

Dr. Luis Amado Anaya Pérez
Director de la división de
Ciencias Biológicas y de la Salud



Informe de terminación de servicio social.

Nombre y matricula del prestador de servicios sociales: Nayeli Zepeda Cruz,
2183025669

Lugar de realización: Laboratorio de biología y ecología de mamíferos As-112,
Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa.

Periodo de realización: 01 de octubre de 2022- 2023.

Licenciatura: Licenciatura en biología. División de ciencias biológicas y de la salud,
Unidad Xochimilco.

Proyecto: **Variación morfométrica e histológica del aparato reproductor masculino y femenino del murciélago *Natalus mexicanus*, (Chiroptera: Natalidae), durante un ciclo anual.**

Asesor Interno: Dr. Ricardo López Wilchis.

Introducción.

Los murciélagos son el segundo orden de mamíferos más diverso, solo precedido por los roedores, son los únicos mamíferos capaces de desarrollar un vuelo real, otras de sus características es localizar objetos u obstáculos mediante la transmisión y recepción de sonidos de alta frecuencia y el tener hábitos nocturnos o crepusculares. Se pueden encontrar en casi todo el mundo a excepción de las regiones polares y las zonas donde el frío no permite su presencia como pueden ser las cimas de las montañas más altas (Ceballos et al., 2014).

La actividad espacial y temporal de este orden está influenciada por factores ambientales como son la disponibilidad de alimento y el clima, habiendo así especies que hibernan durante el invierno y especies con hábitos migratorios (Ceballos et al., 2014).

La búsqueda de condiciones climáticas adecuadas, de alimentos y de sitios de criadero ha derivado en una amplia variedad de, hábitos alimenticios (nectívoros, frugívoros, insectívoros, carnívoros, hematófagos, etc.), de refugios (cuevas, pozos, el follaje de árboles, palmeras, infraestructura e inmuebles abandonados) y de patrones y comportamientos reproductivos (Ceballos et al., 2014).

Los murciélagos, al igual que otros pequeños mamíferos se caracterizan por tener múltiples eventos reproductivos, un tamaño de camada pequeño, una gestación y lactancia prolongadas y el cuidado de las crías (Hernández-Aguilar et al., 2015). Las estrategias reproductivas de los murciélagos son complejas y variadas. En zonas

tropicales se han descrito cuatro patrones reproductivos: monoestría estacional, poliestría bimodal estacional, poliestría estacional y poliestría no estacional. Los ciclos reproductivos se ven influenciados por factores como la latitud, el tipo de hábitat y la disponibilidad de alimento, en los trópicos la precipitación es la variable más influyente (Torres-Flores et al., 2012.; Hernández-Aguilar et al., 2015).

Natalus mexicanus es un murciélago insectívoro cavernícola que habita principalmente bosques caducifolios y subcaducifolios, su distribución abarca desde Panamá hasta el norte de México a altitudes no mayores a 3000 msnm. En México se distribuye tanto en el pacífico como a lo largo del Golfo de México incluyendo Nuevo León y la península de Yucatán (López-Wilchis et al., 2020).

Se han registrado patrones de reproducción monoéstricos estacionales para *N. mexicanus* en diferentes localidades (Torres-Flores et al., 2012; Hernández-Aguilar y Santo-Moreno, 2020), sin embargo, los estudios sobre patrones reproductivos para esta especie son escasos, por lo que es importante continuar investigando el patrón reproductivo anual de *N. mexicanus*.

Planteamiento del problema y Justificación.

Los murciélagos además de ser uno de los grupos de mamíferos más peculiares también tienen un papel importante a nivel ecológico, dicho papel se puede dividir en cinco ámbitos: como polinizadores, esto principalmente por parte de aquellos murciélagos que se alimentan de néctar o nectívoros; como dispersores de semillas en el caso de los frugívoros; controlando las poblaciones de insectos y evitando así la proliferación de especies que puedan llegar a ser considerados plagas, lo cual se

puede traducir en un beneficio económico y de salud para el ser humano; como creadores de nichos y aportando al funcionamiento de los ecosistemas e incluso fungiendo como indicadores ambientales (Zárate et al, 2012).

Al igual que todo organismo la prevalencia de los murciélagos depende en gran medida de su capacidad reproductiva, y está a su vez depende de sus características biológicas, fisiológicas e incluso ecológicas. Dependiendo de estas características los organismos desarrollan estrategias y patrones reproductivos que permitan la perpetuación de la especie mediante la supervivencia de la descendencia, en el caso de los murciélagos estas estrategias pueden ser bastante variadas y en muchos casos aún no han sido estudiadas (Baltimori, 1999).

El siguiente trabajo tiene como objetivo establecer un patrón en el ciclo de reproducción anual en *N. mexicanus*, murciélago insectívoro especializado en el consumo de arácnidos (Torres-Flores y López-Wilchis, 2019). Si bien ya se han realizado estudios sobre patrones reproductivos y crecimiento de esta especie, no se conocen los cambios histológicos de las estructuras sexuales, de machos y de hembras, que permitan caracterizar los estados reproductivos y no reproductivos de este murciélago.

Objetivo general:

Describir la variación morfométrica e histológica del aparato reproductor masculino y la variación morfométrica del aparato reproductor femenino del murciélago *Natalus mexicanus* para conocer sus cambios a lo largo de un ciclo anual en relación con factores ambientales.

Objetivos específicos:

Describir la variación morfométrica e histológica del testículo del murciélago *N. mexicanus* para conocer sus cambios en un ciclo anual y determinar el periodo de espermatogénesis.

Describir la variación morfométrica e histológica del epidídimo del murciélago *N. mexicanus* para conocer sus cambios en un ciclo anual y determinar la presencia de espermatozoides.

Describir la variación morfométrica uterina y embrionaria del murciélago *N. mexicanus* para conocer sus cambios en un ciclo anual y determinar el periodo de gestación.

Antecedentes

Los murciélagos son mamíferos placentarios cuyos aparatos reproductores coinciden en gran medida con el resto de la clase, sin embargo, las características reproductivas (fisiológicas y etológicas) suelen ser diversas y variar entre las diferentes especies y familias (Baltimori, 1999).

En los machos el aparato reproductor lo integran un par de testículos, varios pares de glándulas accesorias, un sistema de conductos y el órgano copulador (Baltimori, 1999).

Por otro lado, el aparato reproductor femenino lo forman los ovarios, oviductos, útero, el cérvix uterino y la vagina. Dentro de esta configuración básica también existen variaciones y adaptaciones en cada uno de los componentes (Baltimori,1999; Crichton & Krutzsch, 2000). En el caso de los ovarios, en algunas especies solo uno es funcional (Baltimori,1999). Algunos murciélagos exhiben estimulación diferencial en los oviductos y/o cuernos uterinos (Crichton & Krutzsch, 2000). En cuanto al útero, existen de tres a cuatro tipos, pudiendo ser doble, bipartido (dividido en su longitud excepto su parte basa), bicorde (dividido a partir de la mitad de su longitud) y sencillo (Crichton & Krutzsch, 2000; Baltimori, 1999).

Al igual que en el resto de los mamíferos la reproducción en los murciélagos está regulada por factores ambientales como el fotoperiodo, la temperatura y la humedad (Elizalde-Arellano et al., 2008). Los periodos de reproducción suelen ser cíclicos y ocurren una vez al año (Baltimori, 1999). Al periodo entre un estro (celo) a otro estro se le conoce como ciclo estral (Rippe, 2009), el cual en mamíferos no primates es conformado por cuatro fases. El proestro es la fase donde los folículos primarios se desarrollan y permiten la liberación de óvulos durante el estro. El estado de preñez es característica de la fase de metaestro y el diestro es la fase que ocurre entre el nacimiento de las crías y la siguiente fase de proestro (Elizalde-Arellano et al., 2008).

En el caso de los quirópteros se han descrito variaciones en estas etapas, en algunas especies se describió proestro, estro, metaestro y anestro, en otras no se percibió la presencia de anestro, pero sí de diestro, otras especies únicamente

presentaron proestro, estro y anestro, mientras una última variación está conformada por proestro, estro, postestro, metaestro y diestro (Sedano,2019).

Al ser capaces de ajustar los periodos de espermatogénesis, oogénesis, cópula y fecundación los murciélagos son capaces de presentar diferentes estrategias reproductivas que aseguren su supervivencia (Baltimori, 1999)

De acuerdo con Elizalde-Arellano y López-Vidal (2021) existen 4 tipos de patrones reproductivos; monoestro sincrónico, donde la ovulación de la hembras y la producción de esperma coinciden en un mismo mes, se diferencia del monoestro asincrónico en que la cópula y el nacimiento de las crías del primero suceden en un momento específico del año mientras que el segundo puede ocurrir en cualquier temporada, los dos patrones restantes se caracterizan por la existencia de dos ciclos estrales o más en un año, por lo que se conocen como poliéstricos, al igual que en el caso anterior han de dos tipos, el sincrónico y el asincrónico. El patrón reproductivo se encuentra asociado a la cantidad de alimento disponible (Elizalde-Arellano y López-Vidal, 2021), la disponibilidad de pareja y refugio, la temperatura, la precipitación pluvial (Ferreya-Garcia et al., 2018) y el fotoperiodo (Sedano, 2019). En el caso de los murciélagos tropicales el patrón representativo es de tipo poliestrico (Baltimori,1999).

Los patrones monoéstrico y poliéstrico polimodal parecen ser representativos de los quirópteros animalívoros de Centroamérica, en Sudamérica por otro lado prevalece el modelo poliéstrico bimodal (Rivero et al., 2019). En los murciélagos insectívoros los patrones reportados son de tipo monoestro estacional, relacionado a la época

húmeda (Rivero et al., 2019; Torres-Flores et al., 2012; Ferreyra-García et al., 2018), este patrón se ha encontrado como característica particular de las familias Vespertilionidae y Rhinolophidae en zonas templadas (Racey, 1982 como se citó en Ferreyra-García et al., 2018), aunque dentro de los murciélagos insectívoros se pueden apreciar variaciones incluso a nivel de especie (Rivero et al., 2019).

En un estudio realizado en Colombia se encontraron dos especies de murciélagos insectívoros pertenecientes a la familia Vespertilionidae, *Myotis albescens* y *Eptesicus brasiliensis*, presentaron diferentes patrones de reproducción, siendo el primero de tipo monoestro estacional y el segundo como poliéstrico estacional bimodal (Patiño-Rico, 2007).

Sosa et al. (2015) reporta una monoestría estacional para *Rhogeessa minutilla* con un pico de preñeces durante la primera estación lluviosa y la lactancia a finales del primer pico de precipitaciones y los inicios de la breve estación seca en la zona árida de los andes venezolanos.

En México *Myotis velifer* presentó un patrón monoestríco en la región montañosa de bosque templado en Michoacán (Ferreyra-García et al., 2018). En una zona de selva baja caducifolia de la región pacífico las familias Mormoopidae y Natalidae presentaron una monoestría estacional relacionada al principio de la temporada de lluvias (Torres-Flores et al., 2012), lo cual coincide con lo descrito por Garrido et al. 1984, Adams 1989, García-Hernández 2001, Sánchez-Hernández et al. 2002, Quijano 2004, Juárez & Ramírez-Escoto 2010 (citado en Torres-Flores et al., 2012).

De igual manera Hernández-Aguilar y Santos-Moreno (2020) reportan un patrón similar al antes descrito para mormópidos y *N. mexicanus*, donde la actividad reproductiva presenta sincronía con el final de la época seca y el inicio de las lluvias.

Esta tendencia en los murciélagos insectívoros es probablemente explicada al incremento de la disponibilidad de alimento que permite satisfacer las necesidades energéticas de las hembras y sus crías (Torres-Flores et al., 2012; Ferreyra et al., 2018; Rivero et al., 2019; Hernández-Aguilar y Santos-Moreno, 2020).

Metodología

Sitio de estudio

La colecta de individuos se realizó durante un año, del mes de marzo de 2016 a marzo de 2017 en la cueva “El Vado de las Chachalacas” (19° 21’ 12.09” N; - 96° 39’ 30.27” W, 449 msnm) ubicada en el municipio de Emiliano Zapata en el estado de Veracruz. Rzedowski (2006) citado en Salgado-Mejía et al. (2021) clasifica la vegetación de original de la zona como bosque tropical caducifolio, mientras que Salgado-Mejía (2021) indica que en la actualidad la zona está conformada por un mosaico de fragmentos de bosque secundario, remanentes de la vegetación original y áreas agrícolas y ganaderas, la cueva se encuentra rodeada de los relictos de la vegetación original. La temperatura promedio es de 25.2 ° C, de acuerdo con INEGI (2010) presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano con una precipitación anual de 2,779 mm al año y la temporada de lluvias abarca desde junio hasta septiembre (Salgado-Mejía et al., 2021).

Muestreo

Entre marzo de 2016 a marzo de 2017 se realizaron muestreos mensuales. Se capturaron murciélagos utilizando trampas de arpa (Canche et al., 2011 en Salgado-Mejía et al., 2021) que fueron colocadas en dos de las tres entradas de la cueva, mientras que se obstruyó el paso en la tercera entrada. Los ejemplares capturados fueron anillados, contados y se tomaron las corporales medidas convencionales como la longitud del antebrazo (McGuire et al., 2018) y el peso, mediante el uso de guías y claves taxonómicas se procedió a la identificación de los murciélagos (Medellín et al., 2008; Álvarez-Castañeda et al., 2017 en Salgado Mejía et al., 2021).

Extracción de órganos

Se procedió a pesar a los ejemplares y posteriormente se sacrificaron 5 machos y 5 hembras por cada muestreo. Se extrajo la parte inferior cuidando en mantener delimitada el área genital y de no incluir riñones u otros órganos que dificulten la extracción de los testículos o del útero según sea el caso. Las muestras se conservaron en formalina dentro de frascos etiquetados para cada ejemplar y fueron transportados en refrigeración con ayuda de un refrigerador hasta el laboratorio de biología y ecología de mamíferos de la UAM Iztapalapa donde se procedió a la extracción de los órganos sexuales.

Morfometría

Después de la extracción mediante el uso de un microscopio y el programa AmScope se procedió a tomar medidas de los órganos, en el caso de los machos

se utilizó largo de epidídimo, largo y ancho de testículos. En el caso de las hembras las medidas que se utilizaron fueron el largo y ancho del útero, la longitud del cuerno uterino izquierdo y derecho, el largo y ancho del embrión en caso de estar presente.

Histología

Los órganos fijados en formalina fueron incluidos en parafina y posteriormente se utilizó la técnica de hematoxilina eosina para teñir los cortes.

Los cortes histológicos del macho se revisaron mediante un microscopio utilizando el programa Amscope para la toma de fotografías. Se identificaron los principales componentes celulares y su estadio de desarrollo para determinar el estado de espermatogénesis.

Actividades realizadas

Se realizó la extracción de testículos y epidídimos de muestras proporcionadas por el MBRA. Gihovani Samano pertenecientes al laboratorio de biología y ecología de mamíferos. La extracción realizó con ayuda de un microscopio, los testículos y epidídimos fueron conservados nuevamente en formalina y etiquetados según correspondía. Posteriormente se realizó la observación y documentación de laminillas histológicas correspondientes a cortes los testículos y epidídimos de los murciélagos muestreados, para ello se requirió el uso de un microscopio AmScope y una cámara compatible con dicho instrumento, además de la utilización del programa AmScope para el procesamiento de las imágenes.

Las imágenes obtenidas se utilizaron posteriormente para realizar una comparación del contenido de células espermatogénicas (espermatogonias, espermatocitos y espermátidas) con el fin de determinar el momento en que los machos *N. mexicanus* realizan la espermatogénesis.

Para cumplir con el objetivo anterior y los demás objetivos de la investigación se realizaron análisis estadísticos de las medidas convencionales y morfométricas de los órganos sexuales de machos y hembras.

Estos análisis estadísticos se realizaron con una base de datos proporcionada por el MBRA Gihovani Ademir Samano Barbosa y consistieron en pruebas estadísticas de varianza, promedios, desviación estándar, pruebas de normalidad, ANOVAs y pruebas de Kruskal-Wallis, para esto se requirió el apoyo del paquete estadístico past 3.0. Posteriormente se realizaron las gráficas correspondientes utilizando la paquetería GraphPad Prism 8.0.1.

Objetivos y metas alcanzados

Se logro describir la variación morfométrica e histológica del testículo del murciélago *N. mexicanus* para conocer sus cambios en un ciclo anual y determinar el periodo de espermatogénesis.

Se logro describir la variación morfométrica del epidídimo del murciélago *N. mexicanus* para conocer sus cambios en un ciclo anual.

Se logro determinar la presencia de espermatozoides en el epidídimo solo en algunos meses.

Se describió la variación morfométrica uterina y embrionaria del murciélago *N. mexicanus* para conocer sus cambios en un ciclo anual y determinar el periodo de gestación.

Resultados

Variación morfométrica

Medidas convencionales de la especie

El antebrazo en las hembras presentó una media anual de 39.08 mm \pm 1.51 SD, y aunque varia a lo largo del ciclo, siendo menor en el mes de agosto con 37 mm \pm 1.51 SD y mayor en el mes de abril con 40.67 mm \pm 2.94 SD, no presenta diferencias significativas a lo largo del año ($\chi^2 = 9.35$, $p = 0.47$). El antebrazo en el macho presentó una media anual de 39.26 mm \pm 2.05 SD y aunque varia a lo largo del ciclo, siendo menor en el mes octubre con 35.78 mm \pm 4.96 SD y mayor en el mes de febrero con 40.67 mm \pm 2.08 SD, no presenta diferencias significativas a lo largo del año ($\chi^2 = 13.18$, $p = 0.19$).

Peso corporal e Índice de condición corporal.

El peso corporal de las hembras muestra una media anual de 4.81 g \pm 0.44 SD que varía a lo largo del ciclo anual ($\chi^2 = 23.92$, $p = 0.0075$), el cual fluctúa entre 4.18 g \pm 0.15 SD presentado en el mes de febrero y alcanza su mayor peso hacia el mes de junio con 5.34 g \pm 0.93 SD. Por otra parte, el BCI de la hembra mostró una media anual de 0.16 \pm 0.10 SD, y presenta diferencias significativas a lo largo del ciclo

anual ($\chi^2 = 24.48$, $p = 0.0064$), el cual fluctúa entre $0.12 \text{ g} \pm 0.01 \text{ SD}$ para el mes de abril y alcanza su máximo valor en el mes de mayo con $0.36 \pm 0.51 \text{ SD}$. El peso corporal de los machos muestra una media anual de $5.00 \text{ g} \pm 0.35 \text{ SD}$ que varía a lo largo del ciclo anual ($\chi^2 = 29.08$, $p = 0.001$), el cual fluctúa entre $4.44 \text{ g} \pm 0.29 \text{ SD}$ presentado en el mes de septiembre y alcanza su mayor peso hacia el mes de julio con $5.64 \text{ g} \pm 0.31 \text{ SD}$. Por otra parte, el BCI mostró una media anual de $0.13 \pm 0.01 \text{ SD}$, y presenta diferencias significativas a lo largo del ciclo anual ($\chi^2 = 21.57$, $p = 0.01$), el cual fluctúa entre $0.11 \text{ g} \pm 0.01 \text{ SD}$ para el mes de septiembre y alcanza su máximo valor en el mes de agosto con $0.14 \pm 0.01 \text{ SD}$.

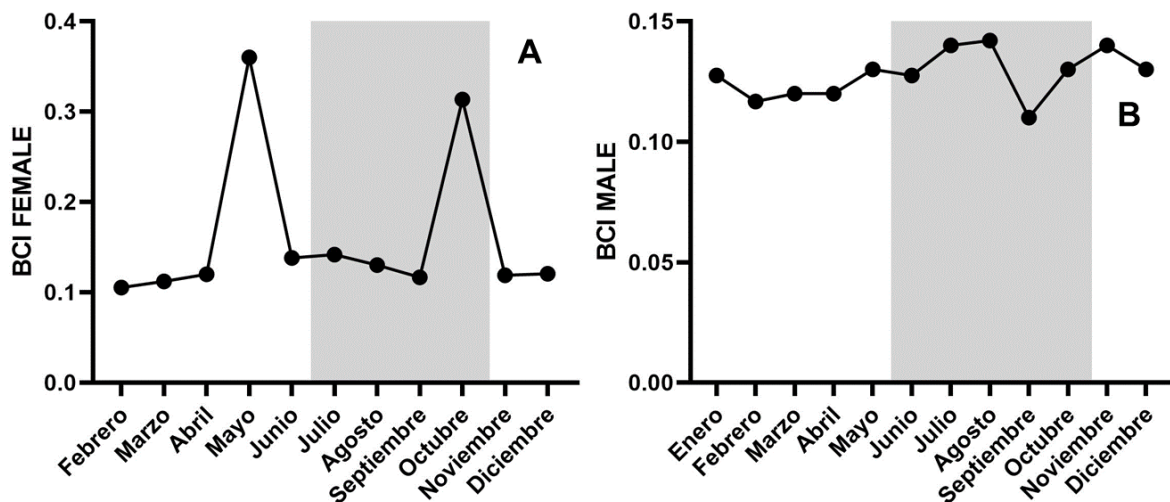


Figura 1. Graficas de las medidas convencionales de *Natalus mexicanus*. Índice de Condición corporal de A) Hembras y B) Machos.

Morfometría del tracto reproductor femenino

Las medidas del ancho y largo del tracto uterino indican un promedio anual de $5.75 \text{ mm} \pm 1.18 \text{ SD}$ de ancho y $2.47 \text{ mm} \pm 0.95 \text{ SD}$ de largo. Estas estructuras varían en longitud a lo largo del ciclo, y presentan diferencias estadísticas en el ancho ($\chi^2 =$

10.97, $p = 0.0874$) y largo ($\chi^2 = 15.82$, $p = 0.0122$). En el caso del ancho, la mayor longitud se muestra en el mes de abril con 6.50 mm y la menor medida se encontró en el mes de mayo ($\bar{X} = 1.43 \text{ mm} \pm 0.04 \text{ SD}$). Para la medida del largo uterino, la mayor longitud se observó en abril con 9 mm y la menor medida se encontró en el mes de mayo ($\bar{X} = 4.43 \text{ mm} \pm 0.81 \text{ SD}$).

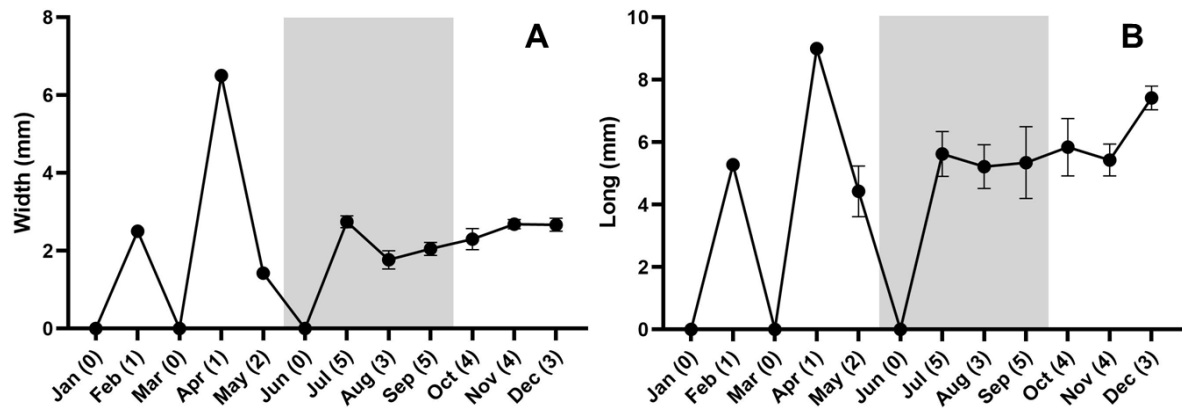


Figura 2. Graficas de las medidas morfométricas del tracto reproductor femenino. A) ancho del tracto uterino y B) largo del tracto uterino.

Las medidas de los cuernos uterinos se promediaron obteniendo una media anual de $0.92 \text{ mm} \pm 0.39 \text{ SD}$ para el cuerno derecho y $0.91 \text{ mm} \pm 0.30 \text{ SD}$ para el cuerno uterino izquierdo, sin diferencias significativas durante el ciclo anual.

Embriones

Se encontró presencia de embriones des del mes de octubre hasta el mes de junio, el promedio anual para el ancho fue de $5 \mu\text{m} \pm 1.16 \text{ SD}$ y $7.46 \mu\text{m} \pm 1.67 \text{ SD}$, durante estos meses se encontraron variaciones significativas siendo el mes de mayo donde se encontraron los mayores valores tanto en la longitud del ancho ($\bar{X} = 9 \mu\text{m} \pm 3.46 \text{ SD}$) como en la de largo ($\bar{X} = 16.67 \mu\text{m} \pm 1.53 \text{ SD}$), el menor valor para ancho se

presentó en diciembre ($\bar{X} = 1.43 \mu\text{m} \pm 0 \text{ SD}$) mientras que para largo fue en noviembre ($\bar{X} = 1.55 \mu\text{m} \pm 1.33 \text{ SD}$).

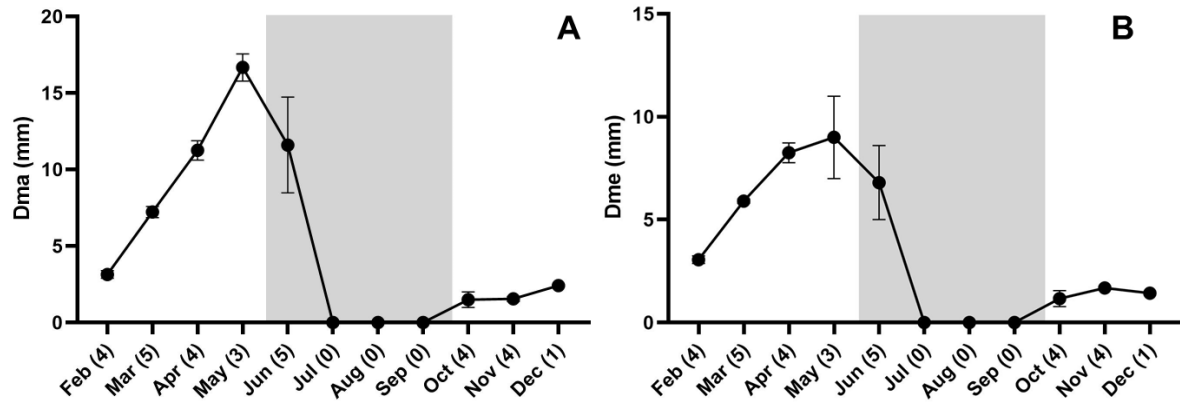


Figura 3. Graficas de las medidas morfométricas de los embriones. A) Diámetro mayor (largo) de los embriones y B) diámetro menor (ancho).

Morfometría del tracto reproductor masculino

El testículo presenta una media anual de $1.49 \text{ mm} \pm 0.23 \text{ SD}$ de ancho por $1.90 \text{ mm} \pm 0.26 \text{ SD}$ de largo, mostrando una diferencia significativa a lo largo del ciclo anual (ancho: $\chi^2 = 62.79$, $p = 1.05\text{E-}09$ y largo: $\chi^2 = 64.77$, $p = 4.37\text{E-}10$) entre los distintos meses. Durante el ciclo anual se muestra un crecimiento gonadal a partir del mes de noviembre ($\bar{X} = 2.73 \text{ mm} \pm 0.25 \text{ SD}$ de ancho y $\bar{X} = 3.24 \text{ mm} \pm 0.37 \text{ SD}$ de largo), siendo además la fecha que presenta los mayores valores en las variables, y que se mantiene constante por los dos meses siguientes, iniciando la disminución hacia el mes de febrero hasta llegar a su menor tamaño en el mes de septiembre ($\bar{X} = 0.67 \text{ mm} \pm 0.12 \text{ SD}$ de ancho y $\bar{X} = 1.02 \text{ mm} \pm 0.14 \text{ SD}$ de largo).

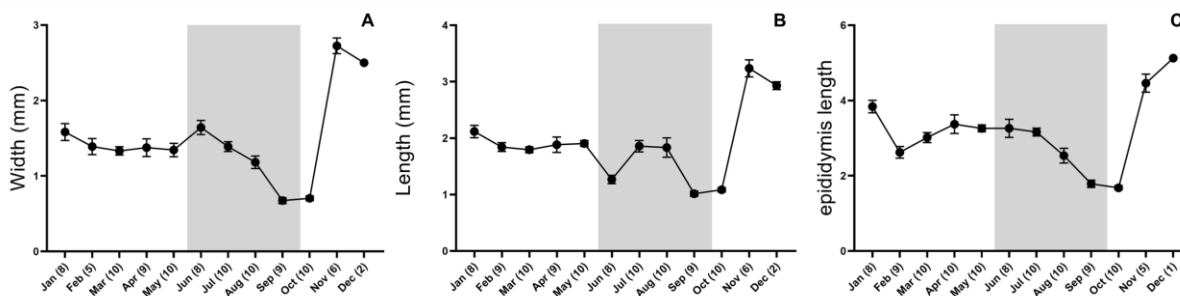


Figura 4. Graficas de las medidas morfométricas del tracto reproductor masculino. A) ancho de los testículos, B) largo de los testículos y C) largo del epidídimo.

Variación histológica

Descripción del tracto reproductor masculino

Con la finalidad de conocer de manera general las diferencias estructurales en el testículo de *N. mexicanus* se realizó un seguimiento anual de los testículos. Así mismo con la intención de conocer las variaciones en los estratos celulares a lo largo del ciclo, se analizó la histología de los túbulos seminíferos y el conducto epididimario para determinar cuándo se lleva a cabo el proceso espermatogénico, así como la presencia de espermatozoides en el epidídimo.

Testículos

Los testículos son órganos pares con forma ovoide rodeados por una túnica vaginal y la túnica albugínea, una cápsula de tejido conjuntivo. Internamente, cada testículo se divide en lóbulos, que a su vez constan de túbulos seminíferos y un estroma de tejido conectivo en el que se ubican las células intersticiales de Leydig. Los túbulos seminíferos están rodeados por una túnica propia y tienen un epitelio estratificado complejo, el epitelio seminífero. La histología del testículo cambia a lo largo del

ciclo anual (fig.5), durante los meses de julio a agosto y de diciembre a enero se observan los túbulos seminíferos abiertos. De marzo a julio en donde se pueden observar los túbulos seminíferos cerrados, el tejido intersticial y la túnica albugínea.

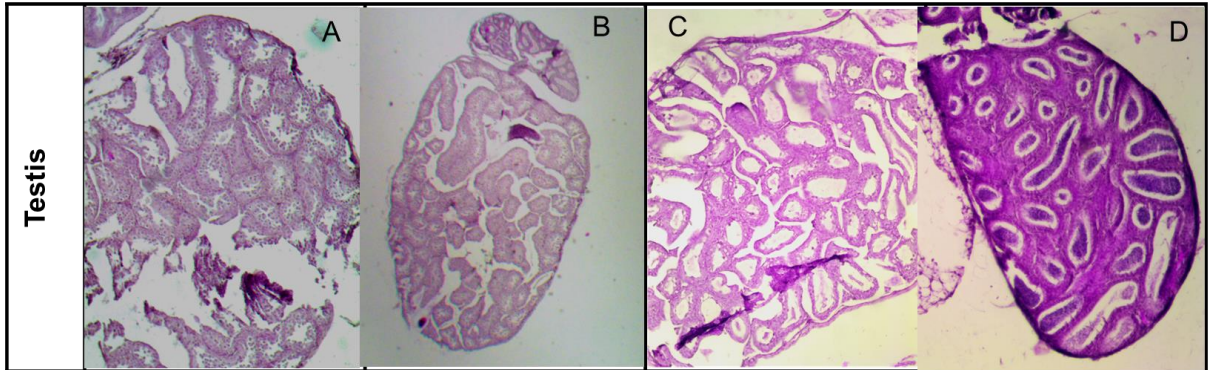


Figura 5. Cortes histológicos del testículo de *Natalus mexicanus* correspondientes a los meses de: A) febrero, B) abril, C) Agosto y D) diciembre. Tinción: Hematoxilina-Eosina.

Túbulo seminífero y epidídimo.

Durante los primeros meses es posible observar claramente espermatogonias, espermátocitos primarios y espermátidas, observándose en el epidídimo indicios de la presencia de espermatozoides. En mayo los túbulos seminíferos se presentan con una prevalencia de espermátocitos y sin presencia de espermátidas ni espermatozoides, aunque por otro lado el corte histológico del epidídimo indica una disminución de la presencia de espermatozoides. En junio ya no se encuentra presencia de espermatozoides en el epidídimo y en el túbulo seminífero hay presencia mayoritaria de espermatogonias y no hay espermátidas. El epidídimo se mantuvo vacío hasta noviembre, pero el túbulo seminífero presentó diferencias entre cada mes de este periodo, podemos observar espermatogonias y espermátocitos, en el caso de julio y agosto incluso se observan algunos

espermatozoides en el lumen. Para diciembre hay presencia de espermatozoides tanto en el túbulo como en el epidídimo.

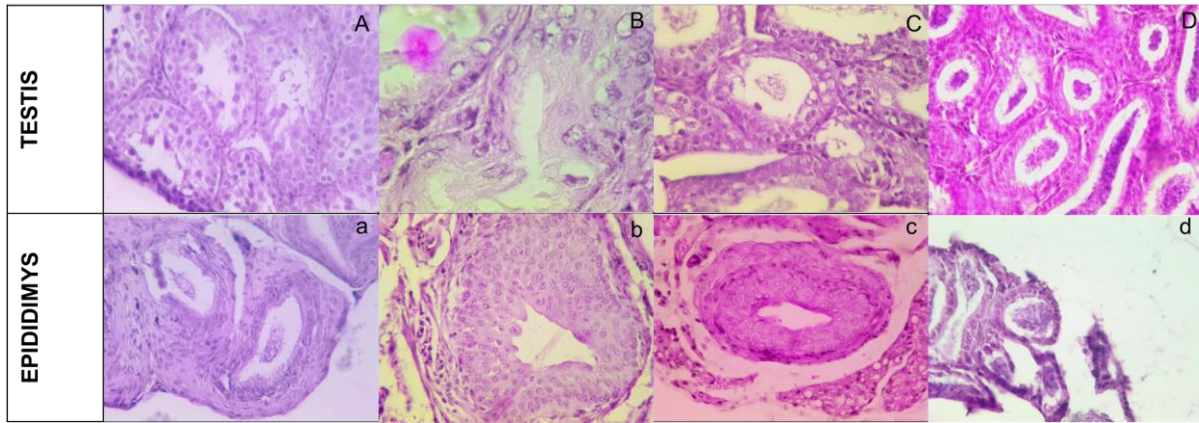


Figura 6. Cortes histológicos de testículo y epidídimo de *Natalus mexicanus*. A) testículo y a) epidídimo en el mes de marzo, B) testículo y b) epidídimo durante junio, C) testículo y c) epidídimo en agosto, D) testículo y d) epidídimo durante el mes de diciembre. Tinción: Hematoxilina-Eosina

Conclusiones

El patrón reproductivo de *Natalus mexicanus* en la cueva de las Chachalacas fue de tipo monoestro estacional. Aunque en la literatura consultada se menciona que el periodo de gestación tiene una duración de 5 meses aproximadamente (López-Wilchis et al., 2020), en el presente trabajo se registró la presencia de embriones durante nueve meses (de octubre hasta junio) seguido de tres meses de ausencia de estos (de julio a septiembre), indicando que los alumbramientos ocurrieron entre mayo y junio, fechas cercanas a la temporada de lluvias.

De acuerdo con López-Wilchis et al. la espermatogénesis puede ocurrir entre agosto y septiembre y los espermatozoides pueden estar presentes en la cola del epidídimo hasta febrero o marzo, un mes después de la espermatogénesis los testículos aumentan de tamaño al igual que el epidídimo. También menciona que la copula y

la fertilización parecen suceder entre diciembre y febrero. En el caso de los machos encontrados en el sitio de estudio se observó un incremento en el tamaño de los testículos a partir de noviembre y que continuo hasta enero y en las laminillas histológicas se puede observar una mayor concentración de espermatozoides en los testículos durante diciembre y permanecieron en el epidídimo hasta mayo, aunque se encontró indicios de la presencia de espermatozoides desde julio-agosto, indicando que la espermatogénesis estarse realizando desde este periodo que pertenece a la temporada de lluvias.

Recomendaciones

Es importante mencionar que durante el muestreo del mes de enero no se pudieron recolectar ejemplares hembra debido a una ausencia de estas en el sitio de muestreo. Se sabe que en algunas especies de murciélagos las hembras suelen mudarse a diferentes cuevas o sitios de percheo dependiendo sus necesidades al igual que se sabe que los patrones reproductivos en los quirópteros pueden varias incluso dentro de una especie por lo que es importante tomar esto en cuenta al buscar una explicación a la ausencia de especímenes en un periodo determinado.

Bibliografía

Balmori, A. (1999). La reproducción en los quirópteros. *Galemys*, 11(2), 17-34.

Ceballos G., Arroyo-Cabrales J., Vazquez D. Order Chiroptera. 2014. Mammals of Mexico.

Crichton, E. G., & Krutzsch, P. H. (Eds.). (2000). *Reproductive biology of bats*. Academic Press.

Elizalde-Arellano, C., & López-Vidal, J. C. 2021. Aspectos reproductivos de diferentes especies de murciélagos mexicanos aplicados para su conservación. *REPRODUCCIÓN ASISTIDA Y CONSERVACIÓN DE MAMÍFEROS*, 9.

Elizalde-Arellano, C., López, V. J. C., Uría, G. E., Montellano, R. H., Arroyo, C. J., Medellín, R. A., ... & Ortega, J. (2008). Citología vaginal y ciclo estral de *Diphylla ecaudata*. *avances*, 253.

Ferreira-García, Daniel, Saldaña-Vázquez, Romeo Alberto, & Schondube, Jorge E.. (2018). La estacionalidad climática no afecta la fenología de murciélagos cavernícolas con dieta omnívora. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(2), 488-496. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.2.2016>

Hernández, A. 2015. Murciélagos sombras voladoras nocturnos. Instituto de Ecología, A. C. Veracruz de Ignacio de la Llave.

Hernández-Aguilar, Itandehui, & Santos-Moreno, Antonio. (2020). Reproduction and population dynamics of cave-dwelling bats in Costa of Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 68(3), 785-802. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i3.41590>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010. Emiliano Zapata, Veracruz de Ignacio de la Llave. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30065.pdf

López-Wilchis, R., Torres-Flores, J. W., & Arroyo-Cabrales, J. (2020). *Natalus mexicanus* (Chiroptera: Natalidae). *Mammalian Species*, 52(989), 27-39.

Martínez-Coronel, Matías, Molina Gutiérrez, Anubis, & Hortelano-Moncada, Yolanda. (2021). Postnatal growth and development of *Natalus mexicanus* (Chiroptera: Natalidae). *Therya*, 12(1), 105-113. Epub 11 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.12933/therya-21-1062>

McGuire, L. P., Kelly, L. A., Baloun, D. E., Boyle, W. A., Cheng, T. L., Clerc, J., ... & Guglielmo, C. G. (2018). Common condition indices are no more effective than body

mass for estimating fat stores in insectivorous bats. *Journal of Mammalogy*, 99(5), 1065-1071.

Patiño Rico, J. J. (2007). Patrones reproductivos y estructura sexual de una comunidad de quirópteros en el municipio de Zipacón (Cundinamarca, Colombia).

Rippe, C. A. (2009, March). El ciclo estral. In *Dairy Cattle Reproduction Conference* (pp. 111-116).

Rivero Monteagudo, J. A. (2019). Reproducción de murciélagos en relación a la variación ambiental mensual en el bosque secundario del fundo Santa Teresa, Satipo-Perú.

Salgado-Mejía, F., López-Wilchis, R., Guevara-Chumacero, L. M., Valverde-Padilla, P. L., Corcuera Martínez del Río, P., Porto-Ramírez, S. L., ... & Samano-Barbosa, G. A. (2021). Characterization of assemblages in neotropical cave dwelling bats based on their diet, wing morphology, and flight performance. *Therya*, 12(3), 435-447.

Sánchez-Aparicio, P., Muñoz-García, S., & Cuadros, J. (2009). Papel de los factores solubles en foliculogénesis. *Revista Asebir.[Internet]*, 14(1), 37-42.

Sedano, J. Q. E. (2019). Biología reproductiva de murciélagos frugívoros y su relación con el ambiente en un bosque de pino-encino con actividad antrópica del Occidente de México.

Sosa, M., De Ascencao, A., & Soriano, P. J. (2015). Dieta y patrón reproductivo de *Rhogeessa minutilla* (Chiroptera: Vespertilionidae) en una zona árida de Los Andes de Venezuela. *Revista De Biología Tropical*, 44(2B), 867–875. Retrieved from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/21735>

Torres-Flores, J. W., & López-Wilchis, R. (2018). Trophic niche and diet of *Natalus mexicanus* (Chiroptera: Natalidae) in a tropical dry forest of Western Mexico. *Acta Chiropterologica*, 20(2), 343-350.

Torres-Flores, J. W., López-Wilchis, R., & Soto-Castruita, A. (2012). Dinámica poblacional, selección de sitios de percha y patrones reproductivos de algunos murciélagos cavernícolas en el oeste de México. *Revista de Biología Tropical*, 60(3), 1369-1389.

Zárate-Martínez, D. G., Serrato-Díaz, A., & López-Wilchis, R. (2012). Importancia ecológica de los murciélagos. *Contactos*, 85, 19-27.