

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Comparación De La Diversidad De Murciélagos En Dos Fases De La Luna (Luna Llena y Luna Nueva) En Las Instalaciones De La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Por:

ÁLVARO AMBROSIO ANTONIO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Comparación De La Diversidad De Murciélagos En Dos Fases De La Luna (Luna Llena Y Luna Nueva) En Las Instalaciones De La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Por:

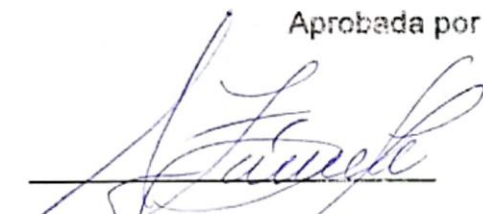
ÁLVARO AMBROSIO ANTONIO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

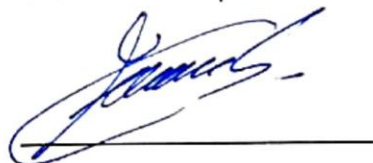
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alejandro Zárate Lupercio
Asesor Principal Interno



M.C. Rosa María Ortiz Badillo
Asesor Principal Externo



Dr. Francisco Cruz García
Coasesor



Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

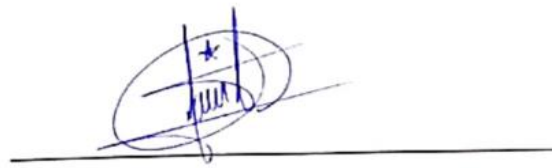
Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Álvaro Ambrosio Antonio

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater, por abrirme las puertas y brindarme todo lo necesario para poder concluir una meta más.

Al Dr. Alejandro Zarate Lupercio, por el apoyo y las enseñanzas que me proporcionó, la disponibilidad de materiales y herramientas que me facilitó y los valiosos aportes para poder desarrollar esta investigación.

A la M. C. Rosa María Ortiz Badillo, por su apoyo y asesoría durante el desarrollo de la investigación, sus consejos, la disponibilidad de tiempo y la paciencia que tuvo para aclaración de dudas, sus recomendaciones para un mejor trabajo en campo y sobre todo por la oportunidad de conocer un poco de la maravilla del mundo de los murciélagos.

Al Dr. Francisco Cruz García, por la información compartida en clases y por formar parte del comité de asesores, apoyarme con sus conocimientos en las correcciones y el tiempo empleado a la revisión de este trabajo.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por compartir sus conocimientos en las diferentes materias impartidas a lo largo de la carrera, por sus correcciones, recomendaciones y el tiempo dedicado.

A cada uno de los profesores que fueron parte fundamental en mi formación académica.

A mis amigos Francisco Argueta, Adriana Gutiérrez, Gregorio Tirzo, Fernando Vázquez, Richard Méndez, Juan Carlos Rincón, Diego, Carlos, en especial a Hugo Vázquez, Filiberto Gordillo, Jacobo, Isidro, por su apoyo en las diferentes etapas de este trabajo, en compartir ideas y comentarios y todos los compañeros de salón, con quienes compartí muchos momentos, buenos y malos y sobre todo aprender algo de cada uno de ellos.

A mi novia Juanita, por apoyarme en todo, sus ánimos y su buena vibra.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar hasta donde estoy y lograr lo que me propuse desde un inicio, darme fortalezas y cuidarme siempre.

A mis padres, con mucho respeto y cariño, Teodora Antonio Hernández y Orlando Ambrosio Ramírez, quienes desde siempre me ha apoyado a pesar de las adversidades que se presentan, los consejos que día a día me dan, palabras y recomendaciones que nunca se olvidaran y serán la motivación para seguir adelante y luchar contra cualquier obstáculo.

A mis hermanos Lucero, Rafael, Eusebia, Nerida y Yobani, con quienes eh compartido tantas cosas, por su ayuda moral y económico, a lo largo de mi carrera, siempre estuvieron presentes en cualquier situación.

ÍNDICE

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. General.....	3
1.1.2. Específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Fobia Lunar.....	4
2.2. Urbanización	5
2.3. Mamíferos	6
2.4. Importancia de los murciélagos	8
2.5. Ecolocalización	8
2.6. Murciélagos de Coahuila.....	10
3. MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1. Descripción y ubicación del área de estudio	12
3.1.1. Fisiografía.....	13
3.1.2. Hidrología	13
3.1.3. Clima	13
3.1.4. Flora	13
3.1.5. Fauna	14
3.2. Trabajo de campo	15
3.3. Grabación de la actividad de los murciélagos.....	18
3.4. Captura de murciélagos	18
3.5. Análisis de datos	18

3.6.	Identificación de especies	19
3.7.	Curva de acumulación de especies	20
3.8.	Índices de diversidad	21
3.8.1.	Diversidad alfa (Índice de Margalef)	21
3.8.2.	Diversidad beta (índice de Similitud de Jaccard)	22
4.	RESULTADOS.....	23
4.1.	Riqueza específica	23
4.2.	Representatividad	24
4.3.	Curva de acumulación de especies y eficiencia de muestreo.....	25
4.4.	Abundancia de especies y especies raras	27
4.5.	Grafica de Rango-abundancia	28
4.6.	Índices de diversidad	29
4.6.1.	Diversidad alfa (α) Índice de Margalef.....	29
4.6.2.	Diversidad beta (β) Índice de similitud Jaccard	30
4.7.	Abundancia de especies en áreas de forrajeo	30
5.	DISCUSIÓN	32
5.1.	Riqueza.....	32
5.2.	Abundancia	33
5.3.	Índices de diversidad	34
5.4.	Abundancia de especies en áreas de Forrajeo.....	35
5.5.	Otros factores que interviene en la fobia Lunar	36
6.	CONCLUSIÓN	39
7.	RECOMENDACIONES.....	40
8.	LITERATURA CITADA.....	41
9.	ANEXOS.....	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Coordenadas de los puntos de muestreo y redes de niebla.....	16
Cuadro 4.2 Diversidad de especies durante noches de luna llena y luna nueva en campus UAAAN	23
Cuadro 4.3 Riqueza y abundancia de especies en las fases lunares	25
Cuadro 4.4 Especies dominantes por fases lunares	27
Cuadro 4.5 Especies raras por fase lunar	28
Cuadro 4.6 índice de diversidad de Margalef.....	29
Cuadro 4.7. Índice de similitud de Jaccard	30
Cuadro 4.8 Clasificación de los puntos de muestreo	30
Cuadro 4.9 Abundancia de especies en las diferentes áreas clasificadas.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Representación del sistema de ecolocalización en los murciélagos (Ramos, 2014).	9
Figura 3.2 Ubicación del área de estudio. Polígono de las instalaciones de la UAAAN (elaboración propia), polígono, plantación forestal tomada de Encina-Domínguez (2016).....	12
Figura 3.3 Ubicación de puntos de muestreo y redes de niebla (Elaboración propia).	17
Figura 3.4 Parámetros analizados en un pulso (Elaboración propia).....	19
Figura 4.5 Llamados de ecolocalización para 14 especies de murciélagos insectívoros aéreos, elaborados a partir del Programa BatSound Pro 3.31b.....	24
Figura 4.6 Curva de acumulación de especies en fase de luna llena.	26
Figura 4.7 Curva de acumulación de especies en fase de luna nueva.	26
Figura 4.8 Comparación de la abundancia de especies por fase lunar.....	27
Figura 4.9 Gráficas de rango-abundancia de las especies registradas en las dos fases lunares en la UAAAN.....	29

RESUMEN

La luz del sol que refleja la luna en las noches, es un elemento fundamental para las condiciones de la vida en la tierra. Diversas especies de hábitos nocturnos, tienen cambios en sus comportamiento y actividades con relación a la intensidad del reflejo de la luminosidad lunar, provocando en algunos casos “fobia lunar”, es decir, la reducción de sus actividades en las noches de alto brillo lunar, esto se ha puntualizado principalmente en el orden quiróptera. El objetivo de la presente investigación es determinar la diversidad de murciélagos en el campus de la UAAAN, Saltillo, Coahuila y si ellos presentan fobia a la luna, entre los meses de agosto-diciembre del 2020. El monitoreo se llevó a cabo durante dos noches consecutivas en luna llena y dos en luna nueva, mediante un detector ultrasónico Echo Meter (desde las 19:00 a 00:00 horas) y por redes de niebla. Se obtuvieron 1,120 minutos de grabación, 300 pistas adecuadas y en total 307 registros de individuos para las dos fases lunares, reportando dos familias taxonómicas (Vespertilionidae y Molossidae) y 14 especies. La mayor riqueza se encontró en la fase de luna nueva (14 especies) con relación a la luna llena (11 especies), aunque no se encontraron diferencias significativas en las fases lunares, sin embargo, la actividad relativa de las especies fue inversa, puesto que se obtuvo 176 registros para la fase de luna llena y 131 en luna nueva. Las fases lunares presentaron valores medio y bajo de riqueza de especies a través del índice de Margalef, con 2.667 en luna nueva y 1.934 para luna llena. El índice de similitud de Jaccard en las dos fases lunares nos dio un valor de 0.7857. Cuatro especies, presentaron fobia lunar (*Lasiurus blossevillii*, *Myotis californicus*, *Myotis thysanodes*, *Myotis yumanensis*), siete presentaron mayor actividad en luna llena (*Lasiurus cinereus*, *Tadarida brasiliensis*, *Lasiurus borealis*, *Eumops perotis*, *Corynorhinus townsendii*, *Lasiurus xanthinus* y *Parastrellus hesperus*), además, se registraron especies raras con uno o dos registros por fase lunar, como *Molossus molossus*, *Antrozous pallidus*. El efecto de la fobia lunar depende de cada especie y de otros factores, como la latitud, zonas biogeográficas y el gremio trófico al que pertenecen.

Palabras claves: Fobia luna, quirópteros, insectívoros, riqueza, abundancia.

ABSTRACT

The sunlight that the moon reflects at night is a fundamental element for the conditions of life on earth. Various species of nocturnal habits have changes in their behavior and activities in relation to the intensity of the reflection of the lunar luminosity, causing in some cases "lunar phobia", that is, the reduction of their activities on nights of high lunar brightness, this has been pointed out mainly in the Chiroptera order. The objective of this research is to determine the diversity of bats on the UAAAN campus, Saltillo, Coahuila and if they present a phobia of the moon, between the months of August-December 2020. The monitoring was carried out during two nights consecutive on a full moon and two on a new moon, by means of an Echo Meter ultrasonic detector (from 7:00 p.m. to 12:00 a.m.) and by mist nets. 1,120 minutes of recording were obtained, 300 suitable tracks and a total of 307 records of individuals for the two lunar phases, reporting two taxonomic families (Vespertilionidae and Molossidae) and 14 species. The greatest richness was found in the new moon phase (14 species) in relation to the full moon (11 species), although no significant differences were found in the lunar phases, however, the relative activity of the species was inverse, since 176 records were obtained for the full moon phase and 131 for the new moon. The lunar phases presented medium and low values of species richness through the Margalef index, with 2,667 for the new moon and 1,934 for the full moon. Jaccard's index of similarity in the two lunar phases gave us a value of 0.7857. Four species presented lunar phobia (*Lasiurus blossevillii*, *Myotis californicus*, *Myotis thysanodes*, *Myotis yumanensis*), seven presented greater activity in the full moon (*Lasiurus cinereus*, *Tadarida brasiliensis*, *Lasiurus borealis*, *Eumops perotis*, *Corynorhinus townsendii*, *Lasiurus xanthinus* y *Parastrellus hesperus*) in addition, rare species with one or two records per moon phase were recorded, such as *Molossus molossus*, *Antrozous pallidus*. The effect of lunar phobia depends on each species and on other factors, such as latitude, biogeographic zones and the trophic guild to which they belong.

Key words: Lunar phobia, bats, insectivores, richness, abundance.

1. INTRODUCCIÓN

Los murciélagos pertenecen al orden Chiroptera, del griego *keir*, mano, y *pteron*, ala; es decir, “manos aladas” (Retana, 2009), Son el segundo orden de mamíferos con mayor diversidad y abundancia en el mundo, actualmente existen más de 1300 especies de murciélagos (Fenton y Simmons, 2015), de los cuales en México se encuentran 139 especies (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014), y específicamente en el estado de Coahuila se reportan 30 especies (Espinoza-Martínez *et al.*, 2018).

Sobresalen en ser los únicos mamíferos con la capacidad de vuelo y con el mecanismo de la ecolocalización, utilizadas para su orientación, detección y captura de presa, actividades de exploración nocturnas y para poder escapar de depredadores (Orozco-Lugo *et al.*, 2013).

La ecolocalización es la producción de sonidos de alta frecuencia para orientarse en la oscuridad y encontrar alimento y usan el tiempo de llegada, la intensidad y el contenido de los ecos de retorno para determinar la distancia, la dirección y las características de los objetos en el ambiente (Moss, 2018). Cada especie de murciélago utiliza la ecolocalización óptima en las actividades de caza en los hábitats que están mejor adaptados (Limpens, 2004).

Los animales poseen distintas estrategias de comportamiento para reducir los riesgos de depredación, para algunas especies nocturnas evitar la luz de la luna es uno de los comportamientos más utilizados para su sobrevivencia (Saldaña-Vásquez y Munguía-Rosas, 2013).

La luz de la luna es una variable ambiental que deprime la actividad nocturna en animales como los insectos, roedores, aves y animales marinos, los cuales ajustan sus actividades de búsqueda de alimento según los cambios del ciclo lunar (Gannon y Willig, 1997). Pero principalmente investigaciones hacen referencia de este comportamiento en especial a los murciélagos, este fenómeno es denominado fobia a la luna, el cual consiste en la reducción de sus actividades con la intensidad de la luz lunar (Saldaña-Vásquez y Munguía-Rosas., 2013), haciéndolos salir más tarde o restringiendo su vuelo y alimentación a las sombras (Gannon y Willig, 1997), la seguridad frente a los depredadores y la disponibilidad de presas podrían ser las causas (Bork, 2006).

Sin embargo, información más actualizada indica que algunas especies de murciélagos reducen su actividad durante las noches con más luz de luna, mientras que ocurre lo contrario con otras especies. Saldaña-Vásquez y Munguía-Rosas, (2013), demuestran que las especies que se alimentan en la superficie del agua y las especies del dosel del bosque se ven más afectadas por la luz de la luna que aquellas con diferentes hábitats de alimentación (sotobosque, subdosel y cielo abierto).

Por otro lado, la contaminación lumínica tiene efectos en la flora y la fauna, puede alterar sus comportamientos, las áreas de caza y recolección y los ciclos de reproducción, esto no sólo en los centros urbanos, sino también, en las áreas rurales alterando su comportamiento alimenticio (Chepesiuk, 2010).

Es por eso que el presente trabajo tiene el objeto de conocer el comportamiento de los murciélagos en un área semi-urbana, siendo esta las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, localizada en el municipio de Saltillo, Coahuila, muestreando durante la fase de luna llena y luna nueva.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Determinar la diversidad de murciélagos en dos fases lunares (Luna llena y luna nueva) para los meses agosto-diciembre en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

1.1.2. Específicos

- Identificar la diversidad de murciélagos presentes en dos fases lunares (Luna llena y luna nueva).
- Determinar en que fase lunar se presenta una mayor diversidad de murciélagos.
- Comportamiento de los quirópteros hacia la “fobia luna”.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fobia Lunar

Los organismos deben adaptarse a las características temporales de su entorno para sobrevivir y reproducirse con éxito (Navara y Nelson, 2007). Están expuestos a muchas presiones ecológicas contradictorias, de los cuales, un efecto puede ser perjudicial para alguna especie, mientras que para otra el mismo efecto puede ser benéfica (Lang *et al.*, 2006).

El término fobia lunar se emplea para explicar el comportamiento que algunos animales nocturnos presentan al evadir los periodos con mayor luminosidad de la luna (Pech-Canché *et al.*, 2018). Reducen significativamente su actividad durante los periodos de alta iluminación lunar (Gannon y Willig, 1997).

Los relojes biológicos endógenos permiten a los individuos anticiparse y adaptarse a los ciclos diarios de luz y oscuridad de su entorno, para poder programar de forma óptima el metabolismo, la fisiología y el comportamiento de cada día (Navara y Nelson, 2007).

Numerosas especies nocturnas alteran su comportamiento y la actividad con el cambio de las condiciones de luz en relación con el ciclo lunar. En la mayoría de los casos hay dos fuerzas selectivas principales que explican estas respuestas: el cambio en el riesgo de depredación y en la disponibilidad de presa (Lang *et al.*, 2006). Algunos ejemplos serían; el jerbo de Allenby, (*Gerbillus allenbyi*); la rata canguro de cola de estandarte (*Dipodomys spectabilis*); el jerbo de arena egipcio mayor, (*Gerbillus pyramidum*); la rata canguro de Merriam, (*Dipodomys merriami*); y la ardilla voladora del sur (*Glaucomys volans*) (Bork, 2006).

Este comportamiento se ha observado en varias especies de murciélagos, incluidos los hematófagos, insectívoros y frugívoros (Reith, 1982). Los murciélagos pueden alimentarse durante más tiempo en las noches oscuras debido al menor peligro de los depredadores (Bork, 2006).

Se pensaba que la fobia lunar era que los murciélagos ajustan su actividad para evitar a los depredadores, sin embargo, los murciélagos pueden ser presas y también depredadores, por lo tanto, es probable que se vean influenciados por la disponibilidad de presas, así como por el riesgo de depredación. Los insectos son las principales presas de la mayoría de las especies de murciélagos y los cambios en el nivel de actividad de los insectos también deberían influir en el comportamiento de búsqueda de alimento y en el nivel de actividad de los murciélagos (Lang *et al.*, 2006).

2.2. Urbanización

La urbanización es un factor importante que generan complejos paisajes dominados por el hombre, estos influyen significativamente en el funcionamiento de los ecosistemas y en los servicios que prestan, promueve la fragmentación y transformación completa de los hábitats naturales, afectando directamente a la estructura y composición de los conjuntos de especies mediante cambios abióticos y bióticos (Alberti, 2005).

Sin embargo, muchas especies pueden convivir en los diferentes hábitats de las zonas suburbanas y urbanas, principalmente plantas de sucesión temprana y especies animales "de borde", como mamíferos mesopredadores, y animales que se alimentan en el suelo, aves omnívoras y frugívoras (McKinney, 2006).

La actividad y las respuestas específicas de los murciélagos insectívoros en diferentes condiciones urbano-forestales, proporcionan una perspectiva general

sobre la adaptabilidad y vulnerabilidad de estas especies a la intensidad de la urbanización (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017).

Diversos estudios han revelado que la urbanización tiene un efecto desfavorable para la diversidad y abundancia de murciélagos (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). Sin embargo, cada especie tiene una respuesta específica, algunas especies toleran el hábitat urbano o incluso se ven favorecidas por sus oportunidades de reposo o forrajeo, otras se ven afectadas por la pérdida o fragmentación del hábitat natural clave, o por la contaminación física o química asociada con la urbanización (Russo y Ancillotto, 2015).

En la ciudad de México se realizó una investigación para conocer la actividad de murciélagos insectívoros, así como la abundancia relativa de insectos en cinco hábitats: parques grandes, parques chicos, áreas abiertas iluminadas, zonas habitacionales y bosque natural. Las especies de murciélagos insectívoros de la familia Molossidae mostraron una asociación positiva con las zonas urbanas, mientras que las especies de la familia Vespertilionidae han mostrado una relación negativa relacionadas con las ciudades y se han registrado sobre todo en áreas naturales (Ávila-Flores y Fenton, 2005).

En otros casos, los animales utilizan a propósito los altos niveles de iluminación para facilitar la búsqueda de alimento. Los murciélagos del norte (*Eptesicus nilssonii*) en Suecia son atraídos por las carreteras iluminadas en primavera (Rydell, 1991).

2.3. Mamíferos

Los mamíferos son un grupo de vertebrados que han estado sujetos a la evolución durante millones de años, dando lugar a una elevada variedad de formas y tamaños como respuesta adaptativa a las diferentes formas de vida y ambientes donde se han desarrollado. (Borroto-Páez y Mancina, 2011).

En México, los mamíferos se componen de 168 géneros, 496 especies y 881 subespecies (Fenton y Simmons, 2015). Las razones principales por las que México cuenta con una gran diversidad de mamíferos se deben a su ubicación geográfica, los climas y en consecuencia la diversidad de ecosistemas y su topografía (Ceballos y Oliva, 2005).

Los roedores y los murciélagos contribuyen con más del 77% de todas las especies (Ceballos *et al.*, 2005). Los quirópteros ocupan en segundo lugar en número de especies, con 139 (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014), superado en número de especies solo por los roedores (Ceballos y Oliva, 2005).

Los murciélagos existen en casi en todas las zonas del mundo a excepción de los polos, sin embargo, la mayoría de las especies de murciélagos se encuentran en regiones tropicales y subtropicales, lo que significa que los países más cercanos al ecuador suelen tener más especies de murciélagos que los países del norte y del sur (regiones templadas) (Fenton y Simmons, 2015).

Actualmente se clasifican en dos subórdenes, los Yinpterochiroptera (yinpterochiropterans) y los Yangochiroptera (yangochiropterans). Anteriormente los murciélagos de forma diferente, reconociendo grupos llamados Megachiroptera y Microchiroptera. (Fenton y Simmons, 2015). Los cuales se describen de la siguiente manera: Los megachiroptera que consta de una sola familia, el Pteropodidae conformado por los llamados “zorros voladores”, son murciélagos exclusivamente frugívoros y nectarívoros, del Viejo Mundo (Mickleburgh *et al.*, 1992). El segundo grupo los Microchiroptera, constituido principalmente por murciélagos insectívoros, de tamaño pequeño, distribuidos en todos los continentes, excepto los polos, y con un sistema de ecolocalización basado en sonidos (Rodríguez-San Pedro *et al.*, 2014).

Estos términos ya no se utilizan porque los estudios evolutivos del ADN han demostrado que algunos "Microchiropteros" en realidad están más estrechamente

relacionado con los murciélagos frugívoros del Viejo Mundo que con otros murciélagos ecolocalizadores. La mayoría de los científicos utilizan ahora nombres Yinpterochiroptera y Yangochiroptera- derivados de "yin" y "yang" en la filosofía china para describir a los dos grupos principales de murciélagos (Fenton y Simmons, 2015).

Los murciélagos presentan una gran diversidad ecológica y diversidad de hábitos alimenticios, hay especies que se alimentan de insectos (insectívoros), frutas (frugívoros), vertebrados (carnívoras), polen y néctar (polinivoras / nectarívoras) y sangre (hematófagos) (Rodríguez-San Pedro *et al.*, 2014).

2.4. Importancia de los murciélagos

Desempeñan importantes funciones ecológicas como presa y depredador, supresión de artrópodos, dispersión de semillas, polinización, distribución de materiales y nutrientes, y reciclaje. Tienen grandes ventajas y desventajas en términos económicos. Los beneficios económicos obtenidos de los murciélagos incluyen el control biológico de plagas, la polinización de plantas, la dispersión de semillas, la extracción de guano y la medicina, el turismo estético en observación de murciélagos, y la educación e investigación. Solamente algunas especies tienen efectos negativos, causan daños en los seres humanos, el ganado, los cultivos agrícolas, los edificios e infraestructuras (Kasso & Balakrishnan, 2013).

2.5. Ecolocalización

Numerosas especies recopilan, comunican e interpretan información utilizando una amplia gama de señales sensoriales, que incluyen el oído, la vista, el olfato y el tacto (Altringham y Fenton, 2003), lo que les permite comunicarse y tener identidad (Cortes-Calva, 2013). Además, es utilizada como herramienta para su ubicación y sobrevivencia, razón por la cual sus sistemas auditivos han evolucionado

eficazmente. Uno de los procesos más interesantes desarrollados por estos sistemas biológicos, es la ecolocalización (Peña, 2010).

Los principios de la ecolocalización datan desde 1793 cuando el científico italiano Lazzaro Spallanzani realizó los primeros estudios e investigaciones en murciélagos el cual descubrió que estos volaban perfectamente estando ciegos. Posteriormente Louis Jurine de Ginebra descubrió que al tapar los oídos externos de los murciélagos causaba su desorientación total, concluyó que los murciélagos usan sus oídos para la navegación en la oscuridad total. (Griffin, 2001). Finalmente, Donald Griffin con posteriores investigaciones acuñó el término de ecolocalización (Griffin *et al.*, 1960).

La ecolocalización es un proceso físico en el cual generan señales de alta frecuencia (en su mayoría ultrasónicas) no audibles para los humanos, (Figura 2.1), en donde analizan los ecos que retornan para ubicarse en el espacio, detectar, caracterizar y localizar los objetos reflejados (Schnitzler y Kalko, 2001). Pero también tiene un gran potencial para la comunicación social (Knornschild *et al.*, 2012). Los microquirópteros utilizan una amplia gama de frecuencias de ecolocalización, desde alrededor de 10 kHz que no son audibles para el ser humano hasta más de 200 kHz (Fenton, 2004). Es una de las adaptaciones que hacen que los murciélagos tengan tanto éxito (Schnitzler y Kalko, 2001).

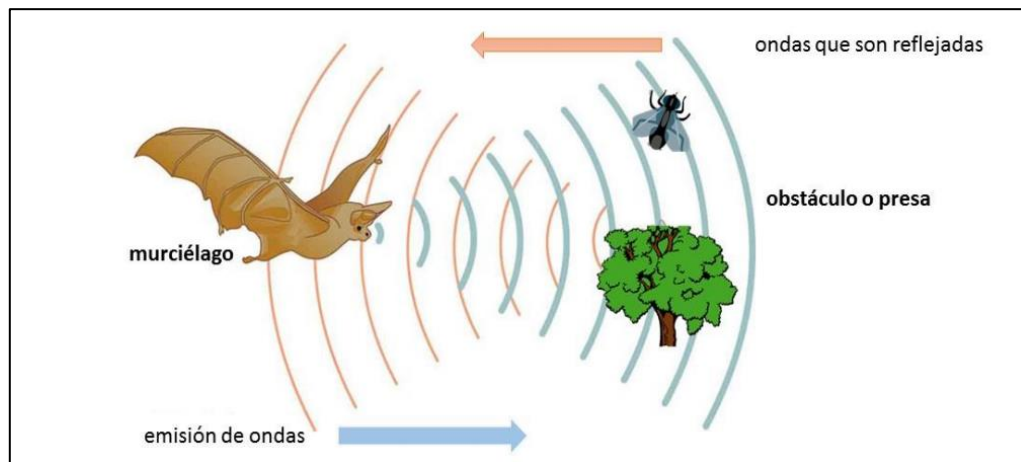


Figura 2.1 Representación del sistema de ecolocalización en los murciélagos (Ramos, 2014).

Durante la búsqueda de alimentos, los murciélagos realizan tres tareas indispensables, deben detectar, clasificar y localizar un insecto y diferenciar los ecos de la presa y los ecos no deseados. La ecolocalización proporciona toda la información para muchas especies, sin embargo, para otras especies es necesario utilizar otros sistemas sensoriales (Schnitzler y Kalko, 2001).

Schnitzler y Kalko (2001) enfatizan estas tareas de la siguiente manera:

- **Detección:** un murciélago debe decidir si ha recibido o no un eco de su propia señal de ecolocalización o si ha oído, visto o si ha oído, visto, olido o sentido algo que indica una presa u otros objetivos de interés. Sin embargo, es difícil conceptualizar la detección independientemente de la clasificación y la localización. Sin embargo, es difícil conceptualizar la detección independientemente de la clasificación y la localización.
- **Clasificación:** Los murciélagos clasifican los objetivos mediante información específica del eco u otras características que revelan su naturaleza. Las propiedades del objetivo, como el tamaño, la forma, el material y la textura se codifican en los complejos parámetros temporales y espectrales de un eco.
- **Localización:** la ecolocalización revela la posición de un objetivo por su alcance y por sus ángulos espaciales horizontales y verticales.

2.6. Murciélagos de Coahuila

Coahuila es uno de los estados de la república con mayor superficie, se ubica en el lugar tres después de los estados de Chihuahua y Sonora, cuenta con una extensión aproximada de 151 571 kilómetros cuadrados que representan el 7.7 % del territorio Nacional (INEGI 2016).

Las mastofauna de Coahuila están constituidas por 126 especies agrupadas en 69 géneros, 25 familias y ocho órdenes, 30 especies representan al orden Chiroptera

(murciélagos) integrados por cuatro familias y 18 géneros, lo que representa el 27.1 % de los mamíferos para el estado (Ramírez-Pulido *et al.*, 2018).

Sánchez-Salinas (2019) registró 17 especies de murciélagos al sur de Saltillo Coahuila mientras que Pérez-Ortiz (2019) registro 18 especies de murciélagos en tres tipos de vegetación en la sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, siendo estos, bosque de encino (Be), bosque de pino (Bp) y matorral montano (Mm).

De acuerdo a la norma oficial mexicana (SEMARNAT 2010) en Coahuila se encuentran 20 especies en alguna categoría de riesgo, dentro del orden Chiroptera.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción y ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en Buenavista Saltillo, al sur del Estado de Coahuila, entre las coordenadas 25° 21" de latitud norte y 101 ° 01" de longitud oeste (Figura 3.2), especialmente en las instalaciones de la Universidad Agraria Antonio Narro y parte de la reforestación de *Pinus halepensis* de la UAAAN en los límites de la zona sujeta a conservación ecológica Sierra de Zapalinamé ubicada al sureste del estado de Coahuila, siendo una superficie aproximada de 717.66 hectáreas.

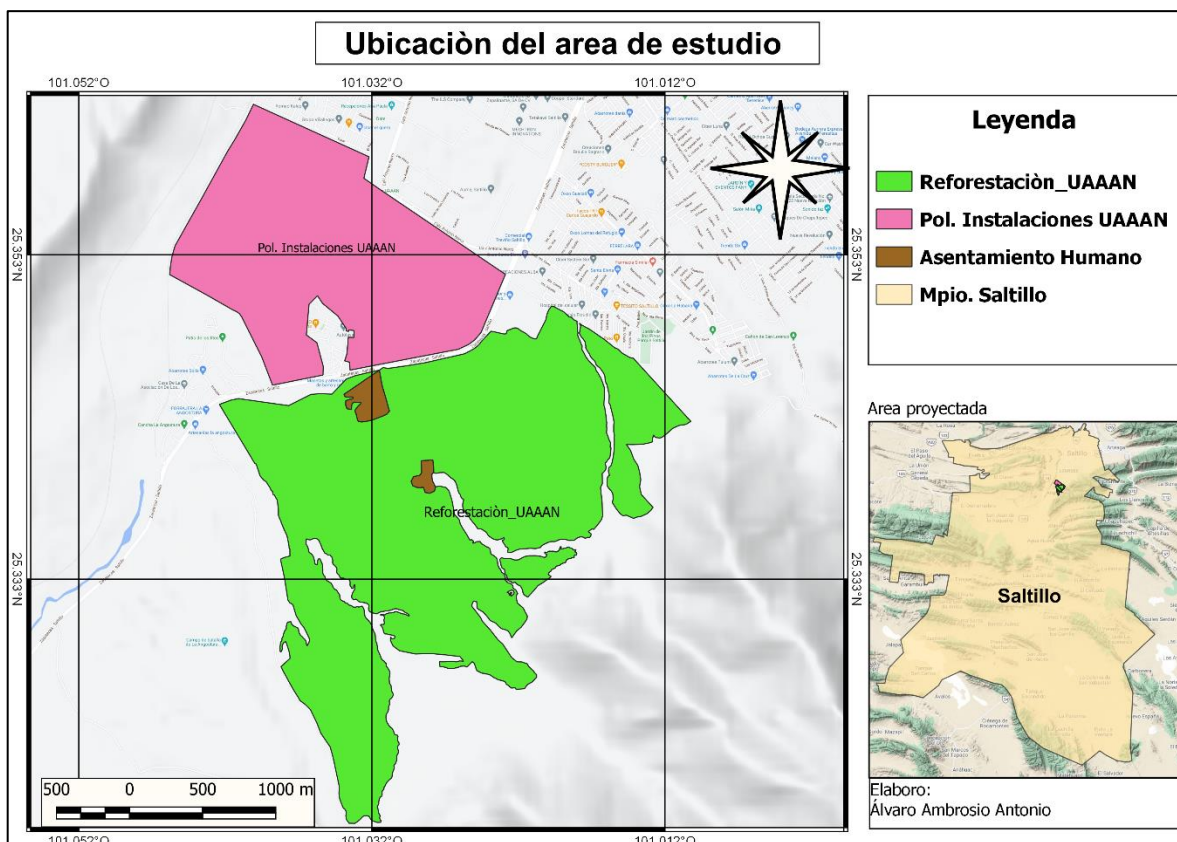


Figura 3.2 Ubicación del área de estudio. Polígono de las instalaciones de la UAAAN (elaboración propia), polígono de la reforestación tomada de Encina-Domínguez (2016).

3.1.1. Fisiografía

El área de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en conjunto con la reforestación se ubica dentro de la Provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, pertenecientes a dos Subprovincias que son; Subprovincia Pliegues Saltillo-Parras y Subprovincias Gran Sierra Plegada, el sistema de toposformas el cual se ubican son llanuras y sierra (INEGI, 2001).

3.1.2. Hidrología

El área de estudio se encuentra dentro de la Región Bravo Conchos (RH24), en la Cuenca Rio Bravo-San Juan (RH24B) y la subcuenca Rio San Miguel (RH24Be) (INEGI, 2010).

3.1.3. Clima

Tipo BSohw: Descripción de temperatura: Árido, semicálido, temperatura entre 18 °C y 22 °C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C.

Descripción de precipitación: Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (García, 1998).

3.1.4. Flora

El área de estudio se encuentra plegada a la zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé en donde se han clasificados las siguientes Comunidades vegetales: Bosque de encino, Bosque de oyamel, Bosque de pino, Bosque de piñonero, Chaparral montano, Matorral de arroyos, Matorral desértico micrófilo, Matorral desértico rosetófilo, Matorral de táscate, Vegetación riparia y Zacatal (Encina-Domínguez *et al.*, 2019).

Además, se han registrado en total 110 familias, 475 géneros, 921 especies y 9 categorías intraespecíficas de plantas vasculares. Las familias con mayor número de géneros y especies, respectivamente, son Asteraceae, Poaceae, Fabacea, Lamiaceae, Cactaceae, Euphorbiaceae, Pteridaceae y Brassicaceae. Los géneros con mayor número de especies son: *Muhlenbergia* (14) *Quercus* (14), *Salvia* (14) y *Ageratina* (13). El área alberga 10 especies endémicas de la región sureste del estado de Coahuila, junto con 21 especies consideradas raras por su escasa presencia en la zona (Encina-Domínguez *et al.*, 2016).

3.1.5. Fauna

La Sierra de Zapalinamé posee un listado de 931 especies de fauna, registradas por sus guardaparques, así como científicos y estudiantes colaboradores, entre los cuales se encuentran peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos e invertebrados, (PROFAUNA, 2021), los cuales se describen a continuación:

- Peces: Cuenta con un listado de 12 especies, lamentablemente solo tres son nativas y de estas, dos se encuentran en peligro de extinción de acuerdo con la Norma Oficial SEMARNAT 2010.
- Anfibios: Conformar un listado de cinco especies de anfibios, donde una es salamandra, una un sapo y tres son ranas. Destaca por su rareza y por ser la única especie de salamandra registrada para el área, *Chiropterotriton priscus*, mejor conocida como salamandra pie plano primitiva.
- Reptiles: se han registrado un total de 37 especies, de ellas 15 son de lagartijas, 21 de serpientes y una tortuga; aunque esta última es probable que haya sido liberada, al estar fuera de su área de distribución natural. Destaca entre las lagartijas la lagartija caimana de la Sierra Plegada *Gerrhonotus parvus*, la cual se creía endémica de Nuevo León. Entre las serpientes, las de cascabeles *Crotalus* son las más diversas, con cinco especies, destacando por ser la más común la serpiente de cascabel de cola negra *Crotalus molossus* y por ser la más pequeña la serpiente de cascabel pigmea *Crotalus pricei*.

- Aves: Aloja 275 especies que representa el 69% de las reportadas para el estado de Coahuila, de ellas, 30 se encuentran enlistadas en la NOM 059-SEMARNAT-2010.
- Mamíferos: En la actualidad se cuentan con un registro de 64 especies, siendo los roedores, el orden con mayor número. En este grupo se encuentra el animal silvestre más grande de la Sierra de Zapalinamé, el oso negro *Ursus americanus*, el cual además está catalogado como en peligro de extinción.
- Invertebrados: Teniendo actualmente un listado de 538 especies, incluyendo insectos, milpiés, arácnidos y otros animales. Entre ellos sobresalen los insectos, de los cuales existe un registro de 491 especies, seguido de los arácnidos con 33 especies. Uno de los invertebrados más inesperados es del género *Hydra*, los cuales son pequeños animales relacionados con las medusas, que, aunque miden tan solo unos pocos milímetros, son estupendos depredadores.

3.2. Trabajo de campo

Se realizaron grabaciones de los llamados de ecolocalización de los murciélagos dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), desde finales del mes de agosto hasta diciembre, siendo un total de ocho (8) muestreos, cuatro (4) muestreos realizados durante el periodo de luna llena y cuatro (4) en el periodo de luna nueva.

Se establecieron 14 puntos de muestreo dentro de toda la superficie del área de estudio, teniendo una separación mínima de 500 metros de un punto a otro (Figura 3.3), los cuales se consideraron puntos fijos de muestreo, además se instalaron redes de niebla en lugares estratégico (áreas con presencia de humedad, cuerpos de agua) en donde exista una mayor actividad de insectos que son alimento para los murciélagos insectívoros. Los muestreos se realizaron durante dos noches consecutivas en los periodos de luna llena y luna nueva.

Cuadro 3.1 Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo y redes de niebla.

Puntos de muestreo	Coordenadas	
	X	Y
P_01	-101.045523	25.352019
P_02	-101.040139	25.356192
P_03	-101.040621	25.36124
P_04	-101.034798	25.355859
P_05	-101.036991	25.350695
P_06	-101.030334	25.355054
P_07	-101.032328	25.351317
P_08	-101.025136	25.351912
P_09	-101.02753	25.347745
P_10	-101.033251	25.347702
P_11	-101.027196	25.339066
P_12	-101.033477	25.340992
P_13	-101.025344	25.343541
P_14	-101.02128	25.345845

Redes de niebla	Coordenadas	
	X	Y
Red_01	-101.044478	25.351276
Red_02	-101.036173	25.354839

Sistema de coordenadas: grados decimales.

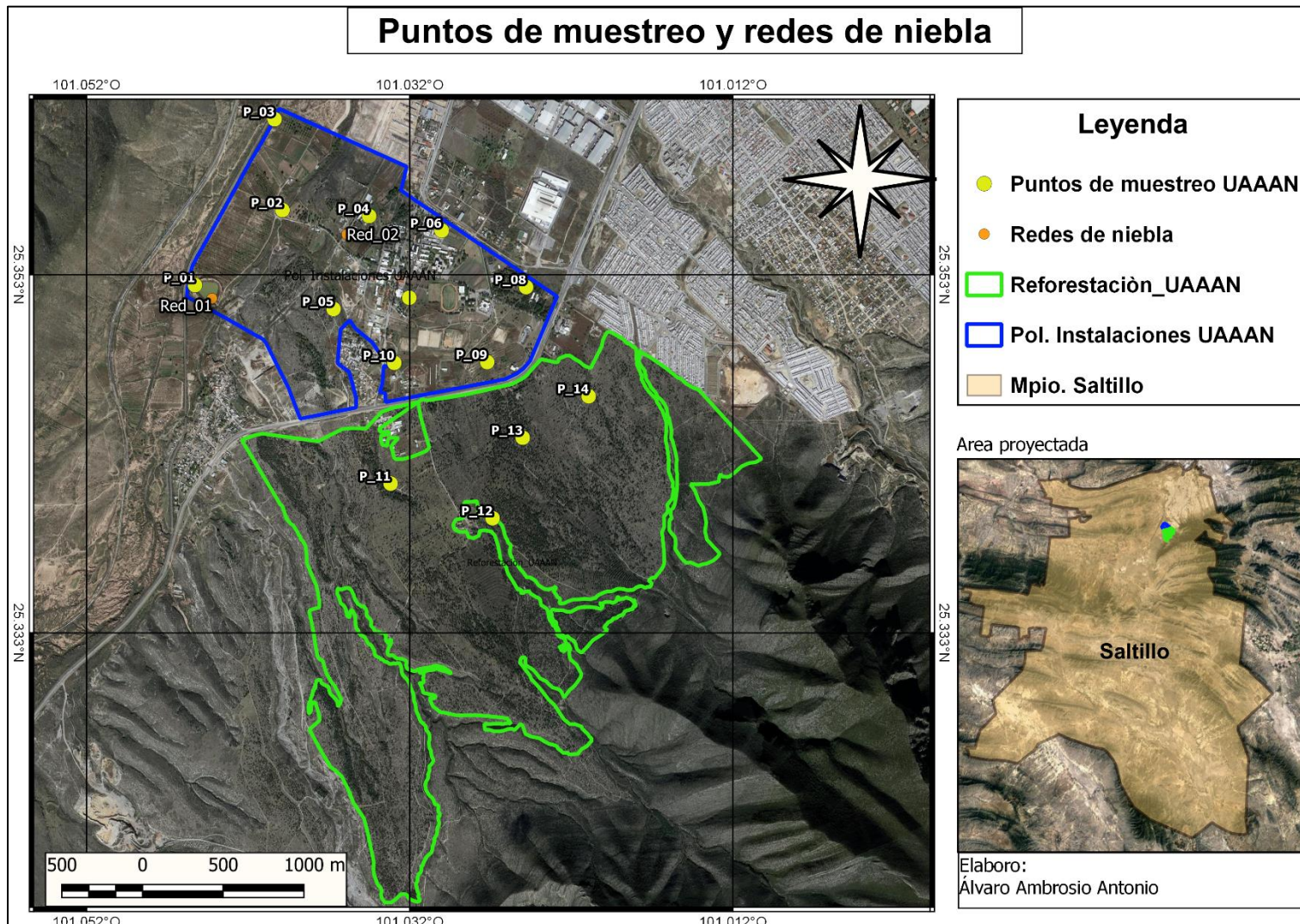


Figura 3.3 Ubicación de puntos de muestreo y redes de niebla (Elaboración propia).

3.3. Grabación de la actividad de los murciélagos

En cada punto de muestreo se realizó una grabación por un periodo de diez minutos utilizando un detector acústico Echo Meter Touch 2 para Android, en conjunto con la Aplicación Echo Meter Touch. El detector de ultrasonidos se conecta directamente al Smartphone, esto permite escuchar a los murciélagos en tiempo real y grabarlos en el dispositivo. Las grabaciones realizadas por el Echo Meter Touch 2 se guardan directamente en el dispositivo Android con un formato de grabación WAV (Waveform Audio File Format) y estas se transfieren a un ordenador para su posterior análisis.

En cada punto de muestreo se tomaron datos ambientales: temperatura (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s), esto con la ayuda de un Anemómetro Multi-función LT-LM8010, la dirección del viento (m/s) se determinó con una brújula, también se consideraron las condiciones del cielo (nubosidad) y la vegetación existente en cada punto.

3.4. Captura de murciélagos

Durante las noches de muestreo se instalaron redes de niebla en zonas con presencia de humedad o agua, donde se encuentra una mayor actividad de insectos, alimento para murciélagos insectívoros.

Se instalaron dos redes de niebla por cada noche de muestreo en las dos fases lunares, una con medidas de 2.5 m X 3 m y otra de 2.5 m X 6 m, quedando activas desde las 19:00 horas hasta las 00:00 horas, estos eran revisadas por intervalo de 30 minutos, siendo un total de 16 redes de niebla establecidos durante el periodo de muestreo.

3.5. Análisis de datos

Cada grabación fue analizada con el software BatSound Pro–Sound Analysis, Versión: 3.31b (Pattersons Elektronik 1996-2001), software especializado en el análisis de señales ultrasónicas, se descartaron aquellas grabaciones que tuvieran pulsos de buzz de caza, sonidos con interferencias considerables, sonidos débiles o distorsionados. Se prosiguió a analizar el oscilograma y el espectrograma de cada pista bajo las siguientes configuraciones: FFT (Fourier Fast Transform), Hanning; sobreposición FFT: 1024 samples, milliseconds per plot = 15000.

De cada grabación se realizó la medición de cinco (5) pulsos aleatorios, durante la fase de búsqueda, registrando los siguientes parámetros: Frecuencia Máxima (Fmax, kHz), Frecuencia Mínima (Fmin, kHz), Frecuencia media (Fmed, kHz), duración del pulso (milisegundos) y el intervalo (tiempo entre un pulso y otro en milisegundos), para todas ellas se calculó la media, máximo, mínimo y la desviación estándar de todos los pulsos de todos los individuos, por especie (Figura 3.4).

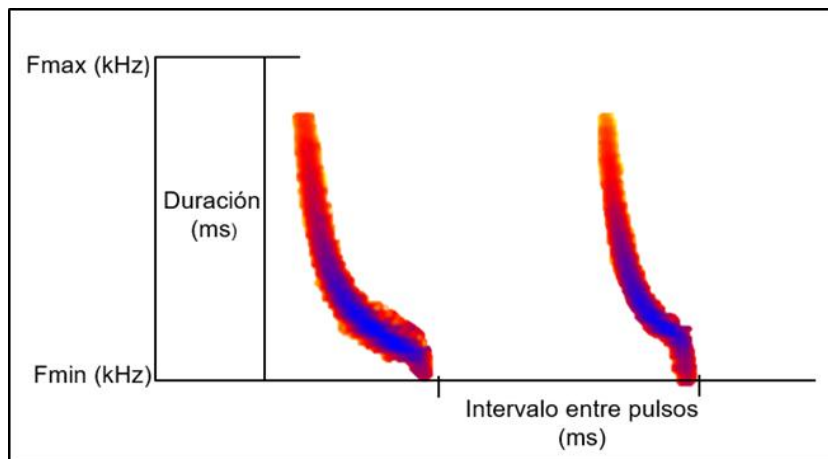


Figura 3.4 Parámetros analizados en un pulso (Elaboración propia).

3.6. Identificación de especies

Teniendo todas las medidas de las características descritas anteriormente se procedió a identificar las especies, en donde fue necesario recurrir a la búsqueda de información sobre estudios o investigaciones realizados con llamados de

ecolocalización de murciélagos a nivel regional, estatal y nacional, en el Municipio de Saltillo Coahuila.

Los trabajos que sirvieron como referencia son los de: Ortiz-Badillo, 2015; Pérez-Ortiz, 2019; Sánchez-Salinas, 2019; Ayala-Berdon *et al.*, 2021; Bachen *et al.*, 2018; Zamora-Gutiérrez *et al.*, 2016; León-Tapia & Hortelano-Moncada 2015; MacSwiney *et al.*, 2008.

3.7. Curva de acumulación de especies

Para evaluar la calidad de muestreo, se realizó una curva de acumulación de especies, utilizando los registros de los individuos obtenidos mediante la grabación acústica, mediante el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013), realizando una combinación aleatoria de 100 veces por segundo, de donde se obtuvo una matriz con un valor en cada estimador, posteriormente estos datos se procesaron en el Software STATISTICA, 7.0 (StatSoft Inc 2004), en donde se generó la curva de acumulación de especies utilizando el modelo de Clench, mediante la relación entre el esfuerzo de muestreo (puntos de muestreo) y el número de especies encontradas (Riqueza) (Moreno, 2001; Jiménez y Hortal, 2003). La ecuación es de la siguiente forma:

$$E(S) = \frac{ax}{1 + bx}$$

Donde:

$E(S)$ = número de especies acumuladas

a = la ordenada del origen, representa la tasa de incremento de la lista al inicio del inventario

b = pendiente de la curva

X = número de especies acumuladas

En donde la probabilidad de agregar nuevas especies mejorará (hasta un máximo) a medida que se pase más tiempo en el campo (Soberón & Llorente, 1993).

También se calculó la calidad del inventario, con las especies observadas, en cada fase lunar, mediante la siguiente fórmula:

$$S_{obs}/(a/b)$$

S_{obs} = Número total de especies registradas

a, b = Parámetros obtenidos de la función de Clench

3.8. Índices de diversidad

Los índices de diversidad tienen el propósito de estimar la cantidad de especies existentes en una localidad a partir de información parcial, comparar biológicamente diferentes localidades o evaluar el reparto de recursos entre las distintas especies de lo que suele denominarse una comunidad (Moreno, 2001). Cada uno de los índices busca caracterizar la diversidad de una muestra o comunidad mediante un solo número (Marrugan, 1988). Los cálculos de los índices de diversidad se determinaron mediante el Software PAST 4.03.

3.8.1. Diversidad alfa (Índice de Margalef)

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea (Moreno, 2001), para esta investigación la diversidad *alfa* fue estimada con base a la riqueza específica, en la cuantificación del número de especies que se registraron mediante las grabaciones acústicas en cada una de las fases de la luna (nueva y llena), utilizando el índice de Margalef, cuya fórmula se presenta a continuación:

$$D_{Mg} = \frac{(s-1)}{\ln(N)}$$

Dónde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Menciona que los valores inferiores a 2 representan zonas de baja diversidad de especies, por el contrario, valores cercanos a cinco o superiores, son indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1951. Tomado de Mora-Donjuan *et al.*, 2017).

3.8.2. Diversidad beta (índice de Similitud de Jaccard)

La diversidad *beta* es el grado o remplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Moreno, 2001). Se calculó mediante el coeficiente de similitud de Jaccard, que considera las especies que tienen en común dos muestras diferentes en este caso las dos fases lunares y el número de especies total que tiene cada una. Se calculó con la siguiente formula:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

Ij = Índice de Similitud de Jaccard.

a = número de especies de la muestra A.

b = número de especies de la muestra B.

c = número de especies en común.

4. RESULTADOS

4.1. Riqueza específica

Se registraron en total 1,120 minutos de grabación, en cuanto a las redes de niebla, el esfuerzo consistió en 180 m²/red/hora, sin embargo, no se registró ninguna captura. Del total de los llamados, 300 corresponden a sonidos de ecolocalización, pertenecientes a dos familias: Vespertilionidae y Molossidae, ocho géneros y 14 especies, siendo la familia Vespertilionidae la más representativa con 11 especies que constituye el 78.6 % de la riqueza total de las especies identificadas, mientras que la familia Molossidae el 21.4 %, tres especies, esto durante los meses de agosto-diciembre de 2020.

Cuadro 4.2 Diversidad de especies en noches de luna llena y luna nueva en campus UAAAN.

Gremio	Familia	subfamilia	Nombre científico	
Insectívora	Molossidae	Molossinae	<i>Eumops perotis</i>	
			<i>Molossus molossus</i>	
			<i>Tadarida brasiliensis</i>	
	Vespertilionidae	Vespertilionidae	<i>Antrozous pallidus</i>	
			<i>Corynorhinus townsendii</i>	
			<i>Lasiurus blossevillii</i>	
			<i>Lasiurus borealis</i>	
			<i>Lasiurus cinereus</i>	
			<i>Lasiurus intermedius</i>	
			<i>Lasiurus xanthinus</i>	
			<i>Parastrellus hesperus</i>	
			Myotinae	<i>Myotis californicus</i>
				<i>Myotis thysanodes</i>
				<i>Myotis yumanensis</i>

Se elaboró un catálogo de los pulsos de las especies registradas, en las dos fases lunares, en la UAAAN. (Figura 4.5).

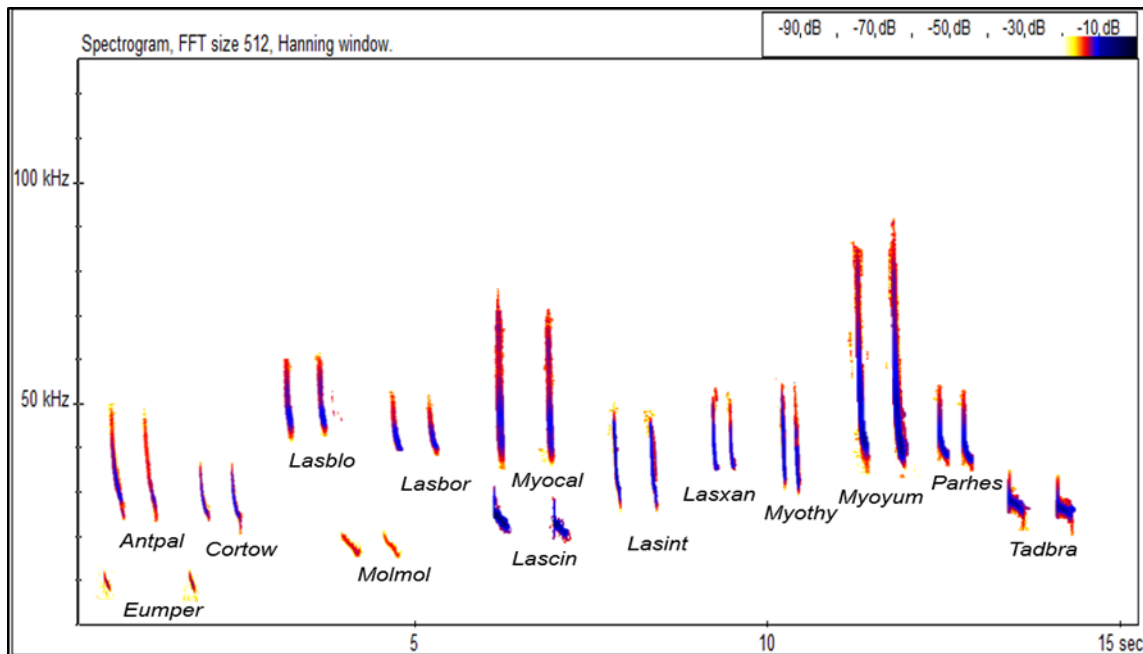


Figura 4.5 Llamados de ecolocalización para 14 especies de murciélagos insectívoros aéreos, elaborados a partir del Programa BatSound Pro 3.31b. El eje de las (“X”) corresponde a los milisegundos y el eje de las (“Y”) a KHZ, las especies son: Antpal: *Antrozous pallidus*, Cortow: *Corynorhinus townsendii*, Lasblo: *Lasiurus blossevillii*, Lasbor: *Lasiurus borealis*, Lascin: *Lasiurus cinereus*, Lasint: *Lasiurus intermedius*, Lasxan: *Lasiurus xanthinus*, Myocal: *Myotis californicus*, Myoathy: *Myotis thysanodes*, Myoyum: *Myotis yumanensis*, Parhes: *Parastrellus hesperus*, Eumper: *Eumops perotis*, Molmol: *Molossus molossus*, y Tadbra: *Tadarida brasiliensis*.

4.2. Representatividad

La fase de luna nueva fue el que mostro el mayor nivel de riqueza con 14 especies, constituyendo el 100 % de las especies encontradas en el estudio, mientras que 11 especies (78.6 %) en luna llena (Cuadro 4.3), sin embargo, la mayor abundancia se registró durante la luna llena con 176 individuos y para la luna nueva se reconocieron 131 individuos.

Cuadro 4.3 Riqueza y abundancia de especies en las fases lunares.

Nombre científico	Luna llena	Luna nueva	Total
<i>Eumops perotis</i>	17	2	19
<i>Molossus molossus</i>	0	1	1
<i>Tadarida brasiliensis</i>	45	30	75
<i>Antrozous pallidus</i>	0	2	2
<i>Corynorhinus townsendii</i>	4	2	6
<i>Lasiurus blossevillii</i>	1	3	4
<i>Lasiurus borealis</i>	24	4	28
<i>Lasiurus cinereus</i>	50	39	89
<i>Lasiurus intermedius</i>	0	3	3
<i>Lasiurus xanthinus</i>	3	2	5
<i>Parastrellus hesperus</i>	4	2	6
<i>Myotis californicus</i>	13	21	34
<i>Myotis thysanodes</i>	4	8	12
<i>Myotis yumanensis</i>	11	12	23
Riqueza	11	14	14
Abundancia	176	131	307

4.3. Curva de acumulación de especies y eficiencia de muestreo

Con base a los resultados de la curva de acumulación de especies en las fases lunares, se observa una asíntota definida para las dos fases, registrando la riqueza de especies en cada muestreo, incorporando nuevas especies al inventario en relación a los puntos de muestreo. A continuación, se analiza la curva de acumulación de especies en cada fase lunar.

Al ajustar los individuos observados con el modelo de Clench mediante el software estadístico STATISTICA 7.0, se obtuvo los siguientes parámetros. Para los muestreos en noches de luna llena (Figura 4.6) ($a= 9.88564$, $b= 0.82601$ y $r^2 = 0.99926$) y el valor del esfuerzo de muestreo fue de 92%.

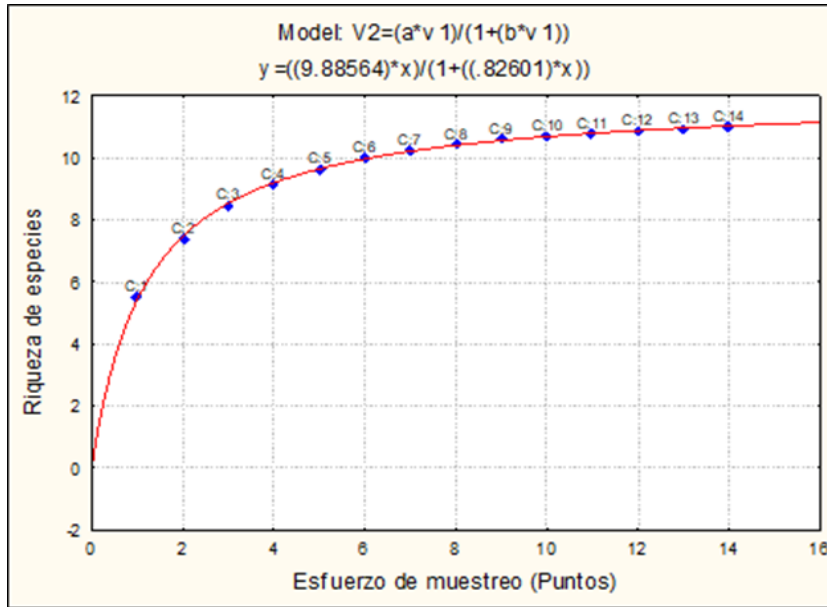


Figura 4.6 Curva de acumulación de especies en fase de luna llena.

Por otro lado, se observa una curva con una tendencia asíntota a medida que se acumulan los puntos de muestreo (Figura 4.7), los parámetros obtenidos para la luna nueva es de ($a= 6.10029$, $b= 0.361644$ y $r^2 = 0.99491$), con un valor de esfuerzo de muestreo del 83%.

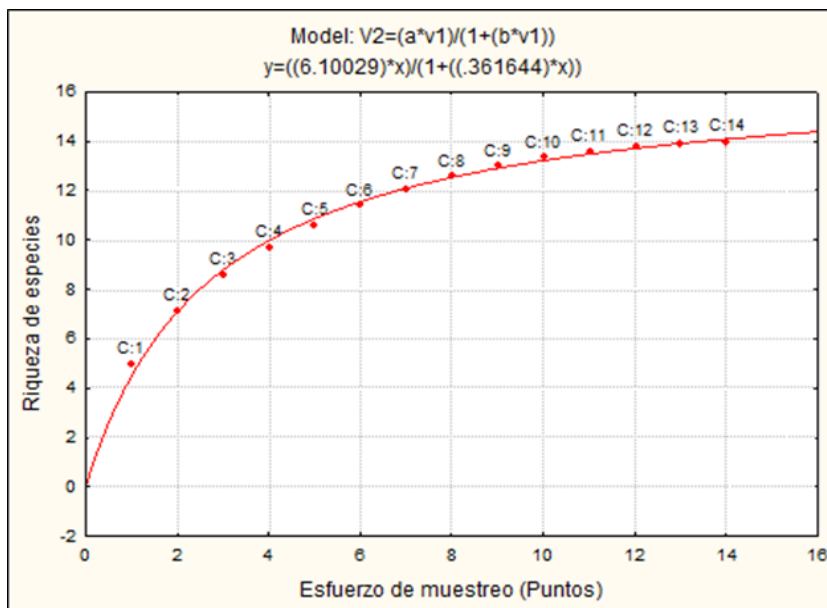


Figura 4.7 Curva de acumulación de especies en fase de luna nueva.

Para observar el comportamiento de las especies en las dos fases lunares, en la Figura 4.8, se observa la mayor cantidad de registros de cada uno de ellos, podemos distinguir, en qué fase lunar presentan su mayor o menor abundancia.

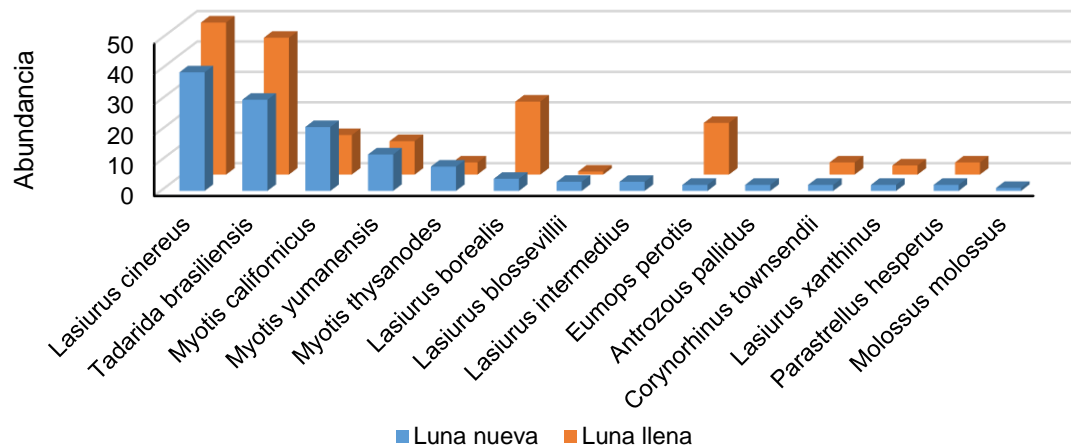


Figura 4.8 Comparación de la abundancia de especies por fase lunar.

4.4. Abundancia de especies y especies raras

En el estudio se observa de forma general la especie *Lasiurus cinereus* como la especie más abundante con un total de 89 registros identificados en las dos fases lunares. Otras especies que sobresalen en el estudio son: *Tadarida brasiliensis* con 75 individuos, *Myotis californicus* 34 individuos, *Lasiurus borealis* 28 individuos. Al analizar los datos por fases lunares se observó que *Lasiurus cinereus* y *Tadarida Brasiliensis* fueron las especies más abundaron en ambas fases lunares. En el Cuadro 4.4 se muestra lo antes descrito.

Cuadro 4.4 Especies dominantes por fases lunares

Fase lunar	Especie	Cantidad
Luna nueva	<i>Lasiurus cinereus</i>	50
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	45
	<i>Lasiurus borealis</i>	24
Luna llena	<i>Lasiurus cinereus</i>	39
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	30
	<i>Myotis californicus</i>	21

En el Cuadro 4.5, muestra las especies que fueron poco comunes o raras para el estudio, representados por uno y dos individuos, según la fase lunar. En luna nueva se registraron seis (6) de especies poco comunes: *Antrozous pallidus*, *Corynorhinus townsendii*, *Eumops perotis*, *Lasiurus xanthinus*, *Parastrellus hesperus* *Molossus Molossus* y solamente una especie en luna llena, *Lasiurus blossevillii*. *Molossus Molossus*, se considera más rara, es la única especie que no se repite en otra fase lunar.

Cuadro 4.5 Especies raras por fase lunar

Fase lunar	Especie	Cantidad
Luna llena	<i>Lasiurus blossevillii</i>	1
	<i>Antrozous pallidus</i>	2
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	2
	<i>Eumops perotis</i>	2
Luna nueva	<i>Lasiurus xanthinus</i>	2
	<i>Parastrellus hesperus</i>	2
	<i>Molossus molossus</i>	1

4.5. Grafica de Rango-abundancia

En la curva de rango-abundancia (Figura 4.9), en el eje “X” se ordenan las especies de acuerdo a la fase lunar correspondiente, de las más abundantes hasta las más raras y en el eje “Y” el número en abundancia de las especies. Las curvas de rango-abundancia coinciden en mostrar una dominancia de dos especies para ambas fases lunares: *Lasiurus cinereus* que representa el 29% y *Tadarida brasiliensis* con el 24.4% de la abundancia relativa total. Posteriormente para la luna llena se presenta la especie *Lasiurus borealis* (9.1 %) y *Eumops perotis* (5.5 %), mientras que en la luna nueva se muestra a *Myotis californicus* (6.8 %) y *Myotis Yumanensis* (3.9%) de la abundancia relativa total. Asimismo, se observa mayor cantidad de especies dentro de la categoría de raras en la fase de luna nueva, de las cuales no se presentan en la luna llena.

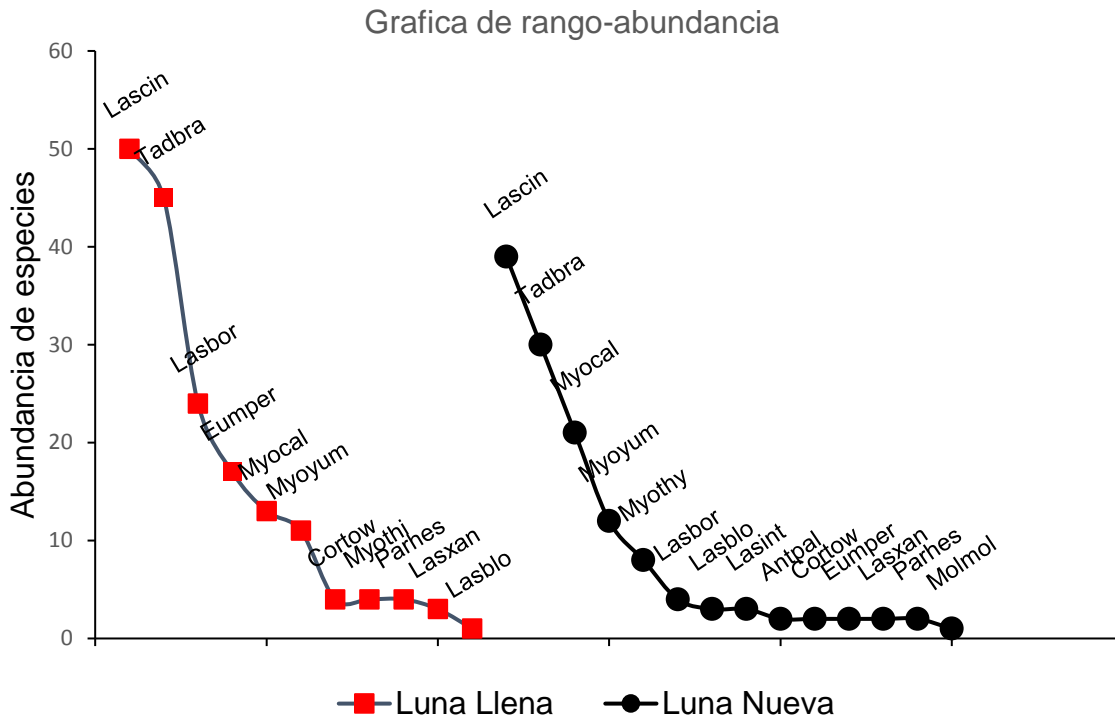


Figura 4.9 Gráficas de rango-abundancia de las especies registradas en las dos fases lunares en la UAAAN. Las abreviaturas de los nombres de cada especie se presentan en la figura 4.5.

4.6. Índices de diversidad

4.6.1. Diversidad alfa (α) Índice de Margalef

El valor de cálculo obtenido para la luna llena es de 1.934 (Cuadro 4.6), indicando una diversidad baja de murciélagos, entre tanto, para la luna nueva se obtuvo un valor de 2.667, un rango de diversidad media.

Cuadro 4.6 índice de diversidad de Margalef

	Luna llena	Luna nueva
Riqueza	11	14
Índice de Margalef	1.934	2.667

4.6.2. Diversidad beta (β) Índice de similitud Jaccard

Nos permite realizar una comparación de diversidad de murciélagos en las dos fases lunares, basados en la presencia o ausencia de las especies.

Los valores obtenidos por el índice de Jaccard, son interpretados en porcentajes, en el Cuadro 6, se representa el resultado de este análisis, donde se puede observar que entre ambas fases lunares se comparte un 78.57 % de similitud de especies, siendo estos las especies que se identificaron en las dos fases lunares: *Lasiurus cinereus*, *Tadarida brasiliensis*, *Lasiurus borealis*, *Eumops perotis*, *Myotis californicus*, *Myotis yumanensis*, *Corynorhinus townsendii*, *Myotis thysanodes*, *Parastrellus hesperus*, *Lasiurus xanthinus* y *Lasiurus blossevillii*.

Cuadro 4.7. Índice de similitud de Jaccard

	Luna llena	Luna nueva
Luna llena	*	0.7857
Luna nueva	0.7867	*

4.7. Abundancia de especies en áreas de forrajeo

Se determinó la abundancia de las especies en tres diferentes tipos de áreas de acuerdo las características de cada punto de muestreo, quedando de la siguiente manera: áreas arboladas, áreas abiertas y área de edificios. Los 14 puntos de muestreo se clasifican en el Cuadro 4.9, de acuerdo a la Figura 3.3.

Cuadro 4.8 Clasificación de los puntos de muestreo

Áreas arboladas	Áreas abiertas	Área de edificios/casas
P_08	P_01	P_04
P_11	P_02	P_06
P_12	P_03	P_07
P_13	P_05	P_09
P_14	P_10	

Haciendo la sumatoria de la abundancia de las especies registradas en cada punto de muestreo, de acuerdo al área al que se clasificó, se obtuvieron los resultados presentados en el Cuadro 4.9, los puntos en las zonas abiertas fue la que presentó la mayor abundancia de especies, siguiendo el áreas con edificios y la menor abundancia se registró en las áreas arboladas.

Cuadro 4.9 Abundancia de especies en las diferentes áreas clasificadas.

	Fase lunar		Total general
	Llena	Nueva	
Áreas arboladas	34	39	73
Áreas abiertas	81	43	124
Áreas con edificios/casas	61	49	110

5. DISCUSIÓN

5.1. Riqueza

Del total de las especies registradas, el 100%, son resultados de la detección acústica. Los detectores acústicos se han vuelto una excelente herramienta, para el inventario de los murciélagos, Pech-Canché *et al.* (2010) afirma que, en regiones Neotropicales, existe un incremento de un 40% de especies, comparado con los métodos de captura tradicionales. En regiones con ecosistemas secos y urbanizados, demuestran ser una metodología eficiente para determinar la riqueza de especie de murciélagos (Mena *et al.*, 2021), características similares que se presenta en la región del área de estudio. En Durango, Rascón-Escajeda, (2010), haciendo uso de detectores acústicos registro 16 especies, pertenecientes a la familia Vespertilionidae y Molossidae, mismas familias que se identificaron en este estudio, reconociendo que los detectores acústicos, son efectivos para la investigación de estas familias.

En el estado de Coahuila, Espinosa-Martínez *et al.* (2018), reporta 29 especies, los cuales la mayoría pertenecen al gremio insectívora a excepción de dos que son polinivoras, en este estudio se identificaron 14 especies insectívoras, en ambas fases lunares representando el 48.3 % de los quirópteros del estado.

La familia Vespertilionidae representa el 78.6 % y Molossidae el 21.4% del total de las especies identificadas en las fases lunares, son las dos familias representativas para este estudio, resultados similares obtuvo Sánchez-Salinas (2019), en el Cañón de San Lorenzo, zona colindante con el área del presente estudio al registrar 17 especies de las familias Vespertilionidae y Molossidae. En la misma región Pérez-Ortiz (2019), identificó 18 especies, pertenecientes a dos familias, al determinar y

comparar la diversidad de murciélagos en tres tipos de vegetación: Bosque de encino, Bosque de pino y Matorral montano, obteniendo el mismo patrón, la familia Vespertilionidae presentó mayor abundancia con 15 especies y Molossidae tres. Según el análisis de la riqueza específica, se pudo observar que la fase de luna nueva presentó mayor cantidad de especies (14), contraria a la luna llena con 11 especies. Resultados similares presentó Coria-Villegas, (2014) en los que registró para la luna llena siete especies mientras que en la luna nueva nueve especies.

5.2. Abundancia

En el análisis de la abundancia para cada una de las fases lunares, Coria-Villegas (2014) y Vásquez *et al.* (2020), demuestran que en la fase de luna nueva se presenta una mayor abundancia, comparados con la fase de luna llena, en este estudio se obtuvieron resultados contradictorios, ya que se registró una mayor abundancia de especies en noches de luna llena, siendo las especies: *Lasiurus cinereus*, *Tadarida brasiliensis*, *Lasiurus borealis*, *Eumops perotis*, *Corynorhinus townsendii*, *Parastrellus hesperus* y *Lasiurus xanthinus* las que presentaron mayor abundancia. Esto puede deberse a las condiciones del área, época de muestreo, ubicación geográfica, condiciones climáticas y principalmente la ecología de la especie.

A nivel de especies, los resultados en la gráfica rango-abundancia (Figura 4.9), indican que *Lasiurus cinereus* con 89 individuos, es la especie con mayor número de registros, considerando como la especie más dominante, presenta una amplia distribución en América, desde Canadá hasta Argentina y Chile (Wilson & Reeder, 2005). En México, se distribuye todos los estados de la república (Sánchez-Cordero *et al.*, 2020). Utilizan preferentemente áreas abiertas para forrajear, como zonas de cultivo y zonas húmedas, pero también utiliza corredores dentro de áreas boscosas (Menzel *et al.*, 2005). Otra especie que sobresale es *Tadarida brasiliensis*, que no muestra fobia lunar, resultado similar obtenido por Vásquez *et al.* (2020), el cual aumentó significativamente su actividad al aumentar la luz. Tiene una amplia

distribución y variedad de hábitats, desde los desiertos hasta los bosques de pino-encino y las áreas urbanas. (Moreno-Valdez, 1996). El estudio reporta además, especies poco comunes, uno o dos individuos registrados por fase lunar, entre los que se destacan *Molossus molossus*, registrado solo la fase de luna nueva.

Esta especie se distribuye en los estados del sur, registrándose hasta los límites de Coahuila, realiza actividades de caza en áreas abiertas, tiene una gran adaptación cualquier zona, refugiándose en huecos de árboles, paredes de roca, edificios abandonados, techos, otros. (Sánchez-Cordero, 2020).

Las tres especies del género *Myotis* (*Myotis californicus*, *Myotis thysanodes* y *Myotis yumanensis*) y *Lasiurus blossevillii*, son las que presentaron fobia lunar, una disminución de sus comportamientos con la luminosidad lunar. Probablemente, por el tamaño de las especies del género *Myotis*, podrían ser presas fáciles para sus depredadores, ya que son de un tamaño muy pequeño (Bianconi y Pedro, 2007, tomado de Lutz *et al.*, 2016). Reith (1982), registró que la luz de la luna hizo que *Myotis yumanensis* disminuyera su actividad, volando solamente en las sombras, bajo el dosel de los árboles, evitando a sus depredadores. La distribución de *L. blossevillii* incluye el hemisferio norte desde Canadá hasta Panamá y todos los países del hemisferio sur (Olmedo *et al.*, 2020). Gómez *et al.* (2020), registró la actividad de esta especie por encima del dosel de los árboles, probablemente la disminución de esta especie se debe a que pueden ser presas fáciles a sus depredadores. Por otro lado, Jung & Kalko (2010), describió que *L. blossevillii* disminuía su alimentación y esta se alejaba de la vegetación durante la luna llena.

5.3. Índices de diversidad

Para la diversidad alfa, según el índice de Margalef, la fase de luna llena representó una baja riqueza de especies (1.934), mientras la luna nueva tuvo una diversidad media (2.667), a comparación con los resultados presentados por Ortiz-Badillo (2015), El Bosque de Pino-Encino (1600 msnm), en el municipio de Iturbide, Nuevo León, contó con la mayor riqueza de especies (16), un índice de diversidad de 15.82,

siendo un área de alta biodiversidad. Mientras que Pérez-Ortiz (2019) y Sánchez-Salinas (2019), obtuvieron valores similares al del presente estudio, rangos de biodiversidad baja y media. Tshering (2020), en Bhutan, encontró en un hábitat forestal una mayor riqueza de especies (1.34) seguida de asentamientos (1.12) y la menor en cuevas y casas abandonadas (0), en donde la familia Vespertilionidae fue la segunda familia con mayor captura. Sin embargo, no se encuentran investigaciones sobre estudios de murciélagos acerca de la fobia lunar, en especies de zonas templadas, por lo que no se puede tener una comparación concreta de resultados (Saldaña-Vázquez y Munguía-Rosas, 2013).

El índice de Jaccard (diversidad beta), no se encontraron diferencias significativas, las dos fases lunares comparten una similitud de especies del 78.6 %. Resultados similares obtuvo Sánchez-Salinas (2019), en el cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, al comparar la similitud en tres meses de investigación obteniendo un valor máximo de 0.706 y un mínimo de 0.625.

5.4. Abundancia de especies en áreas de Forrajeo

El 40.4 % (124 individuos), fue la mayor abundancia el cual se registró en las áreas abiertas, posteriormente el 35.8 % (110 individuos) se registró en las áreas con edificios/casas y finalmente las áreas boscosas fue donde se registró la menor abundancia de individuos (73). En una región subtropical de Sur de Brasil, la abundancia de especies registradas en áreas abiertas fue de 399 individuos, mientras que en zonas boscosas/arboladas se capturaron 242 individuos (Dos Reis y Muller, 1995). A pesar de ser una región subtropical y el presente pertenece a una región templada, se consiguió el mismo patrón, mayor abundancia en áreas abiertas.

García-Méndez *et al.* (2014), registró una mayor abundancia de murciélagos en una zona urbana a comparación de un área no urbana, comparando los resultados con el presente estudio, el área con edificios, se considerará como zona urbana, el cual

presentó una mayor abundancia en comparación con el área arbolado (zona no urbana).

En la cuenca baja del río Nazas, Durango, Rascón-Escajeda (2010), realizó una agrupación de murciélagos de acuerdo su estrategia de alimentación, en los cuales se presentaron cuatro especies considerados como forrajeadores aéreos de bosque y cuatro forrajeadores aéreos de áreas abiertas, no hubo diferencias en la riqueza de especies, sin embargo la abundancia que se presentó fue de 65 individuos en áreas abiertas mientras que para los forrajeadores en bosque fue de 36 individuos, mismos resultados se obtuvieron en esta investigación, la abundancia de individuos fue mayor en áreas abiertas (124 individuos) a comparación de áreas con arbolado o boscosas (73 individuos).

5.5. Otros factores que intervienen en la fobia lunar

Coria-Villegas (2014) afirma que el fenómeno de fobia lunar, se puede diferenciar según al gremio trófico al que pertenecen, demostrando que los murciélagos frugívoros presentaron una disminución significativa en su proporción en noches de luna llena. Las especies registradas en este estudio, el 100% pertenecen al gremio insectívora, donde la mayor abundancia se registró en la fase de luna llena (176 individuos) que en luna nueva (131 individuos), determinando que la luz de la luna no influyó en el comportamiento de ciertas especies. Reith (1982), registró resultados similares en Nuevo México, en donde murciélagos del gremio insectívora, no disminuyeron su actividad independientemente de la cantidad del reflejo de la luz de la luna.

Saldaña-Vázquez y Munguía-Rosas, (2013), apuntan que la fobia a la luna se ha descrito principalmente para especies tropicales, con muy pocos registros en ambientes templados. Recalcando y concordando que las especies del estado de Coahuila, la mayoría tienen afinidades neárticas y un mínimo porcentaje pertenecen a la afinidad neotropicales y mesoamericana (Espinosa-Martínez *et al.* 2018), nuestros resultados demuestran que las especies de este estudio de una zona

adyacente a zonas templadas, exponen que la mayoría de las especies no presentan fobia lunar, solo un 28.6 % (cuatro especies) disminuyeron su comportamiento con la luz de la luna.

En Chile central, se realizó una investigación en cuanto a murciélagos insectívoros de regiones templadas, demostrando una disminución en sus niveles de actividad con el incremento en la luminosidad lunar en comparación con noches de luna nueva (Vásquez-Juasida, 2019), comparando los resultados obtenidos en este estudio sobre especies de regiones templadas, la mayoría de las especies no presentaron disminución en sus actividades en la luna llena, concordando con lo sugerido por Saldaña-Vázquez y Munguía-Rosas, (2013). Sin embargo, esto no se puede generalizar para todas las especies insectívoras, ya que cada especie varía su comportamiento y en sus condiciones particulares (Morrison, 1978).

La latitud, es otro factor, el cual Saldaña-Vázquez y Munguía-Rosas, (2013), afirma está relacionada positivamente con la fobia a la luna, es mayor en ecosistemas cercanos al ecuador, no obstante, faltan estudios para las regiones que se encuentra ubicados del 25° a 45° latitud en ambos hemisferios para comprobar si este efecto es significativo. La ubicación del presente estudio se encuentra en la latitud en los 25°, el cual arroja que un 28.6 % de las especies, disminuyeron su actividad en luna llena, comprobando que la latitud tiene un efecto en la fobia lunar de los murciélagos.

La urbanización puede reducir la riqueza de especies, sin embargo, la presencia de áreas verdes dentro de las ciudades y áreas rurales periféricas en ecosistemas áridos puede proporcionar micro hábitats para algunas especies (Mena *et al.*, 2021). En los altos de Chiapas, México, se evaluó la riqueza de especies y patrones de actividad de los murciélagos insectívoros, en diferentes condiciones de urbanización: zonas urbanas, no urbanas y forestales, en los cuales se registraron 14 especies. En particular, las especies de murciélagos de Molossidae están bien adaptadas a los ecosistemas altamente urbanizados, mientras la familia

Vespertilionidae presentaron la mayor actividad en sitios forestales, lo que se relacionó positivamente con la densidad de árboles. El efecto de la intensidad de la urbanización se hace más evidente en cada especie, en el cual las condiciones del hábitat dependen de la calidad y las características locales del mismo (por ejemplo, la presencia de farolas, la cubierta vegetal y la densidad de los árboles) (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2017). Mismas familias se registraron en esta área de estudio, el cual es un área rural-urbana, con mayor presencia de áreas con vegetación forestal, el cual el registro de especies de la familia Vespertilionidae es mayor a comparación de la familia Molossidae.

6. CONCLUSIÓN

La familia Vespertilionidae y Molossidae son las familias que se presentaron en el área de estudio.

La mayor riqueza de especies se presenta en noches de luna nueva, sin embargo, se presenta un mayor registro de individuos en la fase de luna llena.

La distribución de las especies de acuerdo a sus afinidades biogeográficas, es un factor en el comportamiento de los murciélagos en presencia de la luz de la luna.

Las especies pertenecientes al gremio trófico insectívora, en regiones templadas, presentan una mayor actividad en noches de luna llena.

Las especies *Lasiurus cinereus* y *Tadarida brasiliensis*, presentaron una mayor abundancia y dominancia, no presentaron cambios en el comportamiento de sus actividades con el aumento de la luminosidad lunar, por su amplia distribución y hábitats.

Solamente cuatro del total de las especies de murciélagos insectívoros, *Myotis californicus*, *Myotis thysanodes*, *Myotis yumanensis* y *Lasiurus blossevillii* respondieron positivamente a la luminosidad lunar, es decir presentaron fobia luna, el resto presentó registros en noches con luminosidad, lo que implica que el efecto de la luz lunar depende de la especie, además de otros factores, como la latitud, zonas biogeográficas, y el gremio ecológico de cada especie.

Existe un mayor registro de individuos en áreas abiertas.

7. RECOMENDACIONES

Ubicar refugios de los murciélagos en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, y establecer métodos de captura directa de las especies, para una mejor referencia de ellos.

Realizar el inventario de murciélagos en las fases de luna llena y luna nueva para los meses faltantes, así conocer la riqueza total de las especies

Establecer un horario fijo para cada punto de muestreo y abarcar todas las horas de la noche en las dos fases lunares.

8. LITERATURA CITADA

- Alberti, M.** (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International Regional Science Review*, 28(2), 168-192.
- Altringham, J. D., & Fenton, M. B.** (2003). "Sensory ecology and communication in the Chiroptera". In: *Bat Ecology*. University of Chicago Press. Chicago. 90–127.
- Avila-Flores, R., & Fenton, M. B.** (2005). Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of mammalogy*, 86(6), 1193-1204.
- Ayala-Berdon, J., Medina-Bello, K. I., López-Cuamatzi, I. L., Vázquez-Fuerte, R., MacSwiney G, M. C., Orozco-Lugo, L., & Martínez-Gómez, M.** (2021). Random forest is the best species predictor for a community of insectivorous bats inhabiting a mountain ecosystem of central Mexico. *Bioacoustics*, 30(5), 608-628.
- Bachen, D. A., McEwan, A. L., Burkholder, B. O., Hilty, S. L., Blum, S. A., & Maxell, B. A.** (2018). *Bats of Montana: Identification and Natural History*. Report to Montana Department of Environmental Quality. Montana Natural Heritage Program. Helena, MT.
- Bork, K. S.** (2006). Lunar phobia in the greater fishing bat *Noctilio leporinus* (Chiroptera: Noctilionidae). *Revista de Biología Tropical*, 54(4), 1117-1123
- Borroto-Páez, R., & A. Mancina, C.** (2011). *Mamíferos en Cuba*. Spartacus-Saatio y Sociedad Cubana de Zoología
- Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J., Medellín, R. A., & Domínguez-Castellanos, Y.** (2005). Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 9, 21-71.
- Ceballos, G., y Oliva, G.** (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO.

- Chepesiuk, R.** (2010). Extrañando la oscuridad: los efectos de la contaminación lumínica sobre la salud. *Salud Pública de México*. 52(5), 470-477.
- Colwell, R. K.** 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9.
- Coria-Villegas, P.D.** (2014). Fobia lunar en murciélagos en el municipio de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. Pp 45.
- Cortés-Calva, P.** (2013). Ecolocalización (una visión a los quirópteros). *Therya*, 4(1), 09-14.
- Dos Reis, N. R., & Muller, M. F.** (1995). Bat diversity of forests and open areas in a subtropical region of south Brazil. *Ecología Austral*, 5(1), 031-036.
- Encina-Domínguez, J. A., Castellón, E. E., Quintanilla, V. J. A., Villaseñor, J. L., Ayala, C. M. C., & Arevalo, J. R.** (2016) Floristic richness of the Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Phytotaxa*, 283(1), 1-42.
- Espinosa-Martínez, D. V., J. Arroyo-Cabrales., C.A. Ríos-Muñoz., R. A. Medellín y L. León-Paniagua.** (2018). Murciélagos. En: *La biodiversidad de Coahuila. Estudio del Estado, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México*. Pp.931-439.
- Fenton, B. M., & Simmons, N. B.** (2015). *A world of science and mystery*. Chicago: University of Chicago.
- Fenton, M. B.** (2004). *Bat natural history and echolocation. Bat Echolocation Research: tools, techniques and analysis*, 2.
- Fenton, M. B., Boyle, N. G. H., Harrison, T. M., & Oxley, D. J.** (1977). Activity Patterns, Habitat Use, and Prey Selection by Some African Insectivorous Bats. *Biotropica*, 9(2), 73–85.

- Gannon**, M. R., & Willig, M. R. (1997). The effect of lunar illumination on movement and activity of the red fig-eating bat (*Stenoderma rufum*). *Biotropica*, 29(4): 525-529.
- García**, E. CONABIO. (1998). Climas, escala 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad México.
- García-Méndez**, A., Lorenzo, C., Vázquez, L. B., & Reyna-Hurtado, R. (2014). Roedores y murciélagos en espacios verdes en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Therya*, 5(2), 615-632.
- Gomes**, D. G., Appel, G., & Barber, J. R. (2020). Time of night and moonlight structure vertical space use by insectivorous bats in a Neotropical rainforest: an acoustic monitoring study. *PeerJ*, 8, e10591.
- Griffin**, D. R. (2001). Return to the magic well: echolocation behavior of bats and responses of insect prey. *Bioscience*, 51(7), 555-556.
- Griffin**, D. R., Webster, F. A., & Michael, C. R. (1960). The echolocation of flying insects by bats. *Animal behaviour*, 8(3-4), 141-154.
- INEGI** (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2016. Conociendo Coahuila de Zaragoza. Sexta edición. México.
- INEGI**. (2001) Carta fisiográfica Escala 1:1 000 000. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas
- INEGI**. (2010), RH24Be. Red hidrográfica. Escala 1:50 000. Edición 2.0. Subcuenca hidrográfica RH24Be R. San Miguel. Cuenca R. Bravo - San Juan. RH Bravo Conchos.
- Jiménez** V. A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. Vol. (8). 151-161 p.

- Jung, K., & Kalko, E. K. (2010).** Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. *Journal of Mammalogy*, 91(1), 144-153.
- Kasson, M., & Balakrishnan, M. (2013).** Ecological and economic importance of bats (Order Chiroptera). *International Scholarly Research Notices*, 2013.
- Knornschild, M., Jung, K., Nagy, M., Metz, M., & Kalko, E. (2012).** Bat echolocation calls facilitate social communication. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1748), 4827-4835.
- Lang, A. B., Kalko, E. K., Römer, H., Bockholdt, C., & Dechmann, D. K. (2006).** Activity levels of bats and katydids in relation to the lunar cycle. *Oecologia*, 146(4), 659-666.
- León-Tapia, M. Á., & Hortelano-Moncada, Y. (2016).** Richness of insectivorous bats in a chaparral area in the municipality of Tecate, Baja California, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(3), 1055-1061.
- Limpens, H. J. G. A. (2004).** Field identification: using bat detectors to identify species. In: *Bat echolocation research: tools, techniques and analysis*. Bat Conservation International. Austin, Texas. 46.
- Lutz, M. A., Díaz, M. M., Merino, M. L., & Jensen, R. F. (2016).** Las especies del género *Myotis* (Chiroptera: Vespertilionidae) en el bajo Delta del Paraná y la Pampa Ondulada, Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 23(2), 455-465.
- Magurran A. E. (1988),** *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press.
- McKinney, M. L. (2006).** Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological conservation*, 127(3), 247-260.
- Mena, J. L., Rivero, J., Bonifaz, E., Pastor, P., Pacheco, J., & Aide, T. M. (2021).** The effect of artificial light on bat richness and nocturnal soundscapes along an urbanization gradient in an arid landscape of central Peru. *Urban Ecosystems*, 1-12.

- Menzel**, J. M., Menzel Jr, M. A., Kilgo, J. C., Ford, W. M., Edwards, J. W., & McCracken, G. F. (2005). Effect of habitat and foraging height on bat activity in the coastal plain of South Carolina. *The Journal of wildlife management*, 69(1), 235-245.
- Mickleburgh**, S. P., Hutson, A. M., y Racey, P. A. (1992). Old World fruit bats. An action plan for their conservation. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland, 1-16.
- Mora-Donjuan**, C. A., Burbano-Vargas, O. N., Méndez-Osorio, C. & Castro-Rojas, D. F. (2017). Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14.35: 68-75.
- Moreno**, C. E. (2000). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- Moreno-Valdez**, A., & Tuttle, M. D. (1996). Murciélagos de Nuevo León: nuestros invaluable aliados.
- Morrison**, D. W. (1978). Lunar phobia in a Neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behaviour*, 26, 852-855.
- Moss**, C. F. (2018). Auditory mechanisms of echolocation in bats. In Oxford Research Encyclopedia. Neuroscience.
- Navara**, K. J., & Nelson, R. J. (2007). The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *Journal of pineal research*, 43(3), 215-224.
- Olmedo**, M. L., González Noschese, C. S., O Connor, T., Seco Pon, J. P., & Romero, M. D. (2020). Ampliación de la distribución de *Lasiurus blossevillii* (Chiroptera, Vespertilionidae) en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (República Argentina).
- Orozco-Lugo**, L., Guillén-Servent, A., Valenzuela-Galván, D., y Arita, H. T. (2013). Descripción de los pulsos de ecolocalización de once especies de

murciélagos insectívoros aéreos de una selva baja caducifolia en Morelos, México. *Therya*, 4(1), 33-46.

Ortiz-Badillo, R, M, (2015). Diversidad de Murciélagos en un gradiente altitudinal en el Estado de Nuevo León. Tesis de Maestría. UANL. Linares, Nuevo León. 116 p.

Pattersson Elektronik AB. (1996-2001). BatSound Pro - Sound Analysis. Version: 3.31b.

Pech-Canché, J. M., Coria Villegas, P. D., Chamorro-Florescano, I. A., Alanís Méndez, J. L., & Lozano-Rodríguez, M. Á. (2018). Lunar phobia in phyllostomid bats at La Ceiba, Tuxpan, Veracruz. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(13), 165-170.

Pech-Canche, J. M., MacSwiney, C., & Estrella, E. (2010). Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos Neotropicales. *Therya*, 1(3), 221-227.

Peña, J. (2010). Descripción fenomenológica de la ecolocalización, imágenes a partir de sonidos. *Revista Habitus. Semilleros de investigación*, (2), 48-52.

Pérez-Ortiz. J. J. (2019). Comparación de la diversidad de especies de murciélagos en tres tipos de vegetación en la Sierra de Zapalinamé. UAAAN. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

PROFAUNA. (2021). Sierra de Zapalinamé. Reserva Natural del Estado. Saltillo, Coahuila, México. <https://www.zapaliname.org>.

Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L., y Arroyo-Cabrales, J. (2014). List of recent land mammals of Mexico. Special Publications of the Museum of Texas Tech University.

Ramírez-Pulido, J., N. Gonzales-Ruiz y A.J. Contreras-Balderas. 2018. Mamíferos. En: La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México. Pp. 411-417.

- Ramos-Enríquez M. D.** (2014). Uso de hábitat de los murciélagos (Chiroptera) en la ecorregión del desierto del Bajo Colorado, Baja California, México. Tesis de maestría. CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA. Ensenada, Baja California. 54p.
- Rascón-Escajeda, J. A.** (2010). Uso del hábitat por los murciélagos (Chiroptera) en la cuenca baja del Río Nazas, Durango. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR. Durango. 82p.
- Reith, C. C.** (1982). Insectivorous Bats Fly in Shadows to Avoid Moonlight. *Journal of Mammalogy*, 63(4), 685–688.
- Retana G. O.** 2009. ¿Cómo se originaron los murciélagos? *Revista Ciencia y Desarrollo*. Vol. 35, no. 228, p. 9-15.
- Rodríguez San Pedro, A., Allendes, J. L., Carrasco Lagos, P., & Moreno, R. A.** (2014). Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. Sección Biodiversidad y Recursos Naturales Renovables, SEREMI Metropolitana del Medio Ambiente.
- Rodríguez-Aguilar, G., Orozco-Lugo, C. L., Vleut, I., & Vázquez, L. B.** (2017). Influence of urbanization on the occurrence and activity of aerial insectivorous bats. *Urban ecosystems*, 20(2), 477-488.
- Rodríguez-San Pedro, A., Allendes, J. L., Carrasco Lagos, P., & Moreno, R. A.** (2014). Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. Sección Biodiversidad y Recursos Naturales Renovables, SEREMI Metropolitana del Medio Ambiente.
- Russo, D., & Ancillotto, L.** (2015). Sensitivity of bats to urbanization: a review. *Mammalian Biology*, 80(3), 205-212.
- Rydell, J.** (1991). Seasonal use of illuminated areas by foraging northern bats *Eptesicus nilssoni*. *Ecography*, 14(3), 203-207.

- Saldaña-Vázquez**, R. A., & Munguía-Rosas, M. A. (2013). Lunar phobia in bats and its ecological correlates: a meta-analysis. *Mammalian Biology*, 78(3), 216-219.
- Sánchez-Cordero**, V., P. Rodríguez, N. Moreno-Almeraya, M. Jiménez-Cruz, (2020). *Lasiurus cinereus* (murciélago cola peluda canoso). Distribución Potencial en México', escala: 1:1000000. Instituto de Biología, UNAM. Ciudad de México, México.
- Sánchez-Salinas**, L. (2019). Diversidad estacional de murciélagos para los meses de Febrero-Abril, en el Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Schnitzler**, H. U., & Kalko, E. K. (2001). Echolocation by insect-eating bats: we define four distinct functional groups of bats and find differences in signal structure that correlate with the typical echolocation tasks faced by each group. *Bioscience*, 51(7), 557-569.
- SEMARNAT**. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.
- Soberón** M, J., & Llorente B, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation biology*, 7(3), 480-488.
- StatSoft** Inc (2004). STATISTICA (data analysis software system), versión 7. [Www.Statsoft.com](http://www.Statsoft.com).
- Tshering**, S., Gurung, D. B., Sherub, K., Dookia, S., Dorji, K., & Choephyel, P. (2020). Bat (Mammalia: Chiroptera) diversity, dominance, and richness in the southwestern region of Bhutan with three new records for the country. *Journal of Threatened Taxa*, 12(1), 15114-15128.
- Vásquez**, D. A., Grez, A. A., & Rodríguez-San Pedro, A. (2020). Species-specific effects of moonlight on insectivorous bat activity in central Chile. *Journal of Mammalogy*, 101(5), 1356-1363.

Vásquez-Juacida, D. A. (2019). Variación temporal en los patrones de actividad de murciélagos insectívoros en un paisaje agrícola de Chile central y su relación con las fases del ciclo lunar. Seminario de título. Universidad de Chile. Santiago-Chile. Pp 36.

Wilson, D. E., & Reeder, D. M. (Eds.). (2005). Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference (Vol. 1). JHU Press.

Zamora-Gutiérrez, V., López-González, C., MacSwiney González, M. C., Fenton, B., Jones, G., Kalko, E. K., & Jones, K. E. (2016). Acoustic identification of Mexican bats based on taxonomic and ecological constraints on call design. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(9), 1082-1091.

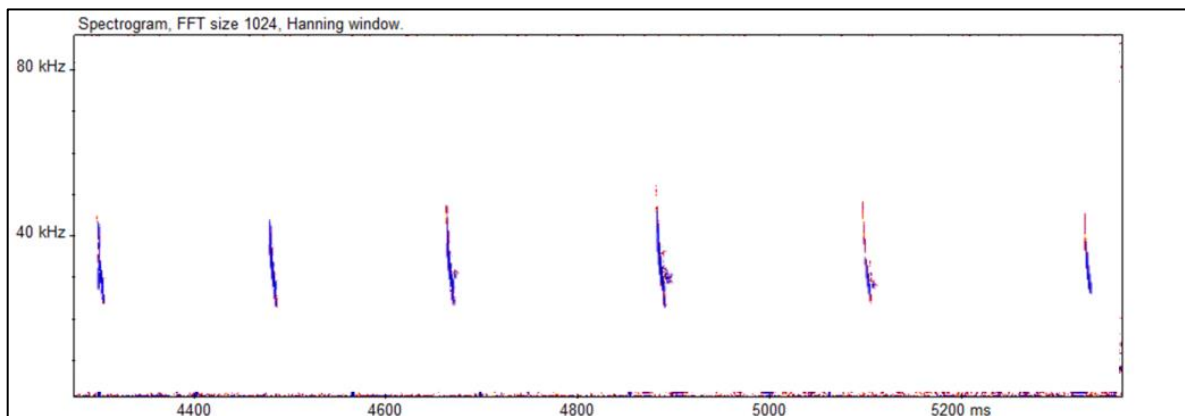
9. ANEXOS

Catálogo de espectrogramas de sonidos de ecolocalización de murciélagos insectívoros registrados en la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

FAMILIA: VESPERTILIONIDAE

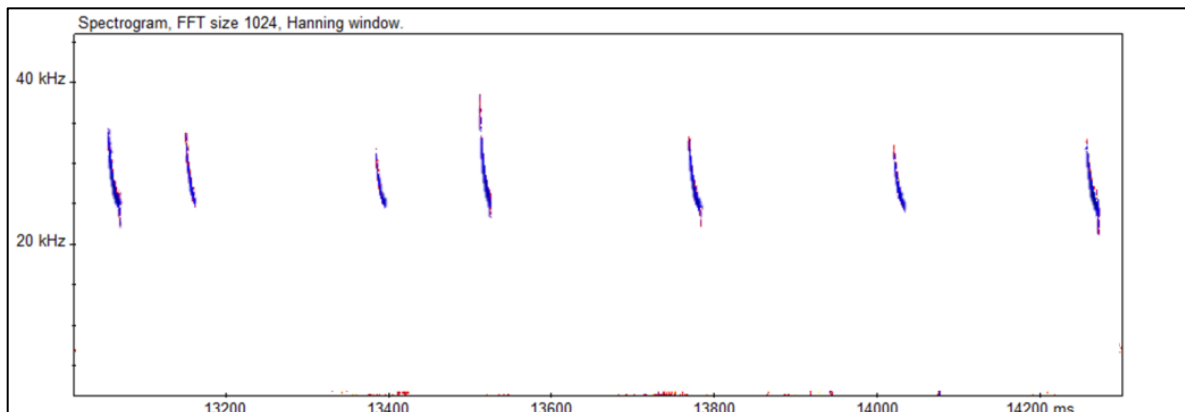
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Antrozous pallidus</i>	49.55 ± 2.33	27.8 ± 0.84	7.85 ± 0.35	189.8 ± 36.48



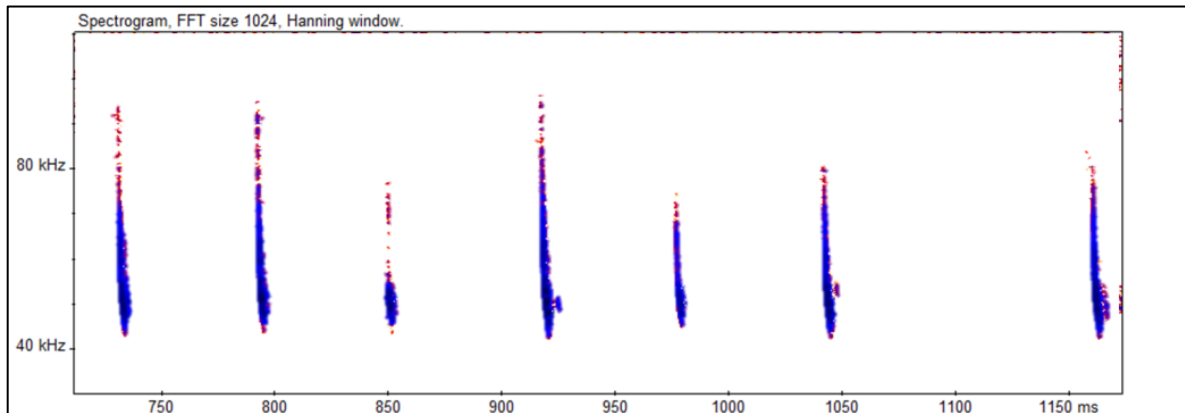
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Corynorhinus townsendii</i>	35.03 ± 3.15	24.52 ± 2.62	10.11 ± 3.5	183.11 ± 83.53



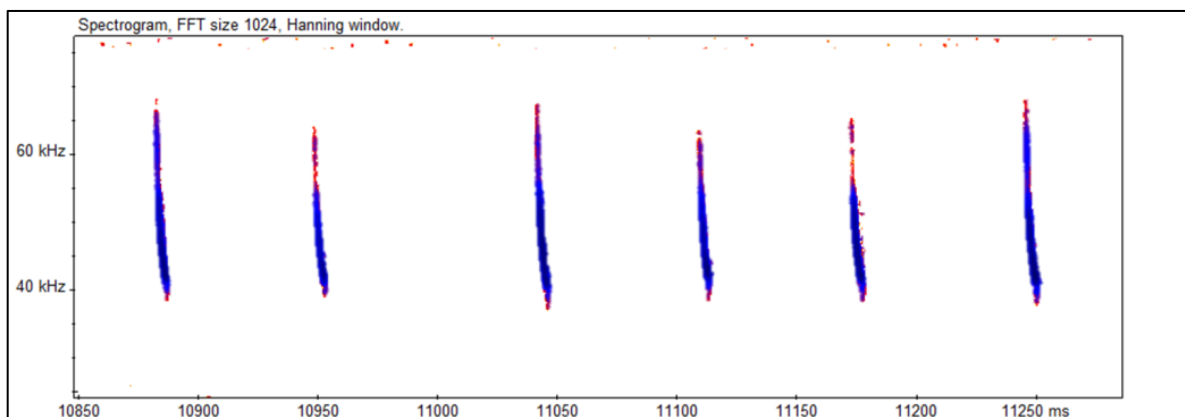
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Lasiurus blossevillii</i>	61.67 ± 5.79	45.01 ± 1.61	6.52 ± 1.36	81.5 ± 12.76



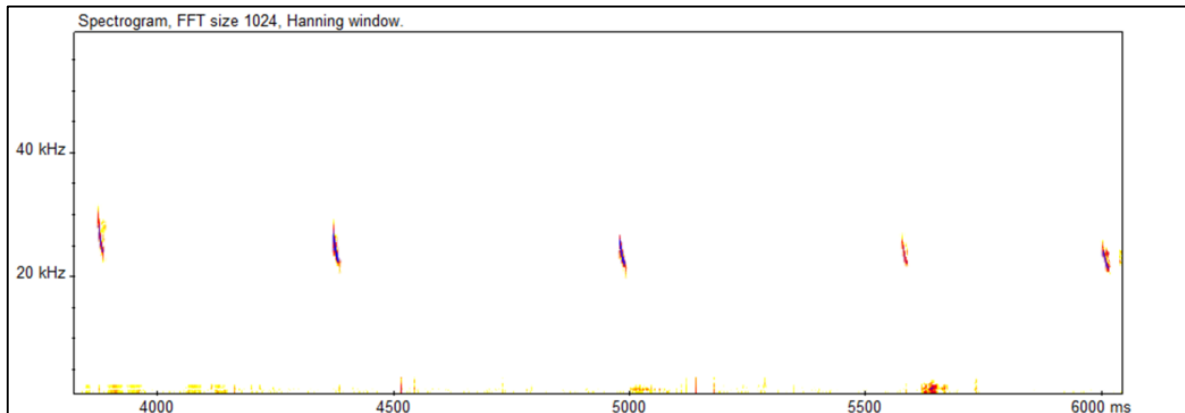
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Lasiurus borealis</i>	50.51 ± 3.36	40.38 ± 2.88	8.52 ± 1.87	148.77 ± 64.09



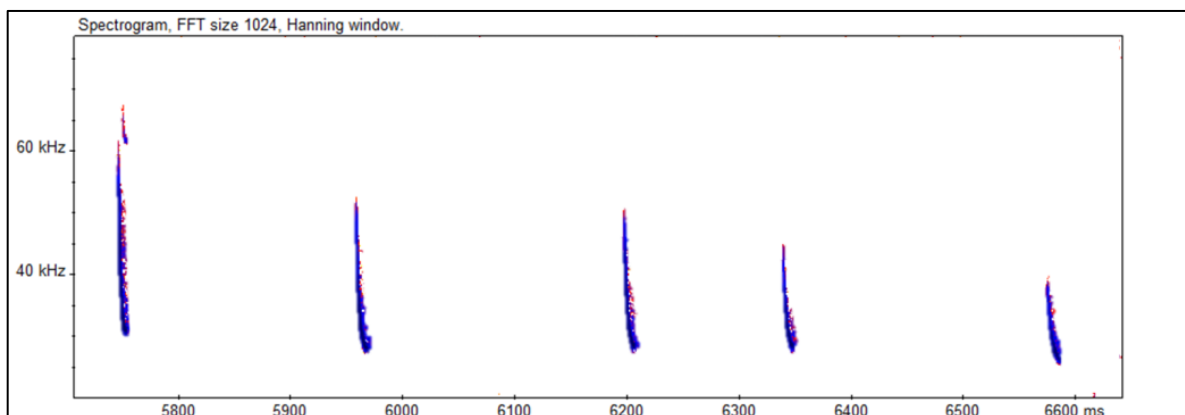
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Lasiurus cinereus</i>	29.74 ± 3.12	22.12 ± 1.76	13.89 ± 2.86	342.71 ± 154.12



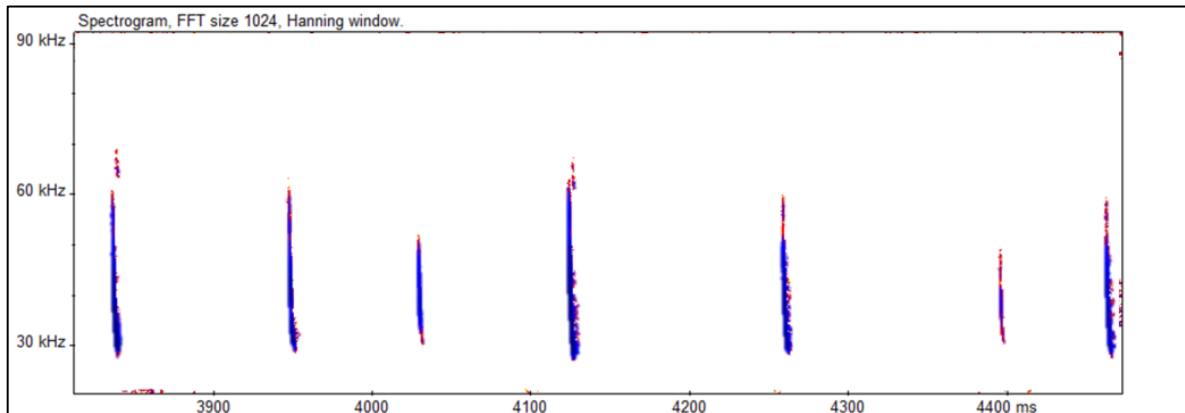
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Lasiurus intermedius</i>	48.14±4.18	28.85±2.13	9.53±1.81	181.22±32



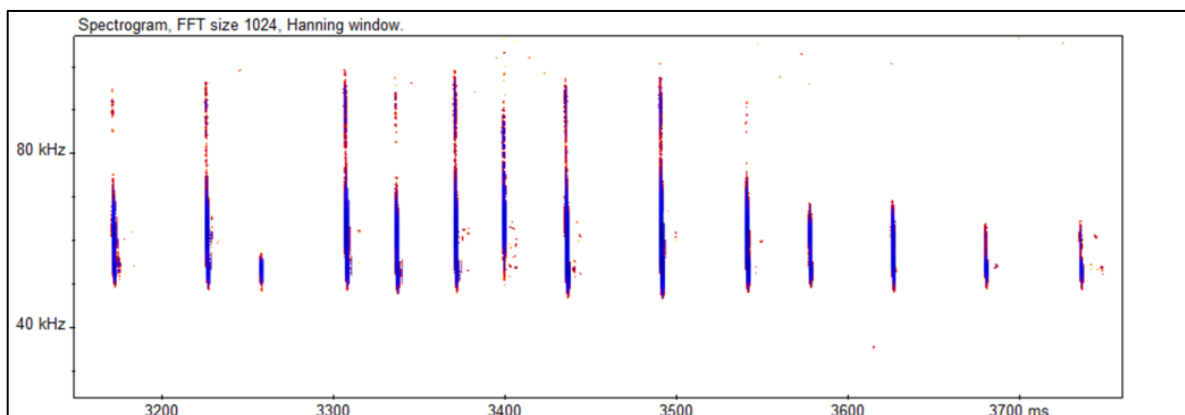
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Lasiurus xanthinus</i>	51.86 ± 5.5	34.13 ± 1.95	7.42 ± 1.28	198.52 ± 109.47



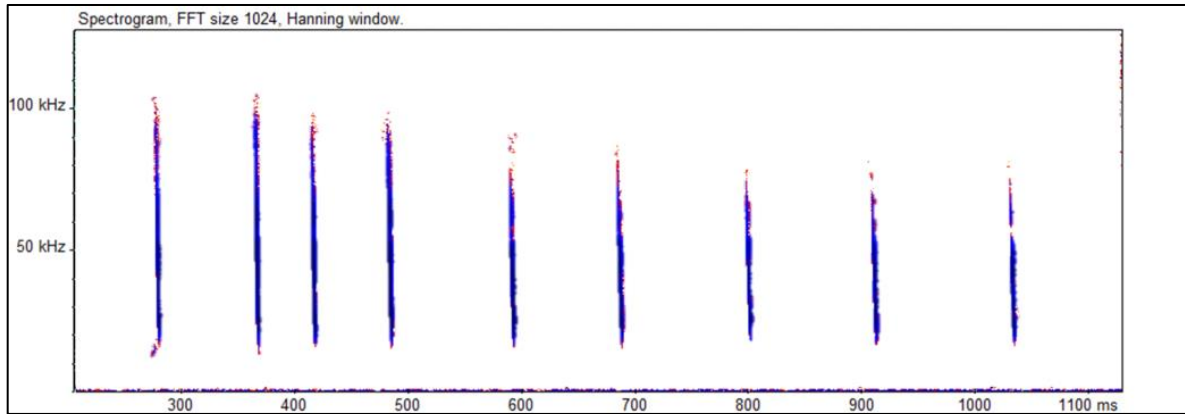
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Myotis californicus</i>	71.22 ± 13.49	41.49 ± 3.45	8.08 ± 1.34	86.47 ± 29.34



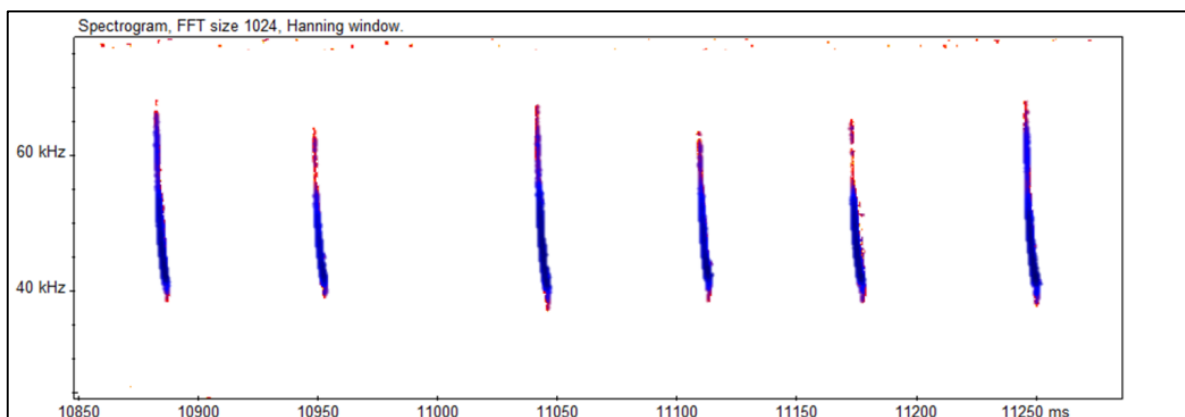
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Myotis thysanodes</i>	53.56 ± 16.83	33.47 ± 11.12	6.24 ± 1.9	88.99 ± 37.19



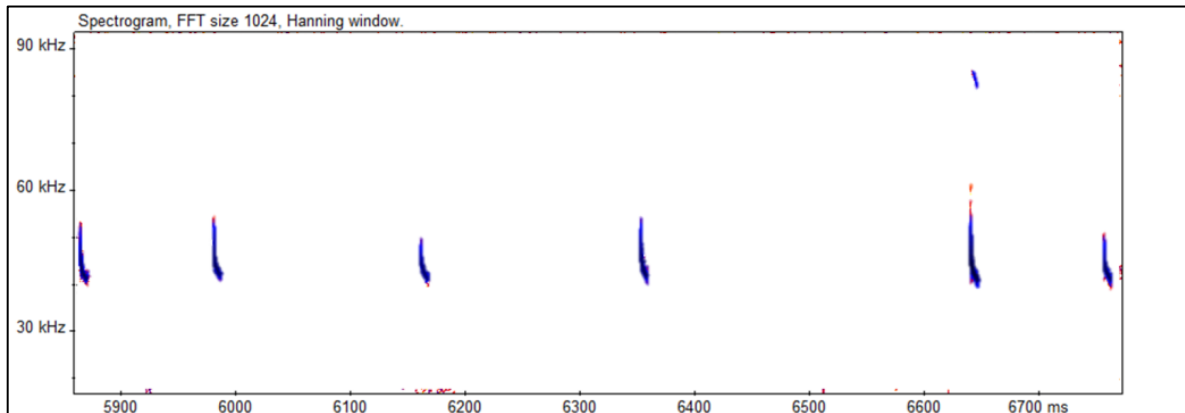
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Myotis yumanensis</i>	70.91 ± 9.92	45.91 ± 5.61	6.51 ± 1.6	77.11 ± 26.23



Características acústicas

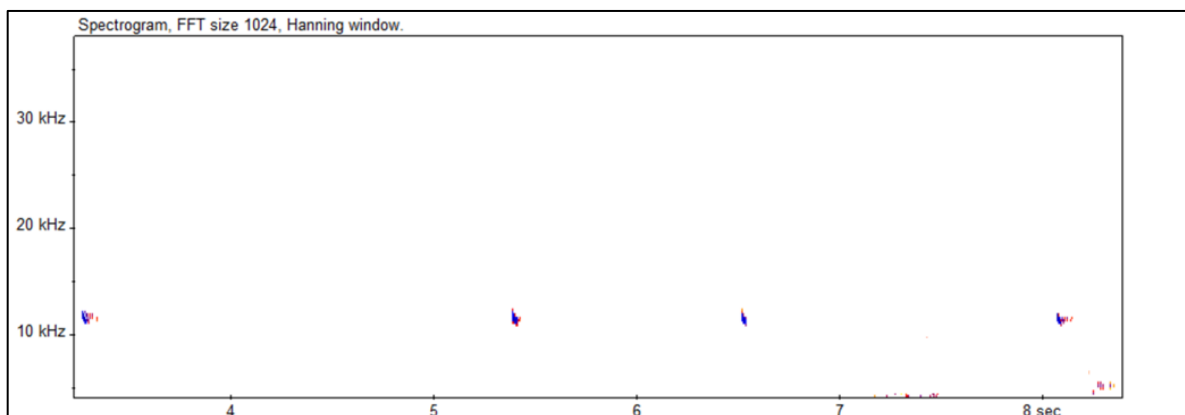
	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Parastrellus hesperus</i>	50.61 ± 3.14	41.63 ± 1.62	7.33 ± 0.88	151.53 ± 70



FAMILIA MOLOSSIDAE

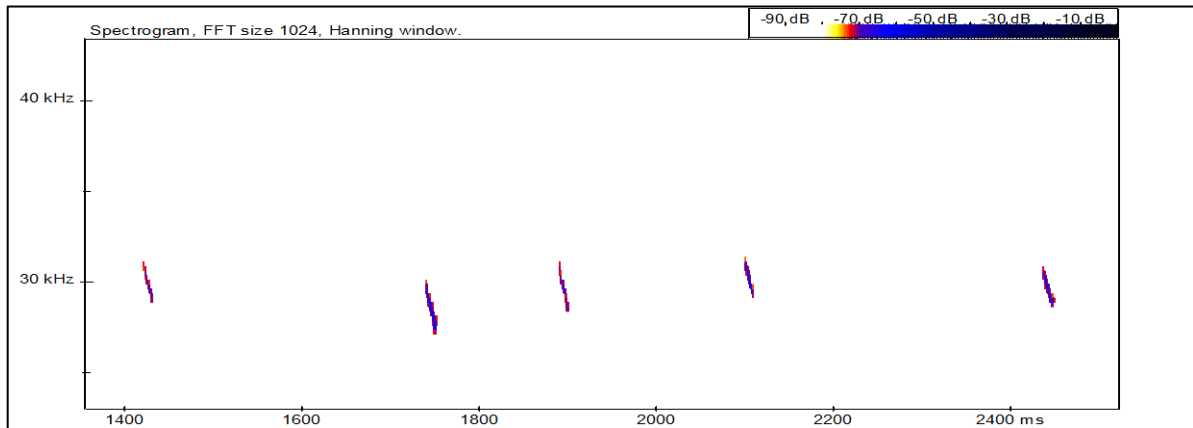
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Eumops perotis</i>	13.97 ± 0.89	10.15 ± 1.37	19.52 ± 3.95	777.62 ± 379.21



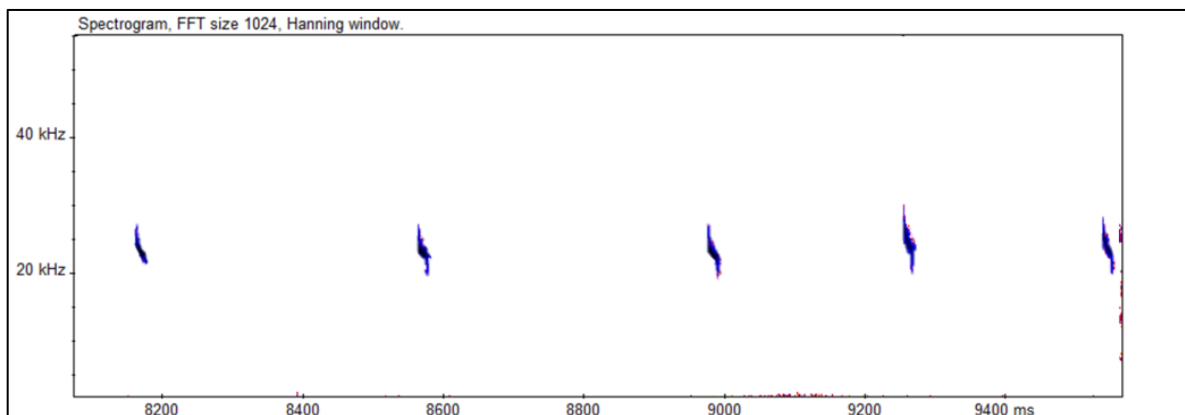
Características acústicas

	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Molossus molossus</i>	32.4	27.1	9.8	208



Características acústicas

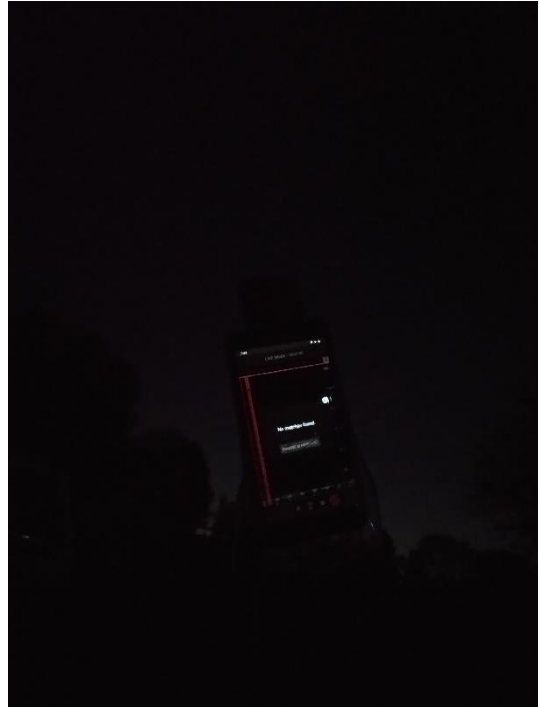
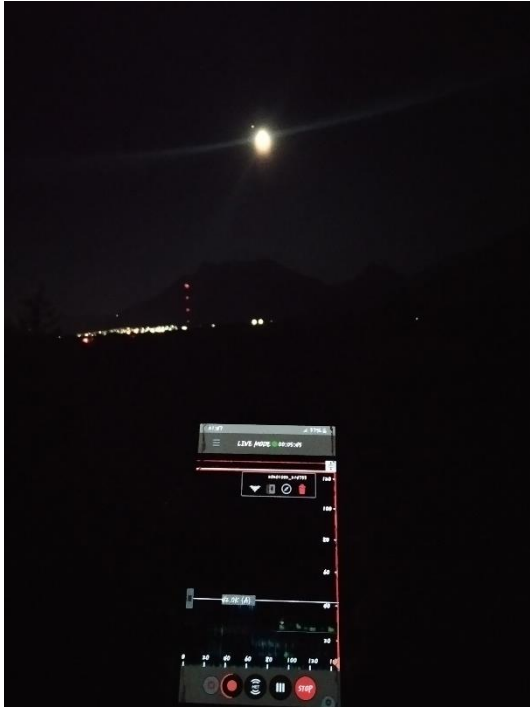
	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
<i>Tadarida brasiliensis</i>	33.29 ± 31.27	22.06 ± 1.46	14.78 ± 2.38	396.82 ± 146.71



Características cuantitativas, promedio y desviación estándar (\pm DE) de los sonidos de ecolocalización ultrasónica de especies de murciélagos registrados en la UAAAN

Familia	Especie	Número de individuos	Frecuencia máxima (Khz)	Frecuencia mínima (Khz)	Duración de pulso (ms)	Intervalo de pulso (ms)
Vespertilionidae	<i>Antrozous pallidus</i>	2	49.55 \pm 2.33	27.8 \pm 0.84	7.85 \pm 0.35	189.8 \pm 36.48
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	6	35.03 \pm 3.15	24.52 \pm 2.62	10.11 \pm 3.5	183.11 \pm 83.53
	<i>Lasiurus blossevillii</i>	4	61.67 \pm 5.79	45.01 \pm 1.61	6.52 \pm 1.36	81.5 \pm 12.76
	<i>Lasiurus borealis</i>	28	50.51 \pm 3.36	40.38 \pm 2.88	8.52 \pm 1.87	148.77 \pm 64.09
	<i>Lasiurus cinereus</i>	89	29.74 \pm 3.12	22.12 \pm 1.76	13.89 \pm 2.86	342.71 \pm 154.12
	<i>Lasiurus intermedius</i>	3	48.14 \pm 4.18	28.85 \pm 2.13	9.53 \pm 1.81	181.22 \pm 32
	<i>Lasiurus xanthinus</i>	5	51.86 \pm 5.5	34.13 \pm 1.95	7.42 \pm 1.28	198.52 \pm 109.47
	<i>Myotis californicus</i>	34	71.22 \pm 13.49	41.49 \pm 3.45	8.08 \pm 1.34	86.47 \pm 29.34
	<i>Myotis thysanodes</i>	12	53.56 \pm 16.83	33.47 \pm 11.12	6.24 \pm 1.9	88.99 \pm 37.19
	<i>Myotis yumanensis</i>	23	70.91 \pm 9.92	45.91 \pm 5.61	6.51 \pm 1.6	77.11 \pm 26.23
	<i>Parastrellus hesperus</i>	6	50.61 \pm 3.14	41.63 \pm 1.62	7.33 \pm 0.88	151.53 \pm 70
Molossidae	<i>Eumops perotis</i>	19	13.97 \pm 0.89	10.15 \pm 1.37	19.52 \pm 3.95	777.62 \pm 379.21
	<i>Molossus molossus</i>	1	32.4	27.1	9.8	208
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	75	33.29 \pm 31.27	22.06 \pm 1.46	14.78 \pm 2.38	396.82 \pm 146.71

ANEXO FOTOGRÁFICO



Monitoreo acústico en luna llena y luna nueva



Instalación de redes de niebla