chihuahua, the Trans-Mexican Neovolcanic Belt, Puebla, and Hidalgo south to Oaxaca (Howell and Webb 1995, Lavariega et al. 2011), with isolated populations in southeastern Coahuila, southeastern Nuevo León, and northern San Luis Potosí (Holt et al. 1999). Its habitat includes humid to semi-humid pine, fir, and pine-oak forests (Howell and Webb 1995).

In the Baja California peninsula, Erickson et al. (1994) and Erickson and Wurster (1998) first reported this species from La Corona in the Parque Nacional Sierra de

San Pedro Mártir, on the basis of calls and songs heard. Subsequent records (auditory or visual) have been reported from this same national park via www.ebird.org. During seasonal samplings (October 2017–August 2018) of nocturnal raptors, Rodríguez-Hernández (2019) recorded an average density of 1.7 individuals/km², in coniferous forest dominated by Jeffrey Pine. However, no specimens or even photographs have been taken for confirmation.

The population of Northern Saw-whet Owl nearest the Sierra San Pedro Mártir is located in the Laguna Mountains east of San Diego, over 200 km north (Unitt 2004). The Cedar Fire of 2003 may have extirpated Northern Saw-whet Owl from the Cuyamaca Mountains in central San Diego County, as since that year there has been only one report from those mountains to www.ebird.org, of a single individual in 2008. Farther north, the species is resident in small numbers on Volcan Mountain, Palomar Mountain, Hot Springs Mountain, and Santa Rosa Mountain (Unitt 2004).

Even though these southernmost populations are probably sedentary, a surprising number of wanderers have been found in atypical habitat in the deserts of southeastern Upper California. Patten et al. (2003) cited four records from the Colorado Desert, and two specimens were found at Picacho State Recreation Area along the Colorado River 33 km north of Yuma in the winter of 2000–2001 [San Diego Natural History Museum (SDNHM) 50579 and 50580]. There are three reports from Borrego Springs (*N. Am. Birds* 61:328, 2007; 62:303, 2008; 70:119, 2017) and at least two from the Coachella Valley (Palm Desert, *N. Am. Birds* 61:328, 2007, Los Angeles County Museum of Natural History 114591; Thousand Palms Oasis, *N. Am. Birds* 68:554, 2015). Even though there are isolated resident populations on Santa Cruz and Santa Catalina islands, the only evidence of vagrancy toward the coast in San Diego County, is a specimen collected in the town of El Cajon just east of San Diego on 27 November 2015 (SDNHM 54658) and a bird photographed 7.5 km south of San Marcos in February 2016 (*N. Am. Birds* 70:232, 2018). Hamilton and Willick (1996) cited two occurrences at low elevations in Huntington Beach, Orange County. There are no records in Baja California away from the Sierra San Pedro Mártir.

In order to quantify the abundance of Northern Saw-whet Owl in the Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, we carried out a total of 67 nocturnal surveys at four sites from January 2018 to November 2020, encompassing all the seasons of the year (Figure 1, Table 1). The survey areas were defined by transects located in forest suitable for this species as identified from observations in 2017 (Rodríguez-Hernández 2019). The survey points were spaced 1 km apart (Groves et al. 1997). At each survey point, we started with 1 minute of silence to assess the presence or absence of other owl species in the site (Valencia et al. 2012). Northern Saw-whet Owl calls were broadcast intermittently (Fuller and Mosher 1981), in the pattern of 1 minute of broadcast, 4 minutes of silence, 1 minute of broadcast, 4 minutes of silence, 1 minute of broadcast, and finally 4 minutes of silence, all this giving a total sampling effort of 15 minutes per point (Aguilar et al. 2001). Also, the sampling at each survey point was stopped as soon as a different owl species, either the Great Horned Owl (*Bubo virginianus*) or Long-eared Owl (*Asio otus*) was detected. The number of individuals detected per hour at each site of sampling is shown in Table 1, with a total average for all sites and seasons pooled of 2.6 individuals. Locally (all seasons pooled), the highest frequency of individuals detected per hour was at Charco de la Rana (3.3) followed by Corona de Arriba. Seasonally (all sites pooled), the higher frequency of individuals detected per hour was in winter and fall with 2.7 and 2.9, respectively (Table 1).

We thank personnel from the Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, especially Francisco Arce, Juan Pablo Medina, Daniel Orona, Juan Bencomo, Alfredo Madriles, Diego Toscano, Gustavo Bencomo, and Aldo Guevara for help in the field sampling and logistic support for this study. Richard A. Erickson made useful comments and suggestions that improved the content of the manuscript.

TABLE 1 Results of Surveys for *Aegolius acadicus* in San Pedro Mártir National Park, January 2018–November 2020

Locality and data of surveys	Dates of sampling	Winter	Spring	Summer	Fall	Total
1. Arroyo de Los Alamillos	23 Jan 2018– 30 Sep 2020					
Number of surveys		5	8	15	2	30
Number of records		5	9	27	3	44
Sampling effort (hours)		2.9	5.4	10.3	0.5	19.1
Individuals detected per hour		1.7	1.7	2.6	6.0	2.3
2. Corona de Arriba	27 Jan 2018– 22 Nov 2020					
Number of surveys		6	2	3	19	30
Number of records		9	2	3	33	47
Sampling effort (hours)		2.5	0.9	0.7	11.7	15.8
Individuals detected per hour		3.6	2.2	4.3	2.8	3.0
3. Charco de La Rana	27 Oct 2018– 9 Nov 2019					
Number of surveys		0	1	0	2	3
Number of records		0	2	0	2	4
Sampling effort (hours)		0	0.5	0	0.7	1.2
Individuals detected per hour		0	4	0	3	3.3
4. Torre de Piedra	5 Jul 2019– 9 Feb 2020					
Number of surveys		1	1	2	0	4
Number of records		1	1	2	0	4
Sampling effort (hours)		0.2	0.7	1.6	0	2.5
Individuals detected per hour		5	1.4	1.3		1.6
All sites pooled	23 Jan 2018– 22 Nov 2020					
Number of surveys		12	12	20	23	67
Number of records		15	14	32	38	99
Sampling effort (hours)		5.6	7.5	12.6	12.9	38.6
Individuals detected per hour		2.7	1.9	2.5	2.9	2.6

LITERATURE CITED

- Aguilar, A., Paniagua, D., Illana, A., and Martínez, F. 2001. Estudio de la comunidad de rapaces nocturnas en el territorio histórico de Álava. Report to the Gobierno Vasco by Grupo Alavés para la Defensa y Estudio de la Naturaleza, Vitoria-Gasteiz, Spain; http://www.faunadealava.org/adjuntos/faunadealava-Documentos/12_archivo.pdf.
- American Ornithologists' Union. 1998. Check-list of North American Birds, 7th ed. Am. Ornithol. Union, Washington, DC.
- Anthony, A. W. 1893. Birds of San Pedro Mártir, Lower California. *Zoe* 4:228-247.
- Erickson, R. A., and Wurster, T. E. 1998. Confirmation of nesting in Mexico for four bird species from the Sierra San Pedro Mártir, Baja California. *Wilson Bull.* 110:118-120.
- Erickson, R. A., Barron, A. D., and Wurster, T. E. 1994. Northern Saw-whet Owl in the Sierra San Pedro Mártir: First Baja California record. *W. Birds* 25:66-68.
- Erickson, R. A., Marrón, G., Zamora-Hernández, E. D., and Billings, M. J. 2020. Notable bird observations for Baja California and Baja California Sur, August 2016 through December 2019, with an updated checklist for the states. *N. Am. Birds*; <https://www.aba.org/baja-california-fall-2016-fall-2019/>.
- Fuller, M. R., and Mosher, J. A. 1981. Methods of detecting and counting raptors:

- A review, in *Estimating the Numbers of Terrestrial Birds* (C. J. Ralph and J. M. Scott, eds.), pp. 235–246. *Studies in Avian Biol.* 6.
- Grinnell, J. 1928. A distribution summation of the ornithology of Lower California. *Univ. Calif. Publ. Zool.* 32:1–300.
- Groves, C., Frederick, T., Frederick, G., Atkinson, E., Atkinson, M., Shepherd, J., and Servheen, G. 1997. Density, distribution and habitat of Flammulated Owls in Idaho. *Great Basin Nat.* 57:116–123.
- Hamilton, R. A., and Willick, D. R. 1996. *The Birds of Orange County, California: Status and Distribution*. Sea and Sage Press, Irvine.
- Holt, D. W., Berkley, R., Deppe, C., Enríquez, P. L., Olsen, P. D., Petersen, J. L., Rangel, J. L., Segars, K. P., and Wood, K. L. 1999. Strigidae, in *Handbook of the Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, and J. Sargatal, eds.), vol. 5, pp. 153–242. Lynx Edicions, Barcelona.
- Howell, S. N. G., and S. Webb. 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford Univ. Press, Oxford, England.
- Lavariaga, M. C., Martín-Regalado, N., Rodríguez-Pérez, C., and Gómez-Ugalde, R. M. 2011. Registro del tecolote afilador (*Aegolius acadicus*) en las montañas y valles del occidente de Oaxaca, México. *Huitzil* 12:48–52.
- Patten, M. A., McCaskie, G., and Unitt, P. 2003. *Birds of the Salton Sea*. Univ. of Calif. Press, Berkeley; doi.org/10.1525/9780520929449.
- Rodríguez-Hernández, I. 2019. Composición espacio-temporal de rapaces nocturnas en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. B.Sc. thesis, Facultad de Ciencias, Univ. Autónoma de Baja California, Ensenada, México.
- Unitt, P. 2004. San Diego County Bird Atlas. *Proc. San Diego Soc. Nat. Hist.* 39.
- Valencia, J., Ortiz, R., and Enríquez, P. 2012. Riqueza y distribución espacial de rapaces nocturnas en Hidalgo, México. *Huitzil* 13:116–129.
- Wilbur, S. R. 1987. *Birds of Baja California*. Univ. of Calif. Press, Berkeley.

Accepted 23 February 2021