

**Actividad reproductiva de *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae) en una zona
urbana de Bucaramanga, Santander**

Laura Patricia Silva Duarte

Trabajo de grado para optar al título de Bióloga

Directora

Martha Patricia Ramírez Pinilla

Doctora en Ciencias biológicas

Codirector

Victor Hugo Serrano Cardozo

Doctor en Ciencias biológicas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios por regalarme la vida y la oportunidad de crecer cada día de manera integral.

A mis padres Jesús Antonio Silva y Luz Mariela Duarte por su amor, ejemplo, apoyo incondicional y por ser mi motivación a ser cada día mejor. A mi hermana Carolina Silva Duarte por ser mi compañera de aventuras a lo largo de mi vida.

A Heibert Acuña por su compañía, su amor y principalmente por enseñarme que con esfuerzo, disciplina y de la mano de Dios los sueños se hacen realidad.

A mis amigos Laura Camila, Ángela María y Freddy por sus consejos, risas y por todos los momentos que compartimos. A mis compañeros de laboratorio y ayudantes de campo por su colaboración a lo largo de este trabajo.

A mis queridos *M. molossus* por permitirme reconocer lo valiosas que son cada una de las criaturas vivientes.

“El futuro pertenece a aquellos que creen en la belleza de sus sueños” Eleanor Roosevelt

Agradecimientos

Agradezco enormemente a todos los profesores que contribuyeron en mi formación profesional, especialmente a mi directora Martha Patricia Ramírez Pinilla y a mi codirector Víctor Hugo Serrano Cardozo, quienes me brindaron su dirección y apoyo a lo largo de la realización de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander por albergarme durante estos años y permitirme investigar sobre los quirópteros que allí habitan.

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo General	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Materiales y Métodos.....	14
2.1 Área de estudio	14
2.2 Captura de individuos	14
2.3 Datos de capturas	15
2.4 Datos reproductivos	15
2.5 Análisis de datos	18
3. Resultados	19
3.1 Proporción sexual y dimorfismo sexual.....	19
3.2 Actividad reproductiva.....	19
3.3 Actividad reproductiva en relación con la precipitación	21
4. Discusión.....	21
4.1 Proporción sexual y dimorfismo sexual.....	21
4.2 Actividad reproductiva y su relación con la precipitación.....	23
5. Conclusión	25

Referencias Bibliográficas 26

Apéndices..... 31

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Tablas.....	31
Apéndice B. Figuras.....	33

Resumen

TÍTULO: ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE *Molossus molossus* (CHIROPTERA: MOLOSSIDAE) EN UNA ZONA URBANA DE BUCARAMANGA, SANTANDER*

AUTOR: LAURA PATRICIA SILVA DUARTE**

PALABRAS CLAVE: FACTORES AMBIENTALES, ZONA URBANA, *Molossus molossus*, REPRODUCCIÓN.

Se estudia la biología reproductiva de *Molossus molossus* en el área urbana de Bucaramanga y su relación con el patrón de precipitación de la zona. Se realizó la captura mensual de los murciélagos mediante redes de niebla entre octubre de 2016 a septiembre de 2017, incluyendo los periodos secos y húmedos del patrón de lluvias del área de estudio. La condición reproductiva de los machos se describió mediante histología testicular y en hembras se estableció a través de la observación de caracteres morfológicos externos y el análisis de muestras de frotis vaginales. Con estos datos y los de la precipitación se estableció la relación entre estos factores. Se capturaron un total de 145 individuos (116 hembras y 29 machos). Los machos son en general mucho menos abundantes que las hembras pero son más grandes; sin embargo la carga alar es mayor en las hembras. Durante todos los meses de muestreo se encontraron machos con producción de espermatozoides. Las hembras estuvieron activas reproductivamente durante todos los meses en alguna de las 5 categorías reproductivas (proestro y estro, gestación temprana, gestación avanzada, lactantes, post-lactantes); aunque hay asincronía intrasexual, a nivel poblacional se evidencian dos picos de preñez en las temporadas de menor precipitación, de manera que los neonatos aparecen al inicio de la temporada de lluvias. Se concluye que la población urbana de *M. molossus* estudiada presenta un patrón de poliestría bimodal que es similar a otras poblaciones de la especie y a otros murciélagos neotropicales.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Directora: Martha Patricia Ramírez Pinilla, PhD Codirector: Víctor Hugo Serrano Cardozo, PhD

Abstract

TITLE: REPRODUCTIVE ACTIVITY OF *Molossus molossus* (CHIROPTERA: MOLOSSIDAE) IN AN URBAN AREA AT BUCARAMANGA, SANTANDER*

AUTHOR: LAURA PATRICIA SILVA DUARTE**

KEYWORDS: ENVIRONMENTAL FACTORS, URBAN AREA, *Molossus molossus*, REPRODUCTION.

The reproductive activity of *M. molossus* in an urban area at Bucaramanga city and its relationship with the rainfall pattern of the area was studied. Monthly, from October 2016 to September 2017, the capture of adult female and male bats was realized by using mist nets, including dry and rainy seasons. Testicular histology was used to describe male reproductive condition, whereas for females the observation of external morphological characters and vaginal smears analysis were used. The relationship between the reproductive condition and precipitation data was established. One hundred and forty-five specimens were captured (116 females and 29 males). Males were bigger and far less abundant than females, but females had higher wing loading than males. Males produced spermatozoa all months throughout the year. Females were reproductive; they were found within some of the 5 reproductive categories (proestrus and estrus, early gestation, advanced gestation, lactating, and post-lactating). Although, there was intrasexual asynchrony in females, at the population level two peaks of advanced pregnancy occurring during the dry months were observed, the neonates appearing at the beginning of the rainy seasons. Therefore, the studied urban population of *M. molossus* presents a pattern of bimodal polyestry that is similar to other populations of the species and other Neotropical bats.

* Degree work

** Science Faculty. Department of Biology. Directora: Martha Patricia Ramírez Pinilla, PhD Codirector: Víctor Hugo Serrano Cardozo, PhD

Introducción

La información sobre los ciclos reproductivos de murciélagos neotropicales y su relación con factores ambientales es escasa, considerando el gran número de especies en el Neotrópico. La mayoría de estos estudios se han hecho para murciélagos de bosques lluviosos y áreas poco alteradas (Kalko, 1998; Zortea, 2003; Tschapka, 2005). En contraste, los estudios en áreas antropogénicas, como en el caso de las zonas urbanas son escasos (Mena & Williams de Castro, 2002).

Debido a la diversidad e importancia funcional de los murciélagos en ecosistemas tropicales (Fleming et al., 1972) se ha generado considerable atención en la ecología de las especies y los rasgos relacionados con su reproducción (Willig, 1985). La mayoría de las especies en las que se ha estudiado el patrón reproductivo son de zonas templadas y presentan un patrón monoestral (Wang et al., 2008; Krutzsch, 2009). Sin embargo las poblaciones de murciélagos en el Neotrópico pueden presentar cuatro patrones reproductivos básicos: monoestría estacional, poliestría estacional bimodal, poliestría estacional, y poliestría no estacional (Fleming et al., 1972; Estrada & Coates-Estrada, 2001). La monoestría estacional se caracteriza por un solo pico de preñez seguido por una temporada de lactancia, además se presentan varios meses de inactividad reproductiva (Willig, 1985). Este patrón ha sido evidenciado en *Noctilio alviventris* en Panamá (Anderson & Wimsatt, 1963). La poliestría estacional bimodal se caracteriza por una distribución bimodal en la preñez; las hembras pueden estar simultáneamente preñadas y lactantes, lo que puede indicar bimodalidad (Willig, 1985). La bimodalidad no necesariamente significa que en la

población las mismas hembras se reproducen dos veces al año, el mismo patrón puede resultar cuando diferentes hembras se reproducen en diferentes momentos del año (Tschapka, 2005). El patrón de bimodalidad fue evidenciado en *Uroderma bilobatum*, *Sturnira lilium* y *Glossophaga soricina* en Panamá y Costa Rica (Fleming et al., 1972) y en Colombia Castillo-Navarro et al. (2017) evidenciaron también este patrón en *Artibeus lituratus* y *A. jamaicensis*. La poliestría estacional o poliestría continua se caracteriza por múltiples picos (tres o más) de preñez y lactancia seguido de un pequeño periodo de inactividad reproductiva; este patrón ha sido evidenciado en *Myotis nigricans* en Panamá (Wilson & Findley, 1970). Finalmente, en la poliestría no estacional no se distinguen picos de preñez y lactancia, por lo que es posible observar en cada mes hembras preñadas, lactantes y con las dos condiciones simultáneamente (Willig, 1985); este patrón ha sido observado en el vampiro *Desmodus rotundus* en Panamá (Wimsatt & Trapido, 1952).

Se ha evidenciado que los patrones reproductivos parecen corresponder con variaciones en los patrones de precipitación que influyen en la disponibilidad de los recursos (August & Baker, 1982), lo que, a su vez, afecta el balance energético entre el forrajeo, la termorregulación y la reproducción (Bronson, 1985). El patrón poliéstrico bimodal es el más común en los murciélagos frugívoros y nectarívoros del Neotrópico, por ejemplo, en Costa Rica y Panamá, las especies del género *Sturnira* presentan un patrón poliéstrico bimodal (Fleming et al., 1972); en Brasil los miembros de la subfamilia Caroliinae (Bernard, 2002) y en Colombia Castillo-Navarro et al. (2017) evidenciaron poliestría bimodal en *Artibeus lituratus* y *A. jamaicensis*.

Molossus molossus es el quiróptero más abundante en techos, grietas y edificaciones de origen humano (Goodwin, 1970; Silva-Taboada, 1979; Alberico et al., 2005; Sampedro-Marin et al., 2008), ya que al igual que muchos murciélagos aprovecha los recursos que las ciudades proveen, como es el caso de refugio y fuentes de alimentación e hidratación. Estudios realizados con *M.*

molossus, en ambientes urbanos en Colombia, por Alberico et al. (2005) en una población en Cali y por Ramírez-Chaves et al. (2008) en Popayán, han permitido evidenciar que al igual que en otros murciélagos neotropicales, esta especie evidencia un patrón de poliestría bimodal.

Sin embargo, estos trabajos en *M. molossus* han analizado exclusivamente caracteres morfológicos externos en hembras y solo en uno de ellos (Alberico et al., 2005) se hizo un seguimiento durante meses consecutivos (18 meses). Este trabajo pretende describir la actividad reproductiva anual de machos y hembras de *M. molossus* en un área urbana de Bucaramanga, usando caracteres morfológicos externos y microscópicos, y establecer si existe relación entre la actividad reproductiva de la especie y el patrón de lluvias de la zona de estudio.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Describir la actividad reproductiva anual de *Molossus molossus* en el área urbana de Bucaramanga.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar la condición reproductiva de machos y hembras a partir de caracteres de morfología externa y microscópica a lo largo de un año de muestreos en la ciudad de Bucaramanga.

- Determinar la existencia de sincronía intra e intersexual.
- Establecer si la actividad reproductiva en cada sexo se relaciona con variaciones estacionales de la precipitación.

2. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS), ubicado en la zona nororiental de la ciudad de Bucaramanga, Santander, Colombia. El campus comprende zonas arborizadas y edificaciones que cubren un área de 337 000 m². Esta localidad se encuentra interconectada con la ciudad por extensas redes viales y parques urbanos arborizados. La precipitación promedio anual es de 1279 mm, mostrando un régimen de lluvias bimodal, con un pico desde marzo a mayo y otro de septiembre a noviembre; la temperatura promedio anual es de 24 °C.

2.2 Captura de individuos

Teniendo en cuenta que estos murciélagos aprovechan las fuentes hídricas que proveen las ciudades, para su captura se instalaron 2 redes de niebla (12 x 2,6 m) en los costados del lago artificial ubicado en el campus de la Universidad. Las redes se abrieron entre las 17:30 y 21:30

horas, dos veces al mes durante un período de 12 meses (entre octubre de 2016 y septiembre de 2017).

2.3 Datos de capturas

Cada individuo capturado fue identificado mediante la clave de identificación de Díaz et al. (2016), y se le registró el sexo, el peso con un dinamómetro (Pesola® de 100 g \pm 0,5 g), las medidas estándar con un calibrador (\pm 0,1 mm) [Longitud total(LT), longitud de la cola (LC), longitud cabeza-cuerpo (LCC), longitud de la oreja (LO), longitud de la pata (LP) y envergadura (ENV)] y se identificó su estado de desarrollo (juvenil o adulto); este último se determinó observando la fusión de las epífisis metacarpales (individuo juvenil: epífisis cartilaginosas, individuo adulto: osificación de las falanges completa) (Stoner, 2001). En este análisis solo se tuvieron en cuenta individuos adultos, por lo que los juveniles fueron liberados al revisar su estado de desarrollo.

2.4 Datos reproductivos

Mediante caracteres morfológicos externos se determinó la condición reproductiva de los individuos; en el caso de machos se registró la posición de los testículos (no reproductivo: abdominal y reproductivo: escrotal) (Santos-Moreno et al., 2010; Torres-Flores et al., 2012) y para las hembras se registraron 4 categorías: 1) hembras gestantes avanzadas: distención abdominal evidente 2) hembras lactantes: mamas desarrolladas con alopecia alrededor y presencia de leche 3) hembras post-lactantes: mamas evidentes con pelo oscuro circundante y ausencia de leche y 4) hembras no reproductivas: carencia de rasgos reproductivos mencionados en las anteriores

categorías. Las hembras consideradas no reproductivas podrían ser hembras receptivas o en estados tempranos de gestación, por lo que para su adecuada clasificación los datos de morfología externa fueron complementados con morfología microscópica (citologías vaginales).

Así, para todas las hembras capturadas se realizó un análisis citológico de muestras de frotis vaginales. A cada hembra se le hizo un lavado vaginal con una micropipeta (Accumax Pro, 0.5-10 μ l), se introdujo una pequeña cantidad (4-6 μ l) de solución salina al 10% en el conducto vaginal, se depositó la muestra en una lámina portaobjetos, se dejó secar a temperatura ambiente, luego se fijó agregando una gota de etanol al 80% y dejando secar una vez más a temperatura ambiente. Posteriormente en el Laboratorio de Biología Reproductiva de Vertebrados las muestras pasaron por el siguiente proceso de tinción: se adicionó eosina durante 4 minutos, se lavó con agua destilada el exceso de colorante, se añadió una gota de etanol al 70%, luego se cubrieron las láminas con azul de metileno al 10% por 40 segundos, enseguida se lavaron con agua destilada y finalmente se cubrieron las láminas con laminillas. Las muestras se observaron en un microscopio (Nikon Eclipse 55i®) y se tomaron fotografías con una cámara Canon EOS Rebel XS®. Siguiendo la metodología de Castillo-Navarro et al. (2017) se realizó conteo celular de cada fotografía tomada a los frotis vaginales, lo que permitió establecer el tipo y porcentaje de los componentes celulares presentes en cada muestra para determinar la fase del ciclo estral en que se encontraban las hembras al momento de la captura. Las hembras fueron marcadas en su ala izquierda con un número que permitió reconocer recapturas a lo largo del muestreo, posteriormente fueron liberadas.

De acuerdo con el análisis conjunto de la morfología externa de las hembras y sus respectivas citologías vaginales, finalmente se definieron 5 categorías reproductivas: 1) hembras en estro y proestro, 2) hembras en gestación temprana, 3) hembras en gestación avanzada 4) hembras

lactantes y 5) hembras post-lactantes. La actividad reproductiva mensual se registró como el número de hembras en cada estado reproductivo.

En el caso de los machos, la clasificación derivada de la morfología externa no necesariamente refleja el estado de actividad espermatogénica, por lo tanto, los machos capturados fueron eutanizados mediante compresión torácica. Los cuerpos de los murciélagos fueron disecados ventralmente utilizando un bisturí quirúrgico, con el fin de extraer su tracto reproductivo (testículos, epidídimo), los que fueron fijados en formaldehído al 10% y almacenados en etanol 70%. Los órganos se deshidrataron en una serie ascendente de etanol, se aclararon en xilol e incluyeron en Paraplast. Posteriormente se realizaron cortes histológicos con un micrótopo rotatorio Lipshaw® a un grosor de 5µm. Las secciones se tiñeron con hematoxilina-eosina. Se registraron los cortes histológicos en fotografías usando el microscopio Nikon H-550S® con cámara integrada Canon EOS®. Teniendo en cuenta los 8 estados del ciclo del epitelio seminífero para *M. molossus* establecidos por Morais et al. (2013) y conforme con lo observado en las fotografías realizadas a los cortes histológicos, se realizó la categorización del estado reproductivo de los machos de acuerdo con el estado de la espermatogénesis a nivel testicular y la presencia de esperma en el epidídimo y los túbulos seminíferos.

Los especímenes se procesaron y almacenaron como material seco (pieles y cráneos) en la colección de mastozoología de la Universidad Industrial de Santander (UIS-MHN-M: 1053, 1447-1460, 1462-1464, 1466, 1468, 1469, 1476-1480, 1527, 1529, 1530).

2.5 Análisis de datos

Para estimar si existían diferencias significativas en la proporción de sexos en los individuos capturados de la población, se realizó una prueba binomial con la proporción 0,5. Se calculó la media y desviación estándar de los datos cuantitativos de morfometría externa; se realizó una prueba t-student para establecer si había diferencias significativas en los caracteres morfométricos entre sexos y así determinar dimorfismo sexual. Adicionalmente, se evaluó si existían diferencias significativas en la longitud alar entre machos y hembras mediante una prueba de t-student.

Para determinar si hubo variación en el peso corporal de machos y hembras a través del tiempo se realizó una prueba de Kruskal-Wallis. Para establecer si existían diferencias en la abundancia de individuos en cada estado reproductivo a lo largo del tiempo se realizó una prueba multinomial utilizando el paquete XNomial v1.0. (Engels, 2015) en R v3.3.1 (2016).

Finalmente para determinar si existía una relación entre la precipitación y la actividad reproductiva, se tomó la información sobre el promedio mensual de lluvias de la zona de estudio a través de la base de datos del Worldclim (Global Climate Data) (Fick & Hijmans, 2017) y posteriormente se realizó una correlación de Spearman usando el paquete Hmisc (Harrel & Dupont, 2019) en R v3.3.1 (2016). Debido a que los factores ambientales pueden influir posteriormente a la reproducción, se utilizaron las correlaciones de Spearman con el mes correspondiente, con uno y dos meses anteriores (Antunes et al., 2009).

3. Resultados

Se analizaron 145 individuos de *M. molossus*, 116 hembras y 29 machos. Sólo 5 hembras fueron recapturadas y en una sola oportunidad. El esfuerzo de captura fue de 5990,4 m² red/ hora.

3.1 Proporción sexual y dimorfismo sexual

La proporción sexual fue de 1:4 (machos: hembras), evidenciándose diferencias significativas basados en la prueba binomial con proporción 0,50 ($P < 0,0001$). Cuatro de las siete variables morfométricas analizadas mostraron diferencias significativas, siendo mayores los valores en machos que en hembras para longitud total (LT), longitud cabeza cuerpo (LCC), longitud de la cola (LC) y peso (Tabla 1). En cuanto la longitud alar se evidenciaron diferencias significativas ($t = 3,7578$; $p < 0,001$), presentándose un valor mayor en hembras.

3.2 Actividad reproductiva

Todas las hembras analizadas se encontraron reproductivas. Se observaron hembras gestantes avanzadas entre febrero y marzo y en agosto, presentándose diferencias significativas para este estado según la prueba multinomial ($p < 0,001$). Las hembras gestantes tempranas se encontraron en julio y diciembre, presentando diferencias significativas en prueba multinomial ($p < 0,001$). Así

mismo, se evidenciaron diferencias significativas en el peso corporal de las hembras ($H= 47,87$; $p<0,0001$) (figura 1).

Las hembras lactantes se encontraron durante la mayoría del muestreo, exceptuando el mes de diciembre, sin presentar diferencias significativas en prueba multinomial a lo largo del año ($p= 0,19$) (figura 2). Hembras post-lactantes se encontraron en 8 de los 12 meses de muestreo sin presentar diferencias significativas a través del tiempo ($p= 0,86$) (figura 2). Las hembras aparentemente no reproductivas por características externas estuvieron en proestro y estro y se encontraron en 8 de los 12 meses, mostrando diferencias significativas en prueba multinomial ($p= 0,008$), pero sin presentar un patrón aparente. En las muestras de frotis vaginales se observaron 3 fases del ciclo estral (proestro, estro y metaestro) (figura 3) y la proporción de las hembras en cada fase se muestra en la figura 4. Las hembras gestantes tempranas y avanzadas estuvieron en metaestro, las lactantes en metaestro y las postlactantes en estro. No se encontraron hembras en diestro (cese de actividad reproductiva). No se evidenció presencia de espermatozoides en los frotis.

Al analizar la posición de los testículos en los machos como indicativo de la actividad reproductiva, se encontró que todos los individuos presentaban testículos abdominales (no reproductivos). En contraste, mediante histología testicular se pudo evidenciar que los machos estuvieron reproductivos todo el año ya que se observaron espermatozoides en los epidídimos y en la mayoría de los testículos de los individuos, los individuos se encontraban en los estados 7 y 8. En el estado 7 se evidencian espermátides alargadas agrupadas en el borde del lumen tubular y en el estado 8 se evidencian espermatozoides en el lumen tubular listos para ser liberados (figura 5). No se evidenciaron diferencias significativas en el peso corporal de los machos a lo largo del año ($H= 6,74$; $p=0,75$) (figura 1).

Finalmente, al encontrar hembras en diferentes estados reproductivos en un mismo mes se observa que no hay una clara sincronía reproductiva intrasexual, mientras que todos los machos se encontraron en los estadios 7 u 8 del ciclo del epitelio seminífero, indicando sincronía reproductiva intrasexual. Ya que machos y hembras se encontraron activos reproductivamente durante todo el año, se concluye que la población estudiada presenta sincronía reproductiva intersexual.

3.3 Actividad reproductiva en relación con la precipitación

No se evidenció una relación significativa entre el promedio mensual de lluvias correspondiente ni de uno o dos meses anteriores con el número de hembras preñadas, lactantes, post-lactantes y reproductivas (Tabla 2). Sin embargo, se observan dos picos de hembras en gestación avanzada en épocas de menor precipitación (febrero – marzo y agosto), justo antes del inicio de los picos de lluvia. Así mismo se evidencia un mayor número de hembras lactantes en el primer pico de lluvias (abril - mayo).

4. Discusión

4.1 Proporción sexual y dimorfismo sexual

La proporción sexual encontrada para *M. molossus* (4:1) con mayor número de hembras podría explicarse por su comportamiento social, ya que es común en Chiroptera la formación de grupos

de apareamiento conformados por un macho con varias hembras (Bradbury & Vehrencamp, 1976). Aunque no se han realizado trabajos enfocados en la proporción sexual de *M. molossus*, se han evidenciado estas agrupaciones en miembros de la familia Molossidae (ej. *Tadarida pumila*), en los que se menciona que los machos prefieren estas conformaciones ya que pueden ser dominantes y acceder con mayor facilidad a las hembras, lo cual finalmente favorece su apareamiento (McCracken & Wilkinson, 2000).

Por otra parte, se encontró que la especie presenta dimorfismo sexual en cuanto a longitud y peso, con un mayor tamaño corporal en machos. Esto es congruente con lo encontrado para mamíferos en general por Schulte-Hostedde et al. (2001), quienes indican que un mayor tamaño corporal en machos está relacionado con un alto grado de competencia en la búsqueda de pareja y en las actividades de protección de la pareja, especialmente donde se presentan grupos de apareamiento de un macho con varias hembras, como se ha visto que ocurre en especies de la familia Molossidae (Crichton & Krutzsch, 2000).

Hayward & Davis (1964) describieron que la velocidad y maniobrabilidad en el vuelo de los murciélagos está directamente relacionada con la longitud alar, pero que adicionalmente existe un efecto del tamaño corporal, ya que la velocidad y el costo energético del vuelo puede ser diferente entre murciélagos con alas morfológicamente similares cuando presentan diferencias significativas en el tamaño corporal (Raynerf, 1979). Para *M. molossus* se evidenció que aunque las hembras presentan un menor tamaño corporal, estas presentan una mayor longitud alar que los machos. Lisón et al. (2012) habían observado lo mismo para *Myotis myotis*, indicando que esta mayor longitud alar en las hembras les permitiría el vuelo durante la gestación y la lactancia.

4.2 Actividad reproductiva y su relación con la precipitación

Los resultados de este análisis muestran que la población de *M. molossus* tiene un patrón de poliestría bimodal, en el que se evidencia claramente dos picos de preñez, los cuales están en correspondencia con las temporadas secas del año (febrero-marzo y agosto). Dicha fenología reproductiva es consistente con la documentada para otras poblaciones urbanas de esta especie, en donde también se presentan regímenes de lluvia bimodal con meses de ocurrencia similares (Cali, Alberico et al., 2005 y Popayán, Ramírez-Chaves et al., 2008). Sin embargo, con base exclusivamente en datos de la morfología externa, estos autores mencionan la presencia de hembras no reproductivas a lo largo del año. Los resultados de este análisis en el que se hace el análisis conjunto de caracteres morfológicos externos y citológicos vaginales demuestran claramente que las hembras que no estaban en gravidez avanzada o eran lactantes, es decir aparentemente inactivas reproductivamente, eran hembras reproductivamente activas (proestro, estro, metaestro). Por lo tanto, es importante resaltar que el análisis citológico permite optimizar la evaluación de la condición reproductiva (Castillo-Navarro et al., 2017), constituyéndose como una herramienta fundamental para generar con mayor precisión datos reproductivos (Vela-Vargas., 2016).

El patrón reproductivo evidenciado en esta población, en el que la gestación avanzada se observa justo antes de los picos de lluvia (abril-mayo y septiembre a noviembre), muestra como el ciclo reproductivo está sincronizado de manera que los nacimientos ocurren al inicio de las temporadas de lluvias, que serían tiempos energéticamente favorables para las madres lactantes y sus crías.

La actividad reproductiva de murciélagos insectívoros ha sido estudiada para especies de zonas templadas; Lewis (1995) destacó que estos individuos son particularmente sensibles a las condiciones climáticas puesto que gran parte de su energía es utilizada para mantener una temperatura corporal estable, por lo que altos niveles de lluvia y bajas temperaturas imponen costos energéticos adicionales (Racey, 1987). Kunz (1974) estudió los efectos de la lactancia con relación al forrajeo y la reproducción en *Myotis velifer*, determinando que el periodo de lactancia está estrechamente relacionado con la abundancia de insectos, debido a los altos requerimientos energéticos y proteicos que este periodo demanda.

Para murciélagos insectívoros neotropicales (*Tadarida brasiliensis* y *Molossus molossus*) ya había sido descrita esta asociación por McNab (1971), la gestación ocurre cuando hay poca abundancia de insectos (temporadas secas) y la lactancia en las épocas de lluvias cuando esta abundancia aumenta. Así mismo Fabián & Marques (1989) describieron que *M. molossus* en Brasil tropical presenta dos épocas reproductivas a lo largo del año en el que el período de nacimientos coincide con la época de lluvias. Esta asociación ha sido también descrita por Fleming et al. (1972) para muchos murciélagos frugívoros neotropicales de la familia Phyllostomatidae en los que los periodos de nacimiento de las crías se presentan al final de la estación seca o en medio de la estación húmeda cuando puede haber una mayor producción de frutos. Para la misma localidad del presente trabajo, Castillo-Navarro et al. (2017) describen también para *A. lituratus* la presencia de hembras preñadas en las dos estaciones de menor precipitación.

Según Bronson (1985), los machos de los mamíferos pueden permanecer activos reproductivamente fuera de las épocas en que las hembras se encuentran receptivas, resaltando que incluso en situaciones de fuerte estacionalidad, en donde es energéticamente imposible para las hembras reproducirse durante una parte del año, los machos pueden entrar en actividad

reproductiva antes de las hembras y salir de esta fase después de ellas. Así mismo, Fabián & Marques (1989) describen que existen casos en que el control ambiental sobre la reproducción puede actuar de manera diferente entre machos y hembras en Chiroptera. Esto podría explicar las diferentes estrategias observadas para Marques (1986) para *Molossus ater*, en donde la actividad reproductiva de los machos es estimulada por la mayor ocurrencia de hembras receptivas, respecto a lo observado en este análisis y en trabajo de Fabián & Marques (1989) en donde se evidenció que los machos de *M. molossus* estuvieron reproductivos a lo largo del año.

5. Conclusión

Pese a que al realizar el análisis estadístico entre la precipitación y las categorías reproductivas no se evidenciaron diferencias significativas a través del tiempo, fue posible determinar que la población urbana estudiada presenta un patrón de poliestría bimodal con dos picos de gestación avanzada en las temporadas de menor precipitación, mientras que los machos permanecen reproductivos a lo largo del año.

Referencias Bibliográficas

- Alberico, M., Saavedra-R, C. A. & García-Paredes, H. (2005). Murciélagos caseros de Cali (Valle del Cauca – Colombia). *Caldasia*, 27(1), 117-126.
- Anderson, J. W. & Wimsatt, W. A. (1963). Placentacion and fetal membranes of the central american noctilionid bat, *Noctilio labialis*. *American Journal of Anatomy*, 112(2), 181-201.
- Antunes, P., Campos, M., Oliveira-Santos, L. & Graipel, M. (2009). Population dynamics of *Euryoryzomys russatus* and *Oligoryzomys nigripes* (Rodentia: Cricetidae) in an atlantic forest área, Santa Catarina island, southern Brazil. *Biotemas*, 22(2), 143-151.
- Bernard, E. (2002). Diet, activity and reproduction of bat species (Mammalia, Chiroptera) in central Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(1), 173-188.
- Bradbury, J. & Vehrencamp, S. (1976). Social organization and foraging in emballonurid bats. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1, 337-381.
- Bronson, F. H. (1985). Mammalian reproduction: an ecological perspective. *Biology of Reproduction*, 32, 1-26.
- Castillo-Navarro, Y., Serrano-Cardozo, V. H. & Ramírez-Pinilla, M. P. (2017). Biología reproductiva de *Artibeus lituratus* y *Artibeus jamaicensis* (Phyllostomidae: Stenodermatinae) en un área urbana en Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 24(1), 69-84.
- Crichton, E. G. & Krutzsch, P. H. (2000). Anatomy and physiology of the female reproductive tract. In *Reproductive Biology of Bats* (pp. 157-208).
- Engels, B. (2015). Exact goodness of fit test for multinomial data with fixed probabilities. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/XNomial/index.html>

- Estrada, A. & Coates-Estrada, R. (2001). Species composition and reproductive phenology of bats in a tropical landscape at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 17(5), 627-646.
- Fabián, M. & Marques, R. (1989). Contribuição ao conhecimento da biologia reprodutiva de *Molossus molossus* (Pallas, 1766) (Chiroptera, Molossidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 6(4), 603-610.
- Fick, S. E. & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Fleming, T. H., Hooper, E. T. & Wilson, D. E. (1972). Three Central America bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology*, 53(4), 555-569.
- Goodwin, R. E. (1970). The ecology of Jamaican bats. *Journal of Mammalogy*, 51, 571-579.
- Harrell, F. & Dupont, C. (2019). Package Hmisc. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/Hmisc/index.html>
- Hayward, B. & Davis, R. (1964). Flight speeds in western bats. *Journal of Mammalogy*, 45(2), 236-242.
- Kalko, E. K. (1998). Organization and diversity of tropical bat communities through space and time. *Zoology*, 101, 281-297.
- Krutzsch, P. H. (2009). The reproductive biology of the cave myotis (*Myotis velifer*). *Acta Chiropterologica*, 11(1), 89-104.
- Kunz, T. (1974). Feeding ecology of a temperate insectivorous bat (*Myotis velifer*). *Ecology*, 55(4), 693-711.
- Lewis, S. E. (1995). Roost fidelity of bats: a review. *American Society of Mammalogists*, 76(2), 481-496.

- Lisón, F., Haz, A., González-Revelles, C. & Calvo J. F. (2012). Sexual dimorphism in greater mouse-eared bat *Myotis myotis* (Chiroptera: Vespertilionidae) from a mediterranean region. *Acta Zoologica*, 0, 1-7.
- Marques, S. (1986). Activity cycle, feeding and reproduction of *Molossus ater* (Chiroptera: Molossidae) in Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 2(2), 159-179.
- McCracken, G. F. & Wilkinson, G. S. (2000). Bat mating systems. In *Reproductive Biology of Bats* (pp. 321-362).
- Mcnab, B. K. (1971). The structure of tropical bat faunas. *Ecology*, 52(2), 352-358.
- Mena, J. & Williams de Castro, M. (2002). Diversidad y patrones reproductivos de quirópteros en un área urbana de Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 1(1), 1689-1699.
- Morais, D. B., De Paula, T. A., Barros, M. S., Balarini, M. K., De Freitas, M. B. & Da Matta, S. L. (2013). Stages and duration of the seminiferous epithelium cycle in the bat *Sturnira lilium*. *Journal of Anatomy*, 222(3), 372-379.
- Racey, P. (1987). The energy costs of pregnancy and lactation in heterothermic bat. In *Reproductive energetics in mammals* (pp. 107-125).
- Ramírez-Chaves, H. E., Mejía-Egas, O. & Zambrano-G., G. (2008). Anotaciones sobre dieta, estado reproductivo, actividad y tamaño de colonia del murciélago mastín común (*Molossus molossus*: Molossidae) en la zona urbana de Popayán, departamento del Cauca, Colombia. *Chiroptera Neotropical*, 14(2), 384-390.
- Raynerf, J. M. (1979). A new approach to animal flight mechanics. *Journal of Experimental Biology*, 80, 17-54.
- Sampedro-Marin, A. S., Martinez-Bravo, C. M., Otero-Fuentes, Y. L., Santos-Espinoza, L. M., Osorio-Ozuna, S. & Mercado-Ricardo, A. M. (2008). Presencia del murciélago case (*Molossus molossus* Pallas, 1776) en la ciudad de Sincelejo, departamento de Sucre, Colombia. *Caldasia*, 30(2), 495-503.

- Santos-Moreno, A., García-García, J. & Rodríguez-Alamilla, A. (2010). Ecología y reproducción del murciélago *Centurio senex* (Chiroptera: Phyllostomidae) en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(3), 847-852.
- Schulte-Hostedde, A. I., Millar, J. S. & Hickling, G. J. (2001). Sexual dimorphism in body composition of small mammals. *Canadian Journal of Zoology*, 79(6), 1016-1020.
- Silva-Taboada, G. (1979). Los murciélagos de Cuba. *Editorial de la Academia de Ciencias de Cuba* (pp. 375-393).
- Stoner, K. (2001). Differential habitat use and reproductive patterns of frugivorous bats in tropical dry forest of northwestern Costa Rica. *Canadian Journal of Zoology*, 79(9), 1626-1633.
- Torres-Flores, J. W., Lopez-Wilchis, R. & soto-Castruita, A. (2012). Population dynamics, roost selection and reproductive patterns of some cave bats from western of Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 60(3), 1369-1389.
- Tschapka, M. (2005). Reproduction of the bat *Glossophaga commissarisi* (Phyllostomidae: Glossiphaginae) in the Costa Rica rain forest during frugivorous and nectarivorous periods. *Biotropica*, 37(3), 409-415.
- Vela-Vargas, I. M., Pérez-Pabón, L., Larraín, P. & Pérez-Torres, J. (2016). Vaginal smears: a key source of information on the estrous cycle of neotropical bats. *Mastozoología Neotropical*, 23(1), 139-145.
- Wang, Z., Liang, B., Racey, P. A., Wang, Y. L. & Zhang, S. Y. (2008). Sperm storage, delayed ovulation and menstruation of the female rickett's bat big-footed (*Myotis ricketti*). *Zoological Studies*, 47(2), 215-221.
- Willig, M. R. (1985). Reproductive patterns of bats from Caatingas and Cerrado biomes in northeast Brazil. *Journal of Mammalogy*, 66(4), 668-681
- Wilson, D. & Findley, J. (1970). Reproductive cycle of a neotropical insectivorous bat, *Myotis nigricans*. *Nature*, 225, 11-55.

Wimsatt, W. A. & Trapido, H. (1952). Reproduction and the female reproductive cycle in the tropical american vampire bat, *Desmodus rotundus*. *American Journal of Anatomy*, 91(3), 415-445.

Zortéa, M. (2003). Reproductive patterns and feeding habits of three nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian Cerrado. *Journal of Biology*, 63(1), 159-168.

Apéndices

Apéndice A. Tablas

Tabla 1. Comparación entre sexos respecto al peso, longitud total (LT), longitud cabeza cuerpo (LCC), longitud de la cola (LC), longitud de la oreja (LO), longitud de la pata (LP), envergadura (ENV) y carga alar (P/ENV) de los individuos muestreados de *Molossus molossus*. Se especifica la muestra total estudiada entre paréntesis, el promedio \pm desviación estándar y la probabilidad de significancia (p) de la prueba t- student o su homóloga no paramétrica U de Mann-Whitney. (*, probabilidad significativa).

Variable	Machos (N=29)	Hembras (N=116)	P
PESO (g)	14,9 \pm 1,5	13,5 \pm 2,3	<0,0001*
LT (mm)	94,6 \pm 4,3	89,9 \pm 5,1	<0,0001*
LCC (mm)	60,9 \pm 3,2	58,6 \pm 3,8	0,003
LC (mm)	33,7 \pm 3,2	31,3 \pm 3,1	<0,0001*
LO (mm)	12,2 \pm 1,5	12,2 \pm 1,2	0,58
LP (mm)	10,1 \pm 1,8	9,8 \pm 1,2	0,85
ENV(mm)	28 \pm 0,9	27,7 \pm 0,8	0,28
Longitud alar	1,8 \pm 0,2	2,1 \pm 0,3	<0,0001*

Tabla 2. Relación entre cada estado reproductivo de las hembras de *M. molossus* y la precipitación promedio mensual de la zona de estudio. (r) corresponde al valor de la correlación de Spearman y (p) al valor de significancia.

Promedio mensual precipitación	Estados reproductivos en hembras				
	Estro y Proestro	Preñadas tempranas	Preñadas avanzadas	Lactantes	Post-lactantes
Mes correspondiente	r= 0,22 (p= 0,47)	r= 0,17 (p= 0,42)	r= 0,04 (p= 0,91)	r= -0,35 (p= 0,27)	r= -0,20 (p= 0,53)
1 mes antes	r= 0,01 (p= 0,89)	r= -0,10 (p= 0,62)	r= -0,39 (p= 0,20)	r= -0,08 (p= 0,81)	r= -0,35 (p= 0,27)
2 meses antes	r= -0,38 (p= 0,21)	r= -0,14 (p= 0,48)	r= -0,09 (p= 0,77)	r= -0,16 (p= 0,62)	r= -0,21 (p= 0,51)

Apéndice B. Figuras

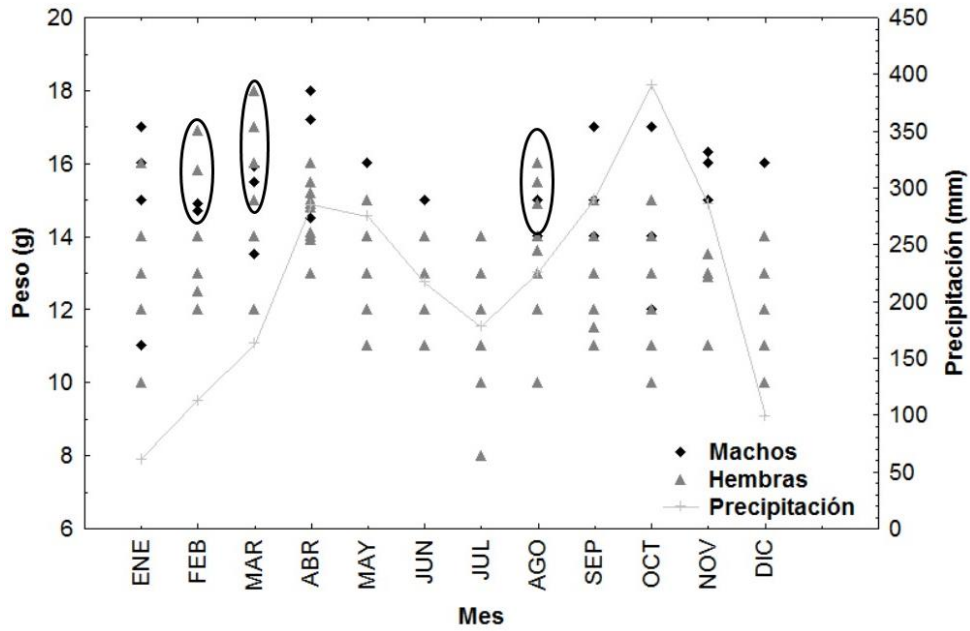


Figura 1. Peso corporal de machos y hembras de *M. molossus* a lo largo del tiempo, la línea de fondo indica la precipitación durante los meses del muestreo. Los triángulos dentro de los círculos muestran las hembras en gestación avanzada.

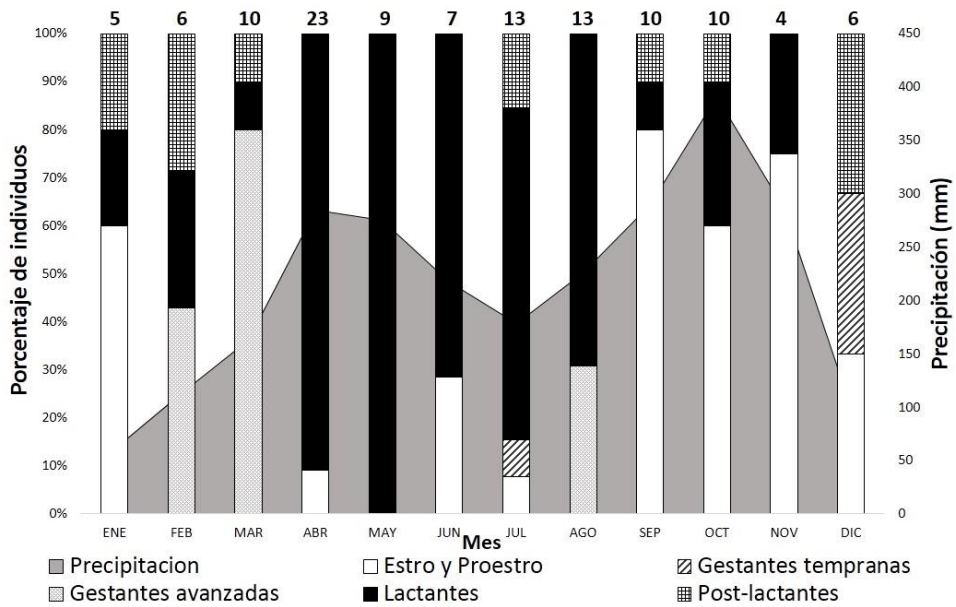


Figura 2. Proporción de hembras sin caracteres morfológicos externos que indiquen actividad reproductiva (estro y proestro), hembras gestantes tempranas, hembras gestantes avanzadas, hembras lactantes y hembras post-lactantes de *Molossus molossus* a lo largo del año. El promedio de lluvia mensual se indica con la figura en el fondo de la imagen. Los números encima de las barras denotan el número de hembras capturadas en cada mes

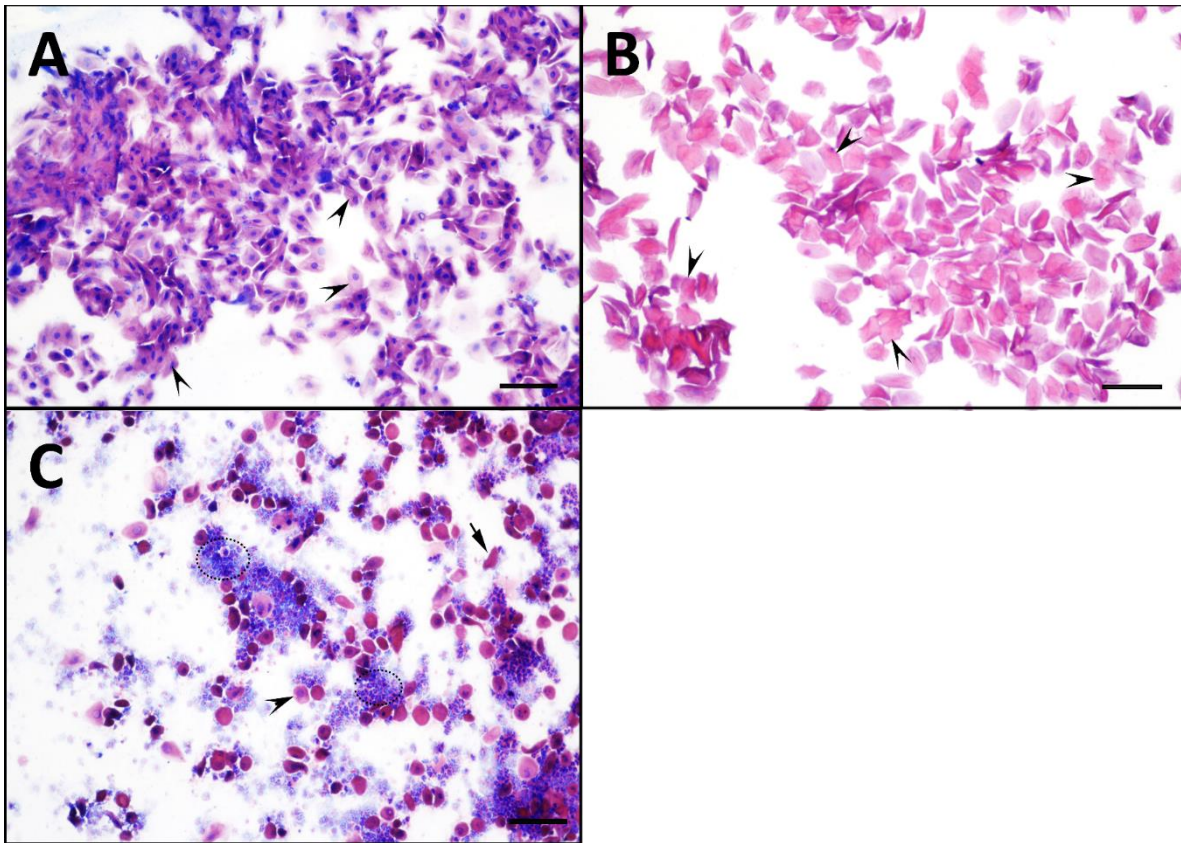


Figura 3. Fases del ciclo estral a partir de frotis vaginales en hembras de *M. molossus*. (A) proestro, (B) estro y (C) metaestro. Células nucleadas (flechas en A), células cornificadas (flechas en B).

Barra de escala 100 μ

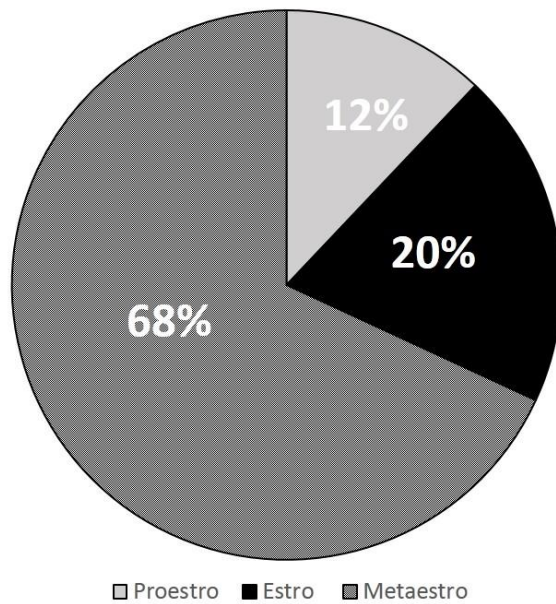


Figura 4. Proporción de las fases del ciclo estral (proestro, estro y metaestro) de todas las hembras muestreadas de *M. molossus*.

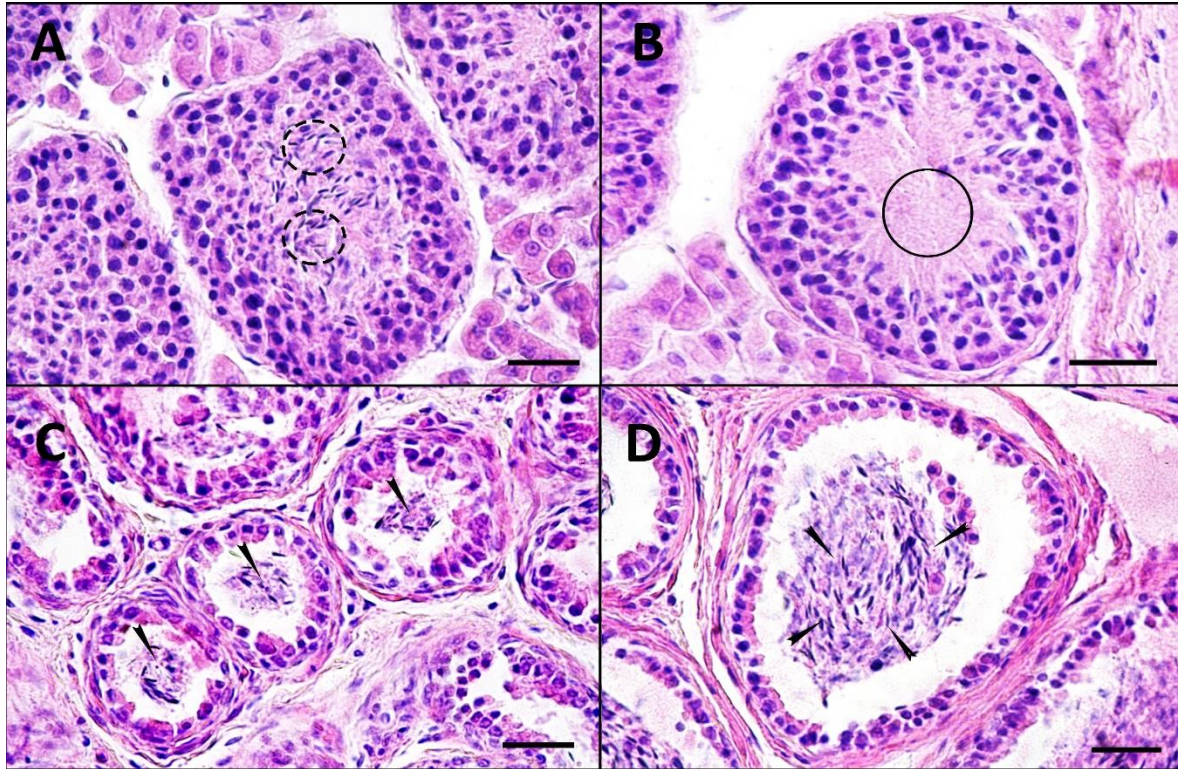


Figura 5. Cortes histológicos de testículos (A – B) y epidídimos (C - D) de individuos de *M. molossus*. En A y B se muestran las etapas 7 y 8 del ciclo del epitelio seminífero, respectivamente. El círculo punteado en A muestra espermátides alargadas agrupadas en el lumen, el círculo en B muestra abundantes colas de espermatozoides en el lumen. Las flechas muestran espermatozoides en epidídimo. Barra de escala 30 μ .