



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO**

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍAS
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**“Desarrollo postnatal del murciélago *Leptonycteris nivalis*
en la comunidad Aguacatitla, Huasca de Ocampo,
Hidalgo, México”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

HIRAM ABISAY TOVAR ROMERO

DIRECTOR DE TESIS

DR. ALBERTO E. ROJAS MARTÍNEZ

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO 2020



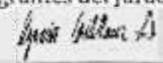
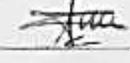
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
 Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
 Área Académica de Biología
Departamento de Biología

Fecha: 3 de noviembre de 2020
 Asunto: Autorización de impresión de Tesis.

M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR, UAEH
PRESENTE

Con base en lo establecido en el artículo 40, Capítulo I del Título Cuarto del Reglamento de Titulación, le comunico que el Jurado asignado la pasante de Licenciatura en Biología **Hiram Abisay Tovar Romero**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis titulado **"Desarrollo postnatal del murciélago *Leptonycteris nivalis* en la comunidad Aguacatitla, Huasca de Ocampo, Hidalgo, México"** ha decidido autorizar la impresión del mismo, después de revisarlo en reunión de sinodales, hechas las correcciones acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los Integrantes del Jurado:

PRESIDENTE: Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark 
 SECRETARIO: Mtra. María del Carmen González Rodríguez 
 PRIMER VOCAL: Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez 
 SUPLENTE: Dr. Pablo Octavio Aguilar 

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi más atenta consideración.

ATENTAMENTE


 M. en C. MAGDALENA MEZA SÁNCHEZ

COORDINADOR ADJUNTO DE LA LICENCIATURA EN BIOLÓGIA



Ciudad del Conocimiento
 Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5 Colonia Carbon
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
 Teléfono: +52 (771) 71 720 00 ext. 6640, 6642 Fax 217
 aab_icbi@uaeh.edu.mx

Agradecimientos

Darle las gracias a mi director de tesis Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez por su tiempo, paciencia y ayuda para la elaboración de este trabajo de tesis, de igual manera agradecer a “Ecoturismo Aguacatitla” y sus integrantes, al Sr. José Luis Ramírez Ángeles, representante legal y a los señores Carmelo, Gabino, Armando y al joven Javier, quienes siempre tuvieron disposición de auxiliarme durante las visitas.

Agradezco también a los sinodales: Dr. Pablo Octavio Aguilar, Biol. María Del Carmen González Rodríguez y Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark; por el tiempo dedicado a la revisión del escrito de tesis y sus valiosos comentarios y correcciones, los cuales hicieron de este un mejor trabajo.

Reconocer a mis padres Olga y Pedro quienes siempre me apoyaron a lo largo de toda mi vida universitaria, igualmente a mi hermana Karen, que a pesar de todo siempre estuvo ahí para apoyarme en lo que requería. De igual manera agradecer a mis abuelos Piedad y Fermín, quienes me abrieron las puertas de su casa, donde siempre tuve un lugar donde residir durante todo este ciclo universitario.

Además, mis amigos de la prepa, Jorge, Javier, Brenda, Fer, Vero, Aylin y Gerardo, como también los de la universidad, Jesús, Mara, Lili, Lupita, Citlalin, Juanjo, Lalo y Alan; con quienes pase maravillosos momentos y siempre me levantaban el ánimo cuando eran tiempos difíciles.

Por ultimo darle las gracias a mi pareja Karyna quien siempre estuvo a mi lado desde primer semestre apoyándome en todo momento, tanto emocional como académicamente. Lo cual me ayudo a crecer y mejorar no solo en estos aspectos, también en diversas cualidades de mi vida y a pesar de todas las adversidades vividas siempre tuvo una buena cara para alentarme y motivarme y estaré siempre agradecido con ella.

ÍNDICE

Resumen.....	5
Introducción	6
Objetivo general.....	9
Objetivos particulares	9
Método.....	10
Área de estudio	10
Trabajo de campo.....	12
Trabajo de laboratorio	13
Desarrollo postnatal.....	13
Características morfométricas de individuos recién nacidos.....	14
Periodo de nacimientos	14
Medidas y tiempo aproximado de individuos que comienzan a volar	15
Proporción sexual.....	16
Resultados	17
Periodo de nacimientos	17
Características físicas y morfométricas al momento de nacer	18
Medidas y tiempo aproximado para aprender a volar	18
Proporción de sexos	20
Discusión	21
Desarrollo postnatal y periodo de nacimientos.....	21
Características morfométricas al momento de nacer.....	22
Medidas y tiempo aproximado de los individuos que comienzan a volar	24
Proporción de sexos	26
Conclusiones	26
Literatura citada	28

Resumen

Con base en datos de ejemplares muertos recolectados durante cinco años (2014 al 2019), se describió el desarrollo postnatal en el murciélago *Leptonycteris nivalis* en la colonia de maternidad que se establece en Aguacatitla, Hidalgo. En este lugar, a lo largo de tres meses (abril, mayo y junio), los organismos recién nacidos se desarrollan y aprenden a volar hasta ser independientes. El periodo de nacimientos inicia desde que las hembras llegan al túnel; en la segunda semana de abril cuando se identificó al primer ejemplar recién nacido muerto. El periodo termina aproximadamente hasta la primera semana de mayo, cuando se halló el último ejemplar recién nacido, muerto. Las medidas morfométricas de los recién nacidos fueron, un peso promedio de 7.4 g, con longitud del antebrazo de 25.57 mm y del tercer dedo de 37.32 mm, obtenidos de ejemplares muertos con el cordón umbilical presente, con la presencia o ausencia de placenta. En cuanto al desarrollo de los ejemplares que aprenden a volar, se determinaron medidas de peso ≥ 20 g, longitud del antebrazo ≥ 45 mm y tercer dedo ≥ 70 mm, que son alcanzadas hasta los veintiséis días. El tiempo referido se estimó a partir de que se recogió el primer ejemplar recién nacido y el primer ejemplar juvenil con características de volador. Estos ejemplares voladores, presentaron medidas que en porcentaje respecto al adulto fueron de 56.10% para el peso, 91.09% para longitud del antebrazo y 67.94% para el tercer dedo. Por último, se encontró una mayor cantidad de machos muertos (109), con respecto a las hembras (97) en cinco años de colecta, aunque las diferencias no fueron significativas.

Introducción

Los murciélagos pertenecientes al orden Chiroptera (clase Mammalia), son un grupo que cuenta en el mundo con aproximadamente 1,116 especies agrupadas en 18 familias, por lo que constituyen el segundo orden de mamíferos más diverso después de Rodentia (Simmons, 2005). Los murciélagos pueden nutrirse de diversos alimentos como insectos, pequeños vertebrados, sangre, néctar, polen, frutas y tejidos florales. Debido a esta gran variedad de alimentos que pueden consumir tienden a tener una distribución cosmopolita (Vaughan et al., 2000).

Los murciélagos suelen tener a sus crías en lugares protegidos. Los refugios que utilizan las madres son sitios apropiados para los neonatos en donde las variaciones ambientales son mínimas, para disminuir los riesgos de estrés térmico y mortalidad de las crías. Las cuevas y minas abandonadas son refugios idóneos porque mantienen condiciones ambientales relativamente estables a lo largo del año y son poco accesibles a los depredadores potenciales (Kunz, 1982).

Por otra parte, la reproducción en estos organismos exhibe diversas adaptaciones, que contrastan con las de los mamíferos terrestres de tamaño similar. Las adaptaciones a la locomoción aérea, que entre los mamíferos son exclusivas de los murciélagos, son algunas de sus principales componentes de su historia de vida. Otras adaptaciones consisten en los períodos de gestación relativamente largos, pequeñas camadas y grandes masas corporales neonatales (Kurta y Kunz, 1987; Hayssen y Kunz, 1996). Al mismo tiempo el gran tamaño de los recién nacidos, representa un estado avanzado de desarrollo neuromuscular en el momento del nacimiento (Kurta y Kunz, 1987), como es evidente por las extremidades traseras bien desarrolladas, lo que permite a las crías aferrarse tenazmente a sus madres o al substrato de donde se sostienen. A pesar de su tamaño neonatal relativamente grande, los murciélagos recién nacidos son funcionalmente altricios, considerando la escasez de su pelaje, su incapacidad para termorregular (Fujita, 1986), su incapacidad para volar y la dependencia nutricional de sus madres. Sin embargo, los requerimientos de lactancia pueden reducirse si el período de gestación es prolongado y los jóvenes nacen con un tamaño avanzado (Kurta y Kunz, 1987). Debido a estas deficiencias con las que nacen, la madre transporta al neonato en vuelo, hasta que puede sujetarse del techo, lo que implica dos o tres días. Posteriormente los murciélagos aprenden a volar, lo anterior ocurre

normalmente cuando se le desteta, generalmente un par de meses después del nacimiento (Davis y Schmidly, 1997). Simultáneamente el crecimiento posnatal es un rasgo importante de la historia de vida de los mamíferos (Case, 1978; Ricklefs, 1979), porque refleja un componente principal del esfuerzo de los padres (Oftedal, 1984; Kirkwood, 1985; Costa et al., 1986; Gittleman y Oftedal, 1987; Oftedal y Gittleman, 1988; McLaren, 1993; Kunz y Stern, 1995). También se ha visto que el crecimiento postnatal de los murciélagos es afectado por otros factores como el sexo, la disponibilidad del alimento, los cuidados maternos y algunos factores sociales (Tuttle y Stevenson, 1982; Hoying y Kunz, 1998; Heideman, 2000; Kunz y Hood, 2000; Porter y Wilkinson, 2001). Sin embargo, los análisis publicados de crecimiento posnatal y sobre la variación de las historias de vida en mamíferos, no existe en los murciélagos de la especie *Leptonycteris nivalis*, una especie amenazada de extinción en México (NOM-059-210).

Leptonycteris nivalis (Saussure, 1860) (murciélagos maguero mayor) (Figura 1) es una especie migratoria, que se distribuye desde el sur de los Estados Unidos (Texas, Nuevo México, y Arizona) hasta el sur de México que colinda con Honduras y Guatemala (BCI, 2001) (Figura 2). De esta especie solo son conocidas tres cuevas de maternidad en el norte de su área de distribución, donde se han encontrado hembras preñadas o con crías (Mount Emory Cave en el Parque Nacional Big Bend, Condado de Brewster, Texas; El Infierno en



Figura 1 Murciélagos maguero mayor

Santiago, Nuevo León, México; y Cuevas de El Rosillo en Sabinas, Coahuila, México (U.S. Fish and Wildlife Service, 2018). Recientemente en el año 2005 se descubrió un cuarto refugio de maternidad en el estado de Hidalgo (Rojas-Martínez, com. per., Ramos Frías, 2013; Zamora Vera, 2015) Hasta ahora, se conoce que nace una cría anualmente por cada hembra (Davis y Schmidly, 1997), y que su periodo de gestación en promedio es de 122 días (Jones et al., 2009).

Esta especie habita en matorrales desérticos, bosques abiertos de coníferas y bosques de pino, zonas altas de Sonora y zonas de vida transicional (U.S. Fish y Wildlife Service, 2001), estos ambientes se localizan entre los 516 y los 3,110 m sobre el nivel del mar. Durante el día estos individuos descansan



Figura 2 Distribución de la especie *L. nivalis*

en lugares protegidos como cuevas, árboles huecos y minas. La Cueva del Diablo, en Tepoztlán, Morelos, México es un refugio importante para el murciélago magueyero mayor. Después de aparearse allí, se ha sugerido que los murciélagos migran hacia el norte a las tres cuevas de maternidad ya mencionadas. Pero no se conoce el uso concreto del refugio encontrado en Huasca de Ocampo, Hidalgo, en el contexto de la migración anual que se ha supuesto ocurre cada año, para que nazcan las crías de esta especie en el norte de su distribución, pues se encuentra fuera de la latitud esperada. La ruta migratoria que sigue el murciélago magueyero mayor aún se desconoce y requiere investigación adicional. El murciélago magueyero mayor parece tener una gran población migratoria, de acuerdo con el modelo de población múltiple propuesto en el Plan de Recuperación de la especie (Brown, 2008). Se supone que los patrones migratorios coinciden con los patrones de floración de ciertas plantas de Agave como *A. angustifolia* (planta de mezcal) y *A. salmiana* (planta de pulque) (Arita, 1991). Las principales amenazas para el murciélago magueyero mayor incluyen cambios en el uso del suelo, visitas humanas a cuevas y el cambio climático (U.S. Fish and Wildlife Service, 2018).

En este trabajo se proporciona información sobre el desarrollo posnatal del murciélago magueyero mayor, con la finalidad de conocer el tiempo que tardan estos animales en aprender a volar.

En el refugio encontrado en Huasca de Ocampo, existe información sobre el tamaño poblacional de la colonia, y sobre el proceso de los nacimientos en la colonia que se alberga en el túnel (Zamora Vera, 2015). Adicionalmente se tiene información sobre genética histórica en donde se estudiaron las relaciones parentales que existen entre la colonia de maternidad y las hembras que forrajean en el Parque Ecológico de Cubitos, localizado en la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo (Ramos Frías, 2013).

Objetivo general

Deducir el desarrollo postnatal del murciélago *Leptonycteris nivalis*, considerando el peso, la longitud del antebrazo y del tercer dedo en las alas, utilizando ejemplares muertos, desde el momento de su nacimiento y hasta que comienzan a volar; para conocer el tiempo que tardan en madurar para salir a alimentarse del polen y el néctar de las flores.

Objetivos particulares

- Definir las características morfométricas de los recién nacido en la especie *Leptonycteris nivalis*, considerando las medidas de los neonatos encontrados muertos, para conocer el tamaño con el que nacen los individuos de esta especie.
- Determinar el periodo de los nacimientos en la colonia de maternidad, utilizando las medidas de los ejemplares encontrados muertos, para establecer el tiempo en que las hembras de esta especie paren a sus crías.
- Determinar el tiempo que tardan los jóvenes de la especie *Leptonycteris nivalis* en desarrollarse y en aprenden a volar, utilizando los individuos que mueren en la colonia de maternidad cuando están aprendiendo a volar, comparándolos con las medidas de ejemplares nacidos en la colonia, que están vivos y que son capaces de volar. Para establecer, el tiempo que requiere un neonato en el desarrollo del vuelo dentro de la colonia.
- Determinar la proporción de sexos en los individuos muertos recolectados a lo largo de cinco años en la colonia de maternidad, para determinar la proporción sexual al momento de nacer.

Método

Área de estudio

El estudio se llevó acabo en la barranca de Aguacatitla ubicada a 6 km NE del centro del municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, a una altitud media de 800 metros sobre el nivel del mar (20°6'07.60" N, 98°34'05.63" W). El clima de la zona corresponde a un clima semicálido húmedo con lluvias todo el año, la temperatura ronda entre los 20–24°C (INEGI, 2009). El centro ecoturístico de Aguacatitla (Figura 3), es un lugar donde aprovechan la presencia de esta especie como una atracción turística, porque el refugio se encuentra dentro de este parque. El lugar es un túnel horizontal excavado por humanos, el cual fue construido para conducir agua a través de una red que alimentaba una planta hidroeléctrica, ahora en desuso, que abastecía parte de la energía eléctrica consumida en la ciudad de Pachuca.

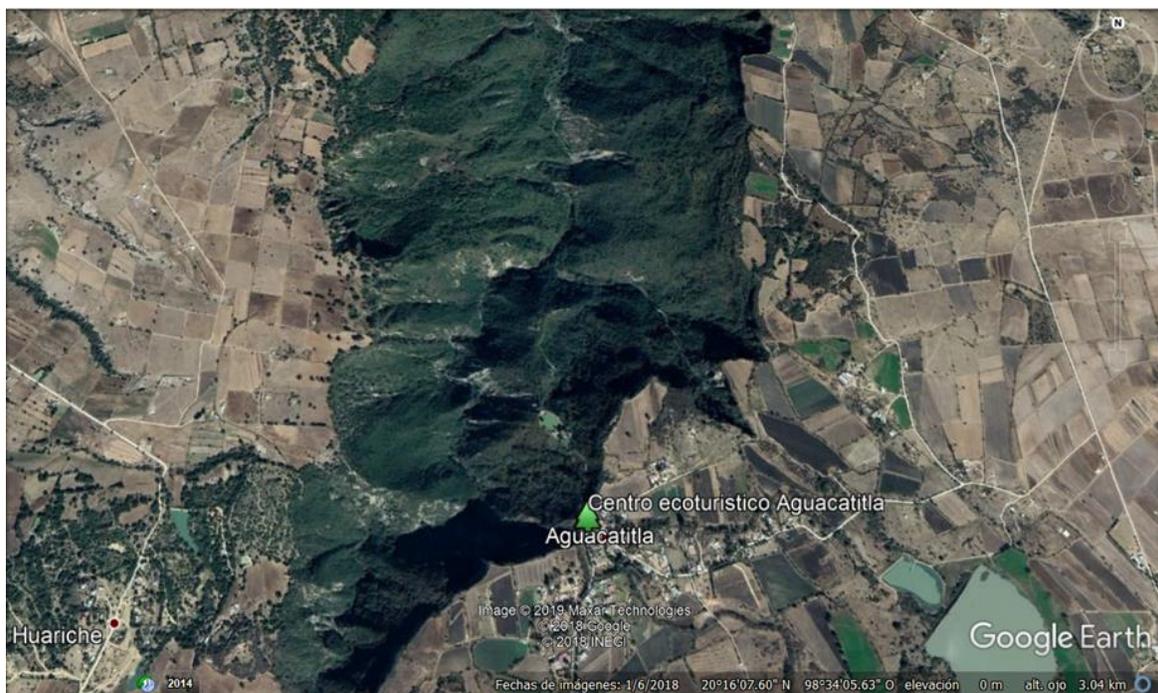


Figura 3 Ubicación de la entrada al centro turístico de Aguacatitla.

Este túnel consta de una entrada (Figura 4), con dos salidas, una que se dirige perpendicularmente hacia un precipicio y que se utilizó durante la excavación para eliminar el material de la excavación y otra que da conexión a la continuidad del túnel.



Figura 4 Entrada del túnel, el cual conduce a la colonia de maternidad

Esta colonia de maternidad fue descubierta por el Dr. Alberto E. Rojas Martínez en el año 2005 y desde entonces se ha dado seguimiento al momento en el que llega la colonia, cuánto tarda en el lugar y cuantas hembras llegan cada año (Figura 5).

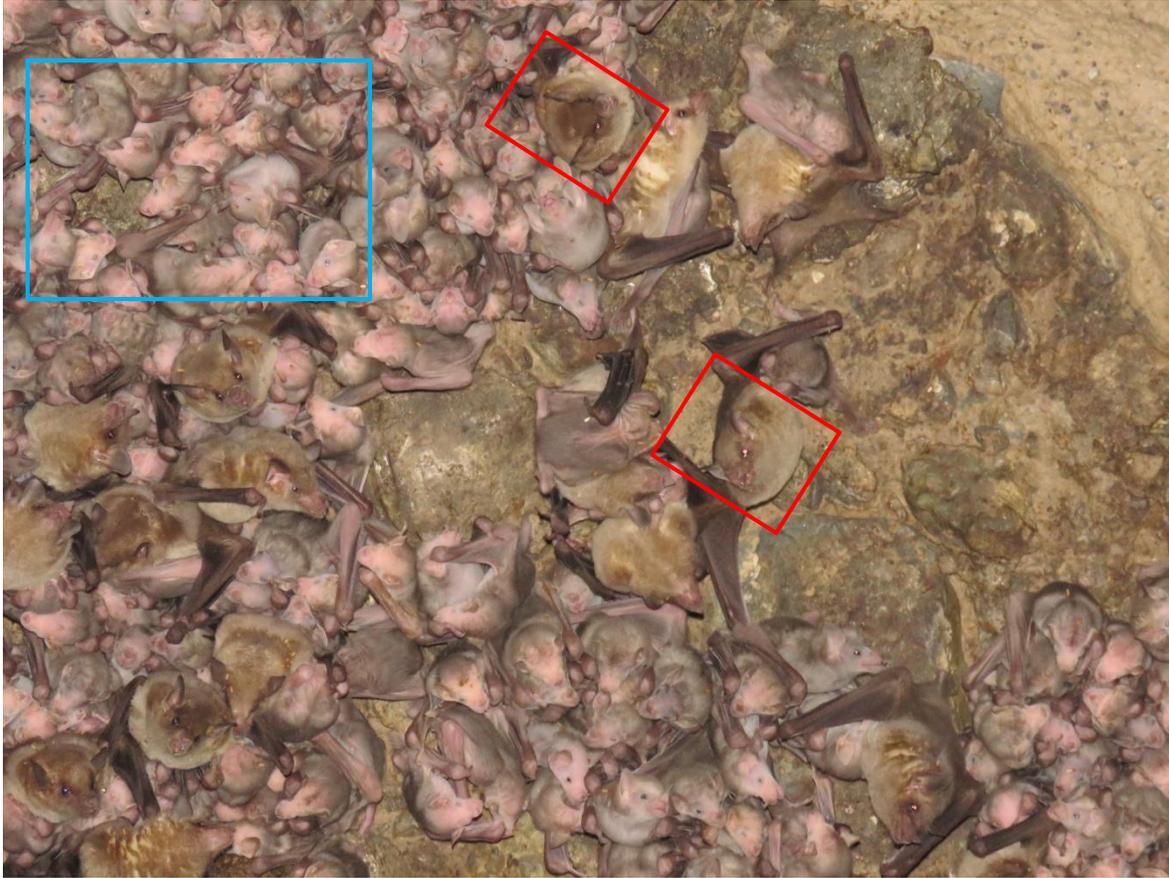


Figura 5 Colonia de maternidad del túnel de Aguacatitla. Se observa hembras adultas (recuadro rojo) e individuos recién nacidos (recuadro azul)

Trabajo de campo

Para determinar el momento en el que iniciaron los nacimientos, se examinaron cadáveres de ejemplares recolectados muertos de manera circunstancial en los años 2015, 2016, 2017, 2019. Durante el año 2018, fue visitado el refugio de maternidad de Aguacatitla de manera sistemática, cada ocho días del 7 de abril, hasta el 30 de junio. Fueron colocadas tres trampas, desde el momento en que se instaló la colonia en el túnel. Estas trampas fueron construidas con una red de mosquitero, con dimensiones de 1.70 x 1.15 metros, que cubrían el 50% del espacio en el que las hembras colocan a sus crías en el techo del refugio. Fueron instaladas a una altura de 1.40 m, sostenidas por varillas metálicas que se apoyan sobre los dinteles del recubrimiento del canal, a través del cual fluye el agua (Figura 6). Estas trampas se colocaron con el propósito de capturar a las crías que caen del techo por algún accidente, además de aquellos que dejan caer las madres, debido a que nacen muertas. Además de esto, durante la visita se colocaba una malla de metal a unos metros antes de

entrar a los túneles, esto con el objetivo de capturar a los organismos ahogados en el agua, que al paso de nosotros se desprendieran del fondo y que la corriente arrastraba. En las visitas realizadas, los diversos neonatos recolectados de la especie *Leptoncyteris nivalis* fueron colocados en frascos con alcohol al 70%, marcándolos con la fecha de recolecta correspondiente para su revisión posterior.



Figura 6 Redes puestas debajo de la colonia con ejemplares muertos caídos del techo.

Trabajo de laboratorio

Desarrollo postnatal

Todos los ejemplares recolectados durante cinco años, fueron utilizados para determinar momento en el que se inician los nacimientos y el desarrollo posnatal de la especie *L. nivalis*. Los ejemplares fueron revisados en el laboratorio de Ecología de Poblaciones del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Con ellos se determinó el tiempo en el que ocurren los nacimientos en el refugio, a partir de los ejemplares muertos recogidos en el túnel. Todos los ejemplares recolectados en los cinco años fueron clasificados y medidos, incluyendo la medida del tercer dedo, pesados y sexados.

Con los datos obtenidos de cada ejemplar se formó una base de datos en el programa de Microsoft Excel organizando la información en las siguientes rubros: año, día y mes, número consecutivo del ejemplar revisado, presencia de cordón umbilical, presencia de pelo y la zona del cuerpo en la que está, sexo de los ejemplares, peso en gr, longitud del antebrazo en mm y longitud del tercer dedo en milímetros. Esta información fue utilizada para describir las características físicas que tienen los recién nacidos y determinar la etapa de desarrollo en el que se encontraban momento de morir.

Con la información referida se calcularon por fecha los siguientes elementos: promedio de peso (g), promedio de longitud del antebrazo y del tercer dedo (mm). Con ellos se graficó el peso de los ejemplares (g) y las medidas del antebrazo y del tercer dedo (mm) contra las fechas de colecta.

Características morfométricas de individuos recién nacidos

Para determinar y describir las características de las crías de la especie *Leptonycteris nivalis* al momento de nacer fueron medidos los ejemplares encontrados muertos con el cordón umbilical, con restos de placenta o sin ella. De estos fueron obtenidos las medidas; mínima, máxima y promedio de la longitud del antebrazo, la longitud del tercer dedo y el peso. Se utilizó una tabla dinámica (Microsoft Excel), para manejar la información.

Finalmente el tamaño de los ejemplares recién nacido se transformó a porcentaje para compararlo con las medidas de los ejemplares adultos, las medidas de ejemplares fue tomada a partir de 34 individuos adultos vivos, los cuales fueron capturados en el año 2008 en la cueva de maternidad ubicada en Aguacatitla, Huasca de Ocampo. Las medidas que se utilizaron para machos fueron antebrazo 55 mm, tercer dedo 107 mm, y peso 41 gr, en cuanto a la hembra fueron antebrazo 56.93 mm, tercer dedo 105.83 y peso 40.33 gr, tomados de una base de datos, proporcionada por el Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez del año 2008.

Periodo de nacimientos

Con la intención de encontrar el inicio del periodo de nacimientos en la cueva, se buscó el primer individuo muerto con características de recién nacido (con el cordón umbilical presente), para considerar esta fecha de recolecta como el inicio de los nacimientos. De

igual forma para poder encontrar el término de los nacimientos se buscó el último organismo con características de recién nacido, para identificar el final del periodo de los nacimientos.

Medidas y tiempo aproximado de individuos que comienzan a volar

Para tener una referencia de ejemplares ya voladores y sus medidas morfométricas, se tomaron medidas de 19 ejemplares vivos capaces de volar, durante el mes de junio, identificando aquellos ejemplares que mostraban las articulaciones del tercer dedo de las alas con epífisis cartilaginosas, las cuales son características de individuos que están en crecimiento (Kunz y Hood 2000; Liu et al., 2009; Lin et al. 2010). Lo anterior con la finalidad de comparar sus medidas con los ejemplares encontrados ahogados con medidas similares y apariencia de adulto (33 ejemplares). Se realizó una prueba de t de student para comparar las medidas de los ejemplares vivos capaces de volar. Si se cumple la hipótesis nula se interpreta que los ejemplares muertos estaban aprendiendo a volar cuando cayeron al agua. Las fórmulas utilizadas fueron:

$$S.C. = \sum X_i^2 - \frac{\sum (X_i)^2}{n}$$

Fórmula 1. Suma de cuadrados para cada muestra

$$S_p^2 = \frac{S.C._1 + S.C._2}{g/1 + g/2}$$

Fórmula 2. Varianza acumulada

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{S_p^2}{n_1} + \frac{S_p^2}{n_2}}$$

Fórmula 3. Desviación estándar de la diferencia entre medias

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

Fórmula 4. Fórmula utilizada para la prueba estadística t de student

Los datos para comparar el grado de desarrollo de los ejemplares muertos que habían desarrollado la capacidad de volar, se obtuvieron de 34 ejemplares adultos, capturados en el mes de junio de 2008. De estos ejemplares se obtuvieron los promedios de las medidas morfométricas, para compararlas con las de los ejemplares recolectados. Dichos porcentajes

se contrastaron además con los porcentajes tomados de la literatura, para el orden Chiroptera. De estas medidas se sugiere que los murciélagos jóvenes en general, pueden comenzar a practicar el vuelo al adquirir aproximadamente las siguientes características $70.9 \pm 15.7\%$ de la masa corporal del adulto y $91.2 \pm 5.9\%$ de longitud de antebrazo (Barclay, 1994).

En cuanto al tiempo aproximado en el que comienzan a volar, se consideró la fecha del primer organismo recién nacido y del primer animal ahogado con el tamaño de los organismos voladores. Con ello, se contabilizó el número de días que tardan los organismos desde su nacimiento hasta adquirir las medidas de un juvenil volador.

Proporción sexual

Fue consultada la base de datos realizada previamente, para cuantificar el número de ejemplares de cada sexo encontrados muertos en la colonia de maternidad. Se realizó una tabla de contingencia de cinco renglones por dos columnas, para poder obtener los valores observados y esperados. Fue aplicada una prueba de Chi² (Figura 7), con el objetivo de probar la hipótesis nula de que no hay diferencia entre los individuos muertos según su sexo.

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O - E)^2}{E}$$

Figura 7 Formula utilizada para la prueba estadística chi cuadrada

Donde:

X²: Chi cuadrada calculada

O: Frecuencias observadas

E: Frecuencias esperadas

Por otra parte, para determinar el tamaño en que los animales están comenzando a volar, fueron medidos los ejemplares encontrados ahogados con características de jóvenes voladores, adicionalmente fueron incluidas algunas alas con epífisis cartilaginosa encontradas en el túnel, para medir la longitud del antebrazo y del tercer dedo, que son estructuras que crecen conforme se adquiere la capacidad del vuelo. Las alas fueron dejadas por algún depredador que se comió el cuerpo de los murciélagos y dejó las alas. Estas alas fueron consideradas pertenecientes a la especie *L. nivalis*, debido a que sus alas se pueden

diferenciar de las de *Dermanura azteca*, que es una especie escasa, que comparte el túnel con el murciélago magueyero mayor.

Resultados

Periodo de nacimientos

Como se puede observar en las figuras 8 y 9, el periodo de nacimientos inicia durante la segunda semana de abril, debido a que en ese lapso de tiempo se encontraron los primeros organismos muertos (día ocho de ese mes), el periodo de nacimientos se extendió hasta la segunda semana de mayo (8 al 14). Por otra parte, en la penúltima semana de abril (22-28), se halló una gran cantidad de individuos muertos con cordón umbilical o con placenta, no obstante, los últimos organismos con cordón umbilical fueron encontrados en la segunda semana de mayo (día 14 de ese mes).

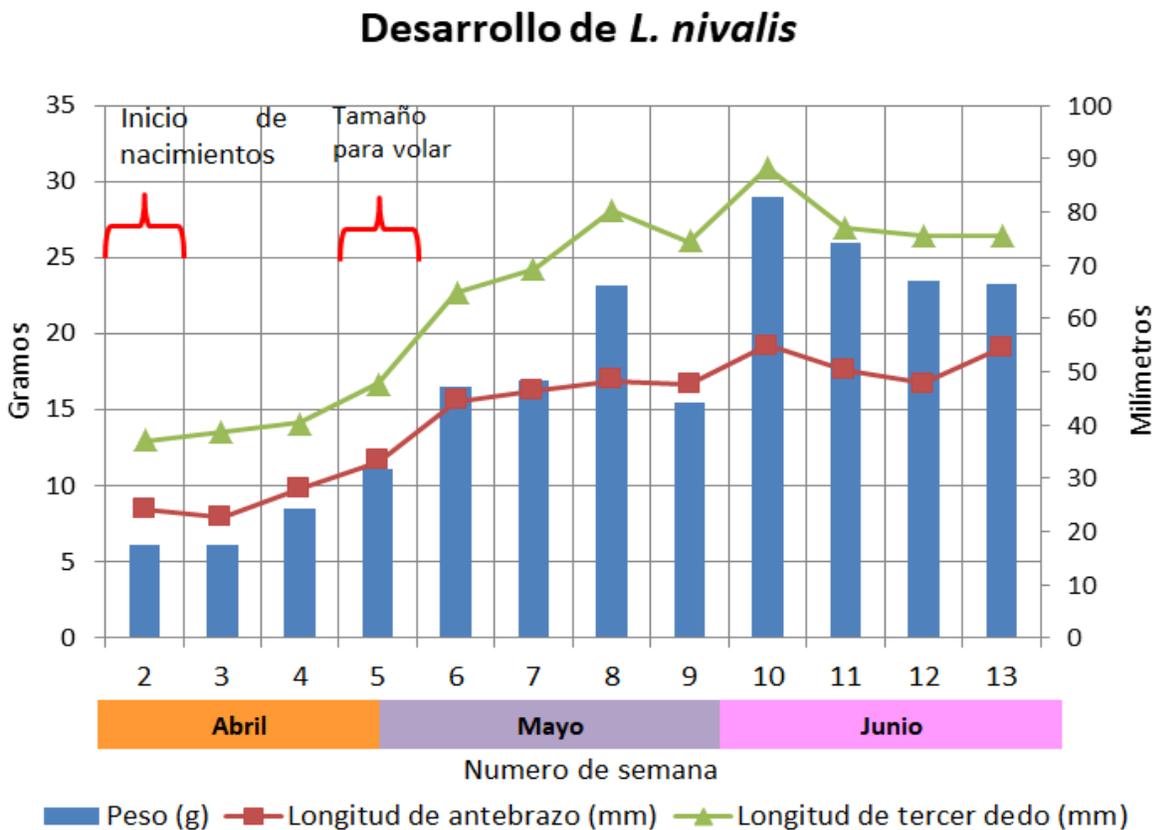


Figura 8. Promedios de las medidas morfométricas comparadas con el tiempo de estancia en el túnel.

Características físicas y morfométricas al momento de nacer

Todos los organismos recién nacidos fueron considerados para describir sus características al momento de nacer, los ejemplares seleccionados fueron aquellos que presentaron cordón umbilical, en algunos casos incluso tenían residuos de la placenta, además de un peso reducido. De igual manera se observó que los recién nacidos muestran la piel desnuda, con vellos finos y escasos en la parte proximal de la espalda y de la cabeza.

Los ejemplares recién nacidos presentaron las siguientes características: ausencia total de pelaje (23.08%), vello fino en la espalda y nuca, hasta la parte media de la cabeza (9.62%), también presentan en esa misma zona vello fino pero en mayor cantidad (21.16%) y por último con pelo en la espalda y la nuca, hasta la parte media de la cabeza (44.23%).

En cuanto al peso promedio se encontró un promedio de 7.4 g, con un máximo de 11 g, un mínimo de 4.25 g y una desviación estándar 1.855. En la longitud del antebrazo se obtuvo un promedio de 25.57 mm con un máximo de 31.4 mm, un mínimo de 20.2 mm y una desviación estándar de 3.098. En las medidas tomadas del tercer dedo se obtuvo un promedio de 37.32 mm con un máximo de 44.1 mm, un mínimo de 24.1 mm y una desviación estándar de 4.448. Los resultados anteriores fueron obtenidos por la medición de 51 ejemplares.

Es importante mencionar que en relación con los adultos, los neonatos machos nacen con un 18.78 % del peso total de los adultos, mientras que la longitud del tercer dedo representa un 33.65% de la medida en los adultos. En cuanto a las hembras se tiene un 18.03% del peso total de los adultos y 36.17% de la longitud del tercer dedo.

Medidas y tiempo aproximado para aprender a volar

Las características de un ejemplar volador, fueron determinadas a partir de 33 ejemplares revisados, los cuales, presentan el cuerpo cubierto de pelo grisáceo, con un peso igual o mayor a 20 gr, longitud del antebrazo igual o mayor de 45 mm y un tercer dedo igual o mayor a 70 mm. El primer ejemplar con características de volador, fue un macho encontrado el día cuatro de mayo de 2016, con un peso de 23 g, 50.1 mm de longitud del antebrazo y 72.7 mm de tercer dedo. Al convertir estos datos a porcentajes, se obtiene un

56.10% para el peso, 91.09% para longitud del antebrazo y 67.94% para longitud del tercer dedo.

Con lo anteriormente mencionado, se puede notar en la figura 9, las frecuencias de voladores y no voladores, se aprecia que los organismos empiezan a practicar el vuelo desde la primera semana de mayo (día cuatro de ese mes), donde se encontró un ejemplar ahogado con características propias de un juvenil capaz de volar. De igual forma el último ejemplar con características de volador, fue encontrado en la última semana de junio (día 30 de ese mes). Por lo cual en esta colonia, los organismos tardan un mes, en desarrollar las características de voladores y empezar a practicar el vuelo.



Figura 9 Frecuencia de organismos voladores representados en color rojo y no volador con color azul. Donde se muestra una disminución en ejemplares no voladores y un aumento de los voladores al paso de los meses. Los ejemplares voladores abandonan el refugio al aprender a volar.

En cuanto a la prueba de t de student, para el peso se obtuvo una t observada de 4.536, lo cual se comparó con la t teórica de 2.013, con 46 grados de libertad. El promedio fue de

39.87 gr en los ejemplares vivos y de los ejemplares muertos fue de 29.98 gr. En cuanto a la longitud del tercer dedo se obtuvo una t observada de 8.006, mientras que la teórica fue de 1.988, con 50 grados de libertad. El promedio de la medida en ejemplares vivos fue de 105.31 mm y ejemplares muertos de 83.79. Con lo cual podemos afirmar que si existe una diferencia significativa entre el peso de los ejemplares vivos capaces de volar con los ejemplares encontrados ahogados con medidas similares y con apariencia de adultos. Lo anterior confirma que los ejemplares muertos estaban aprendiendo a volar sin dominarlo, pues su promedio fue menor al de los ejemplares vivos capaces de volar.

Proporción de sexos

A lo largo de cinco años de colecta se obtuvieron 224 ejemplares, de los cuales 13, estuvieron representados por alas (longitud de antebrazo y tercer dedo), debido a que algún depredador se alimentó del cuerpo de estos organismos y dejó las alas fuera de su dieta. Conjuntamente en ocho individuos, no fue posible identificar el sexo, debido al alto grado de descomposición en el que se encontraron. Sin embargo, se pudieron obtener las otras medidas posibles. Con todo lo anterior, el total de individuos medidos fueron 206, de los cuales se encontraron 109 individuos machos y 97 hembras en cinco años de colecta (Tabla 1).

La prueba estadística de χ^2 fue de 5.5569 para los datos observados, lo cual se comparó con el valor de tablas de 9.488, con 4 grados de libertad. Por lo tanto no hay una diferencia significativa entre los machos y las hembras muertos, encontrados a lo largo de cinco años de colecta. Se acepta la hipótesis nula de que no hay diferencia entre los ejemplares de cada sexo.

Tabla 1. Cuento de sexos por año y totales.

	Hembra	Macho	Total
2015	13	8	21
2016	19	29	48
2017	33	27	60
2018	20	26	46
2019	12	19	31
Total	97	109	206

Discusión

La información disponible sobre el desarrollo postnatal de *L. nivalis* no existe, a pesar de lo anterior, se pueden encontrar datos de la especie hermana *L. yerbabuena*. Si bien, todos los trabajos sobre desarrollo postnatal existentes, están basados en individuos vivos y hasta ahora se ha utilizado la metodología de captura, marcado y recaptura, para dar seguimiento al desarrollo postnatal. Las medidas utilizadas son la longitud del antebrazo y el peso, para documentar el desarrollo. En esta investigación se ha recurrido a la medición de los ejemplares recién nacidos muertos, para evitar perturbar a la colonia de maternidad, debido a que *L. nivalis* es una especie amenazada de extinción (NOM-059-2010). Sin embargo una de las desventajas principales de este método, consiste en que no se puede hacer un seguimiento individual de cada neonato, por lo que no fue posible observar las diferentes conductas, que adquieren los individuos durante el desarrollo de su aprendizaje para volar.

Desarrollo postnatal y periodo de nacimientos

El inicio de los nacimientos se determinó por el primer organismo recién nacido encontrado muerto, el cual se caracterizó por la ausencia de pelo, presencia de la piel arrugada y presencia de cordón umbilical. Como lo menciona Martínez-Coronel et al. (2014), los

recién nacidos de la especie *L. yerbabuena*, se caracterizan por tener placenta unida al cordón umbilical, piel arrugada, de tonalidad rosada y desnuda, lo que concuerda con lo observado en la especie hermana *Leptonycteris nivalis*. Sin embargo la tonalidad rosada de la piel, no fue posible determinarla en los ejemplares revisados para este trabajo, debido a que los ejemplares muertos pierden el color y se tornan pálidos, lo cual interpretamos como de color rosado al momento del nacimiento.

Al graficar los promedios de peso, longitud del antebrazo y tercer dedo, para mostrar el desarrollo de los jóvenes encontrados muertos de la especie *L. nivalis*, se observa un crecimiento progresivo conforme pasa el tiempo. Como lo muestran los resultados del estudio de Martínez Coronel et al. (2014), quienes observan un crecimiento progresivo a lo largo de 30 días, al medir continuamente a los ejemplares de la especie *L. yerbabuena*, tanto para la longitud de antebrazo como el peso. Sin embargo la longitud del tercer dedo no ha sido considerada en el estudio realizado por estos autores, y fue incluida en esta investigación debido a que la longitud del tercer dedo es diagnóstica para la especie. Ellos toman en cuenta la longitud de la epífisis cartilaginosa metacarpo-falange del tercer y cuarto dedo, debido a que ha sido frecuentemente sugerida como criterio para estimar la edad precisa en murciélagos jóvenes con fecha de nacimiento menor a los tres meses de nacidos (Kunz y Hood 2000; Liu et al., 2009; Lin et al. 2010). En esta investigación, todos los ejemplares revisados eran jóvenes con las articulaciones en crecimiento, por lo cual no fue utilizada para este trabajo en específico.

Características morfométricas al momento de nacer

A partir de la revisión de 51 ejemplares, el peso promedio obtenido para este trabajo de los recién nacidos, fue de 7.4 g, con un máximo de 11 g y un mínimo de 4.25 g. De acuerdo con Hayssen, et al., (1993) el peso de los recién nacido para el género *Leptonycteris* es aproximado de 7 g. En cuanto a lo reportado por Martínez Coronel et al., (2014) en los años de 1998 y 2001 para la especie hermana *L. yerbabuena*, se tiene un peso promedio de 5.89 g. El cual es evidentemente menor, probablemente debido a que *L. yerbabuena* es de menor talla que *L. nivalis*, sin embargo, tampoco concuerda con los resultados obtenidos con lo reportado para el género *Leptonycteris*. La variación de pesos de los recién nacidos,

y el porcentaje que representa el neonato de la especie *L. nivalis*, respecto a la masa corporal de la madre fue de 18.35% para este trabajo, se puede explicar porque la masa corporal al momento de nacer en el orden Chiroptera, expresada como porcentaje, es intermedio en la familia Phyllostomidae (26.6%) Kurta y Kunzs (1987): lo que está ligado al tamaño de la madre, si es grande el neonato nacerá más grande y viceversa, si la madre tiene poco peso, es posible que el neonato tenga tallas reducidas.

Por otra parte, es bien conocido que los cambios de temperatura y humedad relativa, ya sea durante la gestación o la lactancia, llegan a influir sobre el tamaño de las crías al momento de nacer, y sobre la velocidad del crecimiento de los murciélagos, por lo que una disminución en la temperatura del refugio influiría en el crecimiento y desarrollo del feto o de la cría. Lo anterior es crítico en especies que no entran en torpor, debido a que el costo de la termorregulación aumenta, si la calidad del alimento que consume la madre no es lo suficientemente buena, para producir leche de calidad para su cría, por lo cual, el neonato, no conseguirá los nutrientes necesarios para poder crecer de manera adecuada. La nutrición de las hembras y de los neonatos debe ser investigada en este refugio, debido a que en Hidalgo las flores de maguey pulquero son cortadas para consumo humano, por lo que algunos ejemplares podrían pasar por periodos de desnutrición. Sin embargo, el aumento de la temperatura acelera el metabolismo y consecuentemente el crecimiento (Tuttle y Stevenson 1977; Hoying y Kunz 1998; Speakman y Thomas 2003). Pero como lo menciona Hensley y Wilkins (1988), se conoce que *L. nivalis* prefiere considerablemente temperaturas bajas en el interior de las cuevas, lo cual concuerda con las características del túnel de Aguacatitla, donde se encuentra la colonia de maternidad. En el túnel de Aguacatitla, circula una corriente de aire frío, que genera una temperatura constante de 16°C, que se eleva hasta los 31°C en los lugares en los que está asentada la colonia de murciélagos (Rojas-Martínez, com. pers., Ramos Frías, 2013; Zamora Vera, 2015).

De igual manera existen otros factores que influyen sobre el crecimiento y la supervivencia de los neonatos como son: la talla al nacer, el sexo y el tamaño de la camada (Basset 1984, Stern y Kunz 1998).

Medidas y tiempo aproximado de los individuos que comienzan a volar

El primer ejemplar con características de volador, fue un macho encontrado el día cuatro de mayo de 2016, con un peso de 23 g, 50.1 mm de longitud del antebrazo y 72.7 mm de tercer dedo. Su porcentaje, tomando como referencia las medidas de los adultos, las cuales se obtuvieron a partir de 34 individuos adultos vivos, los cuales fueron capturados en el año 2008 en la cueva de maternidad ubicada en Aguacatitla, Huasca de Ocampo. A partir de esto se obtuvo un 56.10%, 91.09% y 67.94% (peso, antebrazo y tercer dedo, respectivamente). Esto es importante para determinar el tiempo aproximado en el que los murciélagos nacidos en el refugio aprenden a volar, debido a que, como lo menciona Barclay (1994) en promedio, los jóvenes del orden Chiroptera son destetados en cuando tienen aproximadamente el $70.9 \pm 15.7\%$ de la masa corporal adulta y $91.2 \pm 5.9\%$ de la longitud del antebrazo adulto, lo cual les permite empezar a practicar el vuelo. Por otra parte Martínez Coronel et al., (2014), determinó para la especie *L. yerbabuena*, que los individuos que lograron el vuelo sostenido por primera vez, tiene un porcentaje de antebrazo respecto al adulto de 83.97%. En cuanto al peso reportan un 52.06%. Pero también menciona que al capturar ejemplares voladores de 30 días, su antebrazo respecto al de los adultos fue de 88.15%. En cuanto al peso reportaron un 56.87%. De lo anterior se puede observar que *L. nivalis*, aparentemente comienzan a volar cuando el porcentaje de su peso, está cerca del límite inferior para la masa corporal adulta propuesta por Barclay (1994) $70.9 \pm 15.7\%$ (55.2%) y dentro del rango de la longitud del antebrazo de los adultos $91.2 \pm 5.9\%$. Sin embargo, los datos reportados por Martínez Coronel et al., (2014) a los 20 días, para la especie hermana *L. yerbabuena*, no concuerdan con lo reportado por Barclay (1994), donde el porcentaje del antebrazo respecto al adulto es de 83.97% y para el peso reportan un 52.06%. Por otra parte, a los 30 días de crecimiento, el antebrazo respecto al adulto fue de 88.15% y en cuanto al peso fue de 56.87% lo cual concuerda tanto para lo reportado por Barclay (1994), lo mismo que lo obtenido en este trabajo. Sin embargo la longitud de tercer dedo al momento de iniciar el vuelo (67.98%) no fue tomado en cuenta. De lo anterior, se puede considerar que las medidas establecidas para determinar si un ejemplar es capaz de volar, son similares a los observados por otros autores. Sin embargo la prueba de t de student muestra, que existe una diferencia significativa entre los ejemplares

vivos capaces de volar, obtenidos en la colonia de maternidad de Aguacatitla y los ejemplares muertos obtenidos en esa misma colonia,

Aparentemente los primeros ejemplares voladores, aparecen en la colonia después de veintiséis días, de edad. Lo anterior se estableció contando el número de días desde que se encontró el primer ejemplar recién nacido (día ocho de abril) hasta que se recogió al último ejemplar con características de volador (día cuatro de mayo).

Kunz (1987), menciona que los murciélagos hembras suelen amamantar a sus crías hasta que son casi del tamaño de un adulto y Hayssen et al. (1993), menciona que la lactancia ha sido reportada de 4 a 8 semanas para el género *Leptonycteris*. Sin embargo, en este trabajo se estima que la lactancia dura aproximadamente tres semanas con cinco días, lo cual no coincide con lo reportado por estos autores. Sin embargo, se debe considerar que se trabajó con ejemplares muertos, por lo que no se pudo hacer un seguimiento individual, como lo hacen en otros trabajos donde se trabaja con neonatos vivos, hasta que comienzan a volar o que desaparecen al dejar la colonia. A pesar de esto el tiempo obtenido se aproxima de manera importante al periodo de lactancia mínimo reportado para los murciélagos de este género.

Por otra parte en el trabajo realizado por Martínez Coronel et al. (2004), para la especie *Leptonycteris curasoae*, indica que a lo largo de 30 días los ejemplares alcanzan un tamaño adecuado para emprender el vuelo. Aunque en este trabajo y para la especie *L. nivalis* se propone un periodo de 26 días, esto puede deberse a factores que influyen en el desarrollo postnatal, por lo que el tiempo utilizado por los organismos para comenzar a volar puede variar, tal vez una semana más.

Por otra parte Martínez-Coronel et al. (2004), observaron que a los diez días, tres hembras aleteaban, sin que intentaran volar. A partir de esa edad y hasta los 20 días, el número de individuos con un comportamiento similar aumento. Además reportaron que el primer individuo semivolador (presenta un vuelo no sostenido, debido a que chocaba con las paredes de la cueva o no sabían perchar), fue una hembra de 13 días. Sin embargo el pico de individuos con este desarrollo, se encontró a los 20 y 25 días de edad, por último a los 29 días de edad ya existían individuos verdaderamente voladores. Sin embargo para este

trabajo no fue posible determinar los estadios previos a la capacidad de volar, como son los tipos de comportamientos (aleteo) y o medir el tiempo en el que se presentan, debido a que para este caso los ejemplares estaban muertos y los reportados por Martínez Coronel et al. (2004) eran ejemplares vivos.

Proporción de sexos

La proporción de sexos en los individuos muertos recolectados durante los cinco años fue de 109 machos y 97 hembras, lo cual de acuerdo con la prueba de X^2 realizada no existe una diferencia significativa. Pero como lo mencionan Krebs & Davies (1993), si el éxito reproductivo de un macho depende de su tamaño y condición, y si tales atributos dependen a su vez de la capacidad de la madre para obtener recursos suficientes durante la gestación y la lactancia, entonces las hembras deberían invertir más en los machos en momentos en que existe una mejor condición corporal o mayor abundancia de recursos. Por lo que se puede esperar que los machos muertos sean mayoría en momentos de disminución de los recursos alimenticios en los alrededores de la colonia. Sin embargo, no se puede asegurar que exista una disminución en la disponibilidad de alimento, pues son necesarios estudios sobre la disponibilidad de los recursos, con el posible dimorfismo, para probar si tiene un mayor costo la crianza de los machos. Por otra parte, la colecta de ejemplares voladores ha revelado en diferentes ocasiones que la proporción de sexos en estos ejemplares es también de una hembra por cada macho en los individuos jóvenes (Rojas-Martínez, com. pers.).

Conclusiones

El presente estudio permitió describir por primera vez, el desarrollo postnatal del murciélago *L. nivalis* en el túnel de Aguacatitla, Hidalgo, determinándolo a partir de ejemplares muertos.

- Con relación a las características morfométricas de los individuos recién nacidos, se logró definir que el peso promedio de los recién nacidos es de 7.4 g, con un máximo de 11 g y un mínimo de 4.25 g. En la longitud del antebrazo se obtuvo un promedio de 25.57 mm, con un máximo de 31.4 mm y un mínimo de 20.2 mm. Por último en cuanto

al tercer dedo, tuvo un promedio 37.32 mm, con un máximo de 44.1 mm y un mínimo de 24.1 mm.

- En cuanto al periodo de nacimientos se determinó que ocurre a lo largo del mes de abril y principios de mayo, principalmente.
- En tiempo en que los murciélagos de *L. nivalis* aprenden a volar, se determinó que es de 26 días.
- Finalmente la proporción de sexos de los individuos muertos recolectados a lo largo de cinco años fue mayor para los machos. Sin embargo, no existe una diferencia significativa, lo anterior concuerda con la proporción sexual determinada en diferentes muestras de ejemplares juveniles ya voladores, en los cuales la proporción de sexos es igual o muy cercana a 1:1.

Literatura citada

- Arita, H. 1991. Spatial Segregation In Long-Nosed Bats *Leptonycteris nivalis* and *Leptonycteris curasoae* In Mexico. *Journal of Mammalogy*, 72 (4):706-714.
- Barclay, R. M. R. 1994. Constraints on reproduction by flying vertebrates: energy and calcium. *American Naturalist* 144:1021-1031.
- Bassett, J. E. 1984. Litter size and postnatal growth rate in the pallid bat, *Antrozous*. *Journal of Mammalogy*, 65:317-319.
- Bat Conservation International (BCI). 2001. "About Our Cover Image" <http://www.batcon.org>
- Brown, C.M. 2008. Natural history and population genetics of endangered Mexican long-nosed bat, *Leptonycteris nivalis* (Chiroptera: Phyllostomidae). M. S. Thesis, Angelo State University, San Angelo, Texas. 64 pp.
- Case, T. J. 1978. On the evolution and adaptive significance of post-natal growth rates in terrestrial vertebrates. *Quarterly Review of Biology* 53:243-282.
- Costa, D.P., Le Boeuf, B. J., Huntley, A.C. y Ortiz, C.L. 1986. The energetics of lactation in the northern elephant seal, *Mirounga angustirostris*. *Journal of Zoology*, London 209:21–33.
- Davis, W., D. Schmidly. 1997. "Mexican Long-nosed bat" <http://www.nsrl.ttu.edu/tmot1/leptniva.htm>.
- Fujita, M. 1986. A latitudinal comparison of growth and development in the little brown bat, *Myotis lucifugus*, with implications for geographic variation in adult morphology. PhD dissertation, Boston University, Boston.
- Gittleman, J. L. y Oftedal, O. T. 1987. Comparative growth and lactation energetics in carnivores. *Symposia of the Zoological Society of London* 57:41-77.
- Hayssen, V. y Kunz, T. H. 1996. Allometry of litter mass in bats: comparisons with respect to maternal size, wing morphology, and phylogeny. *Journal of Mammalogy* 77:476-490.
- Hayssen, V. A., Van Tienhoven, A., y Van Tienhoven, A. 1993. Asdell's patterns of mammalian reproduction: a compendium os species-specific data. Ithaca: Cornell University.
- Heideman, P. D. 2000. Environmental regulation of reproduction. pp. 469-499. *Reproductive Biology of Bats* (Crichton, E. G., y P. H. Krutzsch, eds.). Academic Press. London, Reino Unido

- Hensley, A. P. y K. T. Wilkins. 1988. *Leptonycteris nivalis*. Mammalian Species. American Society of Mammalogists 307:1-4.
- Hoying, K. M., y T. H. Kunz. 1998. Variation in size at birth and post-natal growth in the insectivorous bat *Pipistrellus subflavus* (Chiroptera: Vespertilionidae). Journal of Zoology 245:15-27.
- INEGI, 2009
http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13080.pdf
- Jones, K. E., Bielby J., Cardillo M., Fritz S. A., O'Dell, J., Orme, D. L., Safi, K., Sechrest, W., Boakes, E. H., Carbone, C., Connolly, C., Cutts, J., Foster, J. K., Grenyer, R., Habib, M., Plaster, C. A., Price, S. A., Rigby, E. A., Rist, J., Teacher, A., Bininda-Emonds, O. R. P., Gittleman, J. L., Mace, G. M. y Purvis, A. 2009. PanTHERIA: a species-level database of life history, ecology, and geography of extant and recently extinct mammals. Ecology 90:2648.
- Kirkwood, J. K. 1985. Patterns of growth in primates. Journal of Zoology, London 205:1123–1136.
- Krebs, J. R., y Davies, N. B. 1993. An introduction to behavioural ecology. Oxford: Blackwell.
- Kunz, T. H. 1982. Roosting ecology of bats. pp. 1-55 en Ecology of Bats (Kunz, T. H., ed.). Plenum Press. New York, EE.UU.
- Kunz T. H., y W. R. Hood. 2000. Parental care and postnatal growth in the chiroptera. pp. 415-468 en Reproductive Biology of Bats (Crichton, E. G., y P. H. Krutzsch, eds.). Academic Press. London, Reino Unido.
- Kunz, T. H. y Stern, A. A. 1995. Maternal investment and post-natal growth in bats. Symposia of the Zoological Society of London 67:63-77.
- Kunz, T. H. 1987. Post- natal growth and energetics of suckling bats. pp. 395-420 en Recent Advances in the Study of Bats (M. B. Fenton, P. Racey, and R. M. V. Rayner, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Kurta, A. y Kunz, T.H. 1987. Size of bats at birth and maternal investment during pregnancy. Symposia of the Zoological Society of London 57:79-106
- Lin, A. Q., L. R. Jin, Y. Liu, K. P. Sun, y J. Feng. 2010. Postnatal growth and age estimation in horsfield's leaf-nosed bat *Hipposideros larvatus*. Zoological Studies 49:789-796.
- Liu, Y., L. R. Jin, W. Metzner, y J. Feng. 2009. Postnatal growth and age estimation in bigfooted myotis, *Myotis macrodactylus*. Acta Chiropterologica 11:105-111.
- Martínez Coronel, M., Hernández Cruz, A. X., Müdspacher Ziehl, C., & Gaona, S. 2004. Desarrollo y crecimiento postnatal de *Leptonycteris curasoae* (PHYLLOSTOMIDAE: GLOSSOPHAGINAE)

- de Chiapas, México. En A. Castro Campillo, & J. Ortega Reyes, Homenaje a la Trayectoria Mastozoológica de José Ramírez Pulido pp. 135-148. Ciudad de México: UAM.
- Martínez Coronel, M., Cervantes Reza, F. A., & Hortelano Moncada, Y. 2014. Crecimiento postnatal y desarrollo del vuelo en el murciélago *Leptonycteris yerbabuena* Chiapas, México. *Therya*, 5:303-322.
- McLaren, I. A. 1993. Growth in pinnipeds. *Biological Reviews* 68:1-79.
- Oftedal, O. T. y Gittleman, J. L. 1988. Patterns of energy output during reproduction in carnívoros. En *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution* (J.L. Gittleman, ed.), pp. 355-378. Cornell University Press, Ithaca.
- Oftedal, O. T. 1984. Milk composition, milk yield and energy output at peak lactation: a comparative review. *Symposia of the Zoological Society of London* 51:33-85.
- Porter, T. A., y G. S. Wilkinson. 2001. Birth synchrony in greater spear-nosed bats (*Phyllostomus hastatus*). *Journal of Zoology*, London 253:383-390.
- Ramos Frías, J. y Rojas Martínez, A. E. 2013. Genética histórica del género *Leptonycteris* (Mammalia: Chiroptera) en poblaciones del centro de México. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
- Ricklefs, R.W. 1979. Adaptation, constraint, and compromise in avian postnatal development. *Biological Reviews* 54:269-290
- Simmons, N. B. 2005. Order Chiroptera. pp. 312-529 en: *Mammal species of the World: a taxonomic geographic reference, Third Edition, Volume 1* (D.E. Wilson y D.M Reeder, eds.) Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Speakman, J. R., & Thomas, D. W. 2003. Physiological ecology and energetics of bats. En T. H. Kunz, & M. B. Fenton, *Bat Ecology* pp. 430-490. Chicago, EE.UU: Chicago Press.
- Stern, A. A., & Kunz, T. H. 1998. Intraspecific variation in postnatal growth in the greater spear-nosed bat. *Journal of Mammalogy*, 79:755-763.
- Tuttle, M. D., & Stevenson, D. 1977. Variation in the cave environment and its biological implications. En J. V. R. Zuber, *National Cave Management Symposium Proceedings* pp. 108-121. Albuquerque, EE.UU: Adobe Press.
- Tuttle, M. D., y D. Stevenson. 1982. Growth and survival of bats. pp 105-150 en *The Ecology of bats* (Kunz, T. H. ed.). Plenum Press. New York, EE.UU.
- U.S. Fish and Wildlife Service, 2001. "Mexican Long-nosed bat"
http://bb35.tpwd.state.tx.us/nature/wild/mammals/bats/species/mex_longnose.htm.

U.S. Fish and Wildlife Service, 2018. Recovery Plan for the Mexican Long-nosed Bat (*Leptonycteris nivalis*) https://ecos.fws.gov/docs/recovery_plan/940908.pdf

Vaughan, T. A., Ryan, J. M. y Czaplewski, N. J. 2000. Mammalogy. Thomson Learning Inc. E.U.A.

Zamora Vera M. E. y Rojas Martinez A. E. 2015. Condición reproductiva del murciélago *Leptonycteris nivalis* en un refugio de maternidad en el municipio Huasca de Ocampo, Hidalgo, México (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.