

2024-01-11

Caracterización reproductiva de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en una zona periurbana del norte de la Cordillera Central, Antioquia, Colombia

Emely Johanna Vásquez-Mejía

Corporación Universitaria Remington, emely.vasquez.7868@miremington.edu.co

Sara Escobar-Salazar

Corporación Universitaria Remington, sara.escobar.0964@miremington.edu.co

Luisa Fernanda Gil

Corporación Universitaria Remington, luisa.gil.7699@miremington.edu.co

Ana Lucia Castaño

Bacterióloga, analuciacgonzalez@gmail.com

Ana Cristina Cadavid

Corporación Universitaria Lasallista, acadavid@unilasallista.edu.co

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv>

Citación recomendada

Vásquez-Mejía EJ, Escobar-Salazar S, Gil LF, Castaño AL, Cadavid AC y Gómez-Ruiz DA. Caracterización reproductiva de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en una zona periurbana del norte de la Cordillera Central, Antioquia, Colombia. *Rev Med Vet.* 2024;(48):. doi: <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss48.10>

This Artículo de investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de Medicina Veterinaria by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Caracterización reproductiva de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en una zona periurbana del norte de la Cordillera Central, Antioquia, Colombia

Autor

Emely Johanna Vásquez-Mejía, Sara Escobar-Salazar, Luisa Fernanda Gil, Ana Lucia Castaño, Ana Cristina Cadavid, and Daisy A. Gómez-Ruiz

Caracterización reproductiva de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en una zona periurbana del norte de la Cordillera Central, Antioquia, Colombia

Emely Johanna Vásquez-Mejía¹, Sara Escobar-Salazar², Luisa Fernanda Gil³, Ana Lucia Castaño⁴, Ana Cristina Cadavid⁵, Daisy A. Gómez-Ruiz⁶

Resumen

La secuencia de etapas (proestro, estro, metaestro y diestro) que ocurren entre un periodo de celo a otro se conoce como *ciclo estral* o *estro*. En murciélagos, los estudios para determinar los ciclos reproductivos han estado basados principalmente en caracteres externos, por lo que la clasificación está sujeta a la experiencia del investigador. El análisis celular por citología vaginal es un método que permite identificar las etapas del ciclo estral con mayor confiabilidad. En esta investigación se empleó el método de citología vaginal para caracterizar el ciclo reproductivo de especies de murciélagos, muestreadas entre agosto de 2018 y febrero de 2020, en una zona periurbana del norte del cordillera Central. La condición reproductiva de las hembras capturadas fue determinada mediante caracteres externos y, para aquellas en condición no reproductiva, se realizó una citología vaginal en campo y el análisis posterior de placas mediante tinción de Wrigth. Se capturaron 73 individuos (38 hembras) de 13 especies de murciélagos. De 23 hembras analizadas, 56,5 % fueron encontrada en estro, 21,7 % en proestro, 17,3 % en diestro, y 4,3 % en metaestro. La citología vaginal es una metodología de bajo costo y riesgo para el seguimiento reproductivo de las poblaciones de murciélagos, que permite entender la relación entre reproducción y factores ambientales en ambientes antropizados. Este trabajo constituye el primer aporte sobre la biología reproductiva de murciélagos en un sistema urbano-rural en el departamento de Antioquia, y se configura en una primera referencia sobre los patrones estrales para las especies *Sturnira ludovici* y *Carollia perspicillata*.

Palabras clave: *Carollia perspicillata*; ciclo estral; frotis vaginal; reproducción; *Sturnira ludovici*.

* Artículo de Investigación.

1 Médica veterinaria. Grupo GINVER, Facultad de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Remington, (Medellín)
✉ emely.vasquez.7868@miremington.edu.co

2 Médica veterinaria. Grupo GINVER, Facultad de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Remington, (Medellín)
✉ sara.escobar.0964@miremington.edu.co

3 Estudiante de Medicina Veterinaria. Grupo GINVER, Facultad de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Remington (Medellín)
✉ luisa.gil.7699@miremington.edu.co

4 Bacterióloga. Esp.
✉ analuciaconzalez@gmail.com

5 Ingeniera agrónoma. MSc. Grupo Delta. Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Agropecuarias
✉ acadavid@unilasallista.edu.co

6 Bióloga. MSc. Grupo GINVER, Facultad de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Remington (Medellín)
✉ daisy.gomez@uniremington.edu.co

Cómo citar este artículo: Vásquez-Mejía EJ, Escobar-Salazar S, Gil LF, Castaño AL, Cadavid AC, Gómez-Ruiz DA. Caracterización reproductiva de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en una zona periurbana del norte de la Cordillera Central, Antioquia, Colombia. Rev Med Vet. 2024;(48), e1496. <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss48.10>

Reproductive characterization of bats (Mammalia: Chiroptera) in a peri-urban area from the north of Cordillera Central, Antioquia, Colombia

Abstract

The sequence of phases (proestrus, estrus, metestrus, and diestrus) occurring between one heat period to another is known as the estrous or estrus cycle. In bats, studies determining the reproductive cycles have mainly been based on external traits, which implies that the reproduction classification is subject to the researcher's experience. In contrast, vaginal cytology analysis allows for a more reliable establishment of estrous cycle stages and reproductive conditions of the species. In this study, we used vaginal cytology analysis to determine the reproductive cycle of bat species captured between August 2018 and February 2020 in a peri-urban area in northern Cordillera Central. The reproductive condition of captured females was established externally, and those in condition active underwent vaginal cytology in the field. Subsequent slides analysis using Wright's stain was carried out in the laboratory. 73 individuals, including 38 females, of 13 species (Phyllostomidae and Vespertilionidae) were captured. Of 23 females analyzed, 56.5% were in estrus, 21.7% in proestrus, 17.3% in diestrus, and 4.3% in metestrus. Vaginal cytology is a low-cost and low-risk methodology for the reproductive monitoring of bat populations, allowing us to understand the relationship between reproduction and environmental factors in human transformed environments. This study constitutes the first contribution to the reproductive biology of bats in an urban-rural system in the Antioquia department and is a reference on the frequency of the different estrous stages for the species *Sturnira ludovici* and *Carollia perspicillata*.

Keywords: *Carollia perspicillata*, estrus cycle, reproduction, *Sturnira ludovici* and vaginal smears.

INTRODUCCIÓN

En mamíferos placentarios la reproducción está controlada por el ciclo estral o estro de las hembras, que incluye una secuencia de etapas que ocurren entre un periodo de celo a otro, entendiendo el celo como el periodo en que una hembra acepta un macho (1). Este ciclo reproductivo incluye las etapas de proestro, estro, metaestro y diestro, las cuales conllevan cambios celulares específicos que pueden ser observados en el tejido de la pared vaginal (2). Los patrones de reproducción de muchos mamíferos tropicales son claramente estacionales, de modo que los picos reproductivos siguen un patrón asociado usualmente a la variación en la precipitación y la abundancia de recursos alimenticios (3). En el caso de los murciélagos neotropicales, estudios previos sobre su biología reproductiva indican que los patrones reproductivos son variables entre especies, desde la monoestría estacional —principalmente en insectívoros—, pasando por la poliestría estacional, que es continua en frugívoros (4, 5). Los patrones estacionales están usualmente sincronizados con incrementos estacionales en la abundancia de fuentes alimenticias, tanto para especies de frugívoros como insectívoros (6).

El conocimiento de los patrones reproductivos en las especies de murciélagos —fragmentado y disperso para el neotrópico— es fundamental en el entendimiento de las estrategias usadas por estos organismos para sobrevivir en su entorno (6, 7, 8, 9). Existe evidencia de que algunas especies pueden modificar sus fenologías reproductivas en respuesta a los cambios medioambientales que generan variaciones en la disponibilidad de recursos (10). Además, con el entendimiento de los procesos reproductivos, pueden generarse mejores estrategias para la conservación de las especies y sus servicios ecosistémicos, sobre todo en escenarios de perturbación del hábitat y altas presiones antrópicas (11).

En Colombia se han realizado descripciones de los ciclos reproductivos para especies de murciélagos frugívoros para especies de murciélagos frugívoros como *Carollia perspicillata*, tanto en cautiverio como en libertad (12, 13), *Carollia brevicauda* (14), *Artibeus*

lituratus (15, 16, 17, 18), *Artibeus jamaicensis* (18) y *Sturira ludovici* (19). Estos estudios indican la dominancia de los patrones poliéstricos bimodales, asociados a los ciclos de precipitación anual descritos previamente para especies con este tipo de hábito alimenticio. En general, los estudios de ciclos reproductivos han estado fundamentados en la determinación del estado reproductivo mediante caracteres externos, incluyendo la presencia de leche en los pezones y la palpación abdominal para descartar o confirmar preñez (5). La eficiencia de este tipo de caracteres para la determinación del estado reproductivo está sujeta a la experiencia del investigador y a la condición misma del individuo, llevando en algunos casos a la ocurrencia de falsos negativos y al descarte de la actividad reproductiva de un individuo cuando realmente se encuentra activo (20). Adicionalmente, la determinación de la edad de las hembras mediante osificación de falanges —que puede llegar a ser usada como método de determinación— no refleja el verdadero estado de desarrollo ni de madurez sexual de un individuo (21).

De manera alternativa al uso de caracteres morfológicos externos, la descripción de los ciclos reproductivos en murciélagos y otros mamíferos pueden realizarse mediante citologías o frotis vaginales, un método más preciso en la determinación de las etapas del ciclo estral (20, 22). Aproximaciones mediante este método han sido enfocadas principalmente al estudio de ciclos reproductivos en especies de roedores (2, 23, 24). En contraste, y aunque hay descripciones de la morfología reproductiva para algunas especies (25, 26), los reportes de las características específicas de epitelio vaginal y uso en la caracterización de ciclos reproductivos en especies de murciélagos son aún reducidos (27, 28). En el caso de Colombia, su uso ha sido limitado y empleado en la descripción de la feonología reproductiva de especies del género *Artibeus* en ambientes urbanos (18).

En esta investigación empleamos el método de citología vaginal para caracterizar el ciclo reproductivo para establecer las etapas del ciclo estral de especies de murciélagos en una zona perirubana del municipio de

Caldas, en el norte de la cordillera Central. Nuestros resultados proporcionan la primera aproximación para comprender los aspectos reproductivos de un grupo ecológicamente diverso y relevante en una zona que enfrenta una alta presión antrópica por la expansión de la frontera urbana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Forestal Protectora Regional Alto de San Miguel y sus zonas de amortiguación, localizadas en jurisdicción del municipio de Caldas, departamento de Antioquia. La reserva tiene una extensión de 1622 ha, que cubren un rango altitudinal entre los 1850 y los 3050 m, albergando zonas de vida de bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) (29, 30). La temperatura oscila entre los 12 y los 18 °C y la precipitación alcanza entre los 2000 y los 3000 mm/año, con un periodo de lluvias entre mayo y octubre (31). Las coberturas vegetales en el área de protección incluyen bosques maduros, bosques secundarios, plantación de pino y pastos manejados (30).

Captura de animales

La captura de los murciélagos en las zonas de estudio fue realizada en diez muestreos entre agosto de 2018 y febrero de 2020, durante los cuales se cubrieron las dos épocas de precipitación contrastantes anuales (época seca y época de lluvias). Los muestreos tuvieron una duración individual de tres noches consecutivas, e incluyeron la instalación de entre 5 y 8 redes de niebla por noche (6 o 9 m de largo), que fueron ubicadas estratégicamente en sitios de paso para maximizar la captura de individuos. En cada muestreo las redes fueron abiertas entre las 18:00 y las 23:00 h, y revisadas en intervalos de 30 min. De acuerdo con este esquema de muestreo, se invirtió un esfuerzo total de 14.040 m²red*hora. Cada uno de los individuos capturados

fue almacenado individualmente en bolsas de algodón y se registraron las medidas morfológicas estándar para mamíferos; también, se determinó el sexo y el estado de desarrollo o reproductivo. La identificación taxonómica de los individuos se realizó en campo siguiendo guías especializadas (32, 33), así como los criterios generados con especímenes de referencia de las zonas (31).

Este proyecto fue avalado por el Comité de Ética Veterinaria de la Corporación Universitaria Remington, con el acta CEFMV- 007/21-02-2020. La captura y manipulación de los individuos fueron realizadas de acuerdo con el permiso individual de recolección otorgado por Corantioquia, Resolución 1808-4597 de 2018. Además, los investigadores siguieron los lineamientos de la Sociedad Americana de Mastozoología para el uso de mamíferos silvestres en investigación científica (35).

Delineamiento experimental

Se capturaron un total de 38 hembras, las cuales correspondieron a 11 especies pertenecientes a las familias Phyllostomidae y Vespertilinidae. Las especies de filostómidos *Sturnira ludovici* y *Carollia perspicillata* fueron las más abundantes: representaron el 34,2 % y el 26,3 %, respectivamente. Las demás especies alcanzaron abundancias relativas entre un 2,6 y un 10,5, e incluyeron a *Sturnira erythromos* (10,5 %), *Myotis* sp. (5,2 %), *Sturnira parvidens* (5,2 %), *Dermanura* cf. *glauca* (5,2 %), *Sturnira aratathomasi* (2,6 %), *Vampyressa thuyone* (2,6 %), *Carollia brevicauda* (2,6 %), *Artibeus lituratus* (2,6 %) y *Anoura* sp. (2,6 %).

En relación con la condición reproductiva evaluada mediante caracteres externos, las hembras fueron caracterizadas en su mayoría como no reproductivas (24 individuos), seguido por gestantes (10), poslactantes (3) y lactantes (1). Finalmente, de acuerdo con las épocas climáticas presentes en el área de estudio, se capturaron un total de 5 hembras en época de lluvia, 13 en época seca y 20 en época de transición.

Procesamiento de los animales

Inicialmente, el estado reproductivo fue caracterizado por medio de la revisión de caracteres externos. Para ello, se analizó la morfología externa de mamas, vientre y aparato reproductor, para categorizar cada individuo como “preñada”, “lactante”, “poslactante” y “no reproductiva” (34). Posteriormente, se les realizaron citologías vaginales a todas las hembras capturadas, excepto a aquellas con gestaciones muy avanzadas (abdomen notablemente distendido), siguiendo el protocolo propuesto por Vela-Vargas et al. (22), y modificando el volumen de solución a 5µl.

Las placas resultantes de las citologías fueron procesadas en laboratorio y tratadas mediante la tinción de Wright, para realizar el conteo y la caracterización celular al microscopio. Para este proceso, por una parte, las células fueran categorizadas en función del tipo celular como “parabasales”, “intermedias”, “superficiales con núcleo” y “superficiales sin núcleo”; por otra parte, el recuento celular se valoró como: “escaso (+)”, “moderado (++)” y “abundante (+++)”. Para la búsqueda de los diversos tipos de células y clasificar la etapa del ciclo estral de cada individuo se siguieron las recomendaciones de Vela-Vargas et al. (22).

A partir de esta información se procedió a clasificar la etapa del ciclo estral en “proestro”, “estro”, “metaestro” y “diestro”, considerando los parámetros propuestos por Castillo-Navarro et al. (18). El *proestro* se caracteriza por la presencia predominante de células parabasales,

una ocurrencia moderada de células superficiales nucleadas y células intermedias, con una variable infiltración de leucocitos, eritrocitos y bacterias. En el *estro* se observa la presencia de células epiteliales superficiales nucleadas y anucleadas, con una variable infiltración de eritrocitos, aunque estos también pueden estar ausentes. En el *metaestro* se evidencian células superficiales intermedias, parabasales y anucleadas, con una variable infiltración de leucocitos. Finalmente, en el *diestro* se observa la presencia de células parabasales con predominio en la muestra, y una variable infiltración de leucocitos (18) (tabla 1).

A partir de la revisión de las citologías, se presenta la frecuencia de ocurrencia de cada etapa durante la temporada de muestreo en conjunto para todas las especies de murciélagos y para las especies más abundantes.

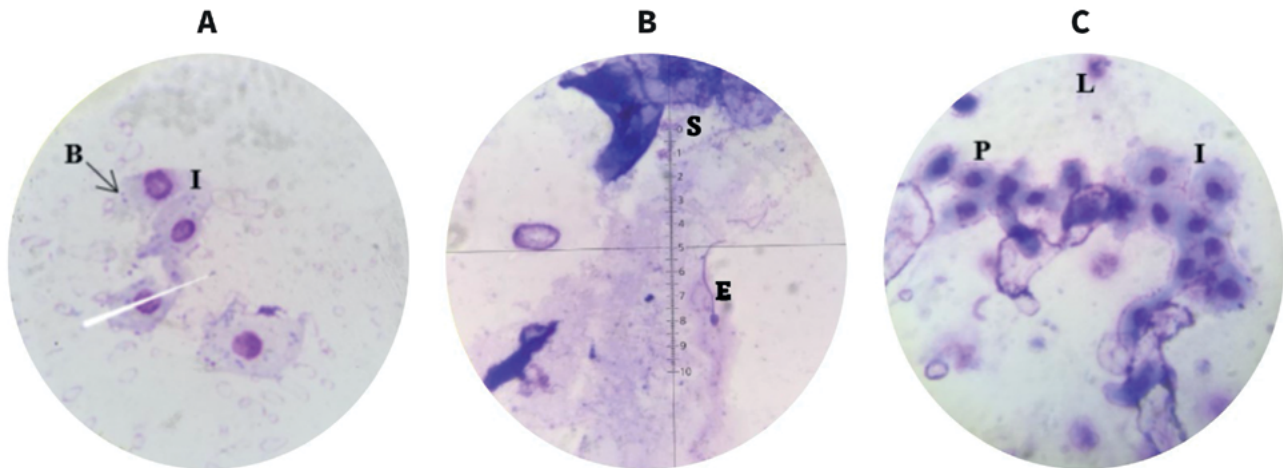
RESULTADOS

De las 28 muestras de frotis vaginal colectadas, se descartaron cinco (13 %) por deficiente cantidad celular, además de presentar material particulado que impedía la clasificación reproductiva. A partir de las restantes 23 citologías se lograron observar las cuatro fases del ciclo estral (estro, metaestro, diestro y proestro, figura 1). Del total de hembras analizadas durante el estudio, la mayor proporción fue encontrada en estro (56,5 %), seguido de proestro (21,7 %), diestro (17 %) y metaestro (4,3 %).

Tabla 1. Propuesta de clasificación de las etapas del ciclo estral de acuerdo con el tipo de célula y su recuento en frotis vaginal.

Clasificación	Célula parabasal	Célula intermedia	Célula cornificada o anucleada	Célula superficial nucleada	Leucocitos	Eritrocitos	Bacterias
Proestro	(+++)	(+)		(+)	Presentes	Presentes	Presentes
Estro			(+)	(+)	Ausentes	Ausentes o presentes	Ausentes
Diestro	(+++)				Presentes	Ausentes	Ausentes
Metaestro	(+)	(+)	(+)	(+)	Presentes	Ausentes	Ausentes

Figura 1. Citologías vaginales en murciélagos en una zona periurbana del norte de la cordillera Central, Antioquia, Colombia



Nota. A. Campo visual de la citología en proestro en una hembra de *Sturnira ludovici*, en el que se evidencian células intermedias (I) en cantidad moderada y se observan bacterias intracelulares (B). B. Campo visual de la citología en estro en una hembra de *Dermanura cf. glauca*. Aquí se observan células superficiales (S) y se evidencia un espermatozoide con su cola fragmentada (E). C. Campo visual de la citología en diestro en una hembra *Artibeus lituratus*, en la que se observan células parabasales abundantes (P) e intermedias escasas (I); también se observa reacción leucocitaria (L).

El análisis citológico permitió determinar tres tipos celulares del epitelio vaginal: células superficiales, células intermedias y células parabasales; además de células epiteliales, se hallaron células espermáticas y leucocitos polimorfonucleares en los lavados vaginales. Los espermatozoides mostraron la estructura característica de cabeza, cuerpo y cola (figura 1B). La composición celular de las especies capturadas fue similar, ya que no se observaron diferencias aparentes en los tipos celulares ni en su distribución. Los espermatozoides que se hallaron en hembras que aparentemente estaban inactivas sexualmente, según su morfología externa, confirman el estro de los individuos.

La fase que corresponde a estro fue la predominante para las especies en conjunto (tabla 2). Las fases de diestro y proestro se presentaron en diversos meses del año, y no se asociaron a una época climática específica. La fase del metaestro tuvo un menor porcentaje de ocurrencia, y solo fue determinada en época seca, al igual que las hembras gestantes (tabla 3). Para *S. ludovici*, la especie más abundante en los muestreos, la época con mayor actividad reproductiva fue registrada durante

marzo de 2019 (tabla 4), evidenciando predominio del periodo de estro y la ocurrencia de algunas hembras gestantes. Para la especie *C. perspicillata*, la etapa de estro estuvo distribuida de manera regular en casi todos los muestreos realizados (tabla 4).

DISCUSIÓN

Este trabajo constituye el primer aporte al conocimiento de la biología reproductiva de murciélagos en un sistema urbano-rural en el departamento de Antioquia, y en un bosque alto andino en Colombia. A pesar de que no se realizó un seguimiento mensual para cada una de las especies registradas, la información aquí presentada es una referencia sobre la presencia de las diferentes etapas estrales para las especies más abundantes en el estudio: *Sturnira ludovici* y *Carollia perspicillata*.

En el caso de *Sturnira ludovici* (34,2%), se ha reportado en otras poblaciones un patrón poliestríco bimodal estacional, que indica que una hembra posee dos procesos reproductivos seguidos en una misma estación

Tabla 2. Clasificación del estado reproductivo de acuerdo con la citología vaginal por especie de murciélago registrada

Especies	Proestro	Estro	Diestro	Metaestro	Preñez	Total
<i>Sturnira ludovici</i>	1	5			6	12
<i>Carollia perspicillata</i>	1	4	1		2	8
<i>Sturnira erythromos</i>		2	1			3
<i>Sturnira parvidens</i>	2					2
<i>Dermanura cf. glauca</i>		1	1			2
<i>Anoura sp.</i>		1				1
<i>Sturnira aratathomasi</i>				1		1
<i>Vampyressa thylene</i>	1					1
<i>Carollia brevicauda</i>					1	1
<i>Artibeus lituratus</i>			1			1
<i>Myotis sp.</i>					1	1
Total	5	13	4	1	10	33

Tabla 3. Distribución temporal de las etapas del ciclo estral determinadas mediante citologías vaginales en las hembras capturadas

FECHA		Época climática	FASES DEL CICLO ESTRAL					Total
Año	Mes		Proestro	Estro	Metaestro	Diestro	Excluida por preñez	
2018	Agosto	Transición					1	1
	Septiembre	Lluvia		2				2
	Octubre	Lluvia				1		1
2019	Marzo	Transición	2	6	1	1	6	16
	Mayo	Lluvia		1				1
	Julio	Seca	2	1			1	4
2020	Enero	Seca	1	2				3
	Febrero	Seca		1		2	2	5
Total			5	13	1	4	10	33

 Tabla 4. Clasificación de la fase del ciclo estral de la especie *Sturnira ludovici* y *Carollia perspicillata* según el año y mes

FECHA		FASES DEL CICLO ESTRAL					Total
Año	Mes	Proestro	Estro	Metaestro	Diestro	Excluida por preñez	
<i>Sturnira ludovici</i>							
2019	Marzo		4			5	9
	Julio		1				1
	Enero	1					1
2020	Febrero					1	1
Total		1	5			6	12
<i>Carollia perspicillata</i>							
2018	Agosto					1	1
	Septiembre		1				1

FECHA		FASES DEL CICLO ESTRAL					
Año	Mes	Proestro	Estro	Metaestro	Diestro	Excluida por preñez	Total
2019	Marzo	1			1	1	3
	Mayo		1				1
2020	Enero		1				1
	Febrero		1				1
Total		1	4		1	2	8

favorable del año con dos picos de lactancia, el primero en abril y el segundo de septiembre a octubre (4, 19). En las investigaciones previas sobre el ciclo reproductivo de esta especie no se reporta el uso de citología vaginal como método para determinar su etapa del ciclo estral. Sin embargo, teniendo en cuenta los patrones descritos para la especie, el comportamiento reproductivo registrado en el presente trabajo coincide con la presentación de poliestría, aunque el pico reproductivo se presentó en marzo.

Para la especie *Carollia perspicillata*, la segunda más abundante, se encontraron hembras en estro durante todos los muestreos, y con preñez en marzo y agosto. Este patrón concuerda con lo reportado por Osma de Bonilla y Turriago (13), en las cercanías de la ciudad de Villavicencio (450 msnm), quienes encontraron dos picos reproductivos al año, el primero entre febrero y marzo, y el segundo entre junio y agosto. La reproducción de *Carollia perspicillata* se ha reportado como un ciclo poliestrico bimodal estacional, con una gestación de aproximadamente tres meses y la producción de leche extendiéndose por más de 70 días (12).

Para las demás especies registradas no es posible establecer un patrón claro debido a las bajas capturas (entre uno y tres individuos). En cuatro de las especies: *Sturnira aratathomasi*, *Sturnira parvidens*, *Vampyressa thylene* y *Dermanura cf. glauca* no existen descripciones previas sobre la fenología de sus ciclos reproductivos. Asimismo, los estudios disponibles para Colombia indican que *Artibeus lituratus* presenta un ciclo reproductivo de tipo poliestrico, encontrándose hembras preñadas durante todo el año (15), y en algunos casos con presencia de estro posparto o actividad reproductiva

inmediata luego de dar a luz (16). Sin embargo, también fue descrito un patrón de poliestría bimodal en zonas urbanas para esta misma especie (18). Para *Carollia brevicauda* se ha reportado un patrón de poliestría bimodal con dos preñeces y dos lactancias separadas por un estro posparto (14). En algunas de las especies registradas no se cuentan con reportes sobre su ciclo reproductivo en Colombia, pero sí con información desde otras regiones en el Neotrópico. En *S. erythromos* es descrito un patrón monoestrico estacional en localidades de Tucumán, Argentina (36), mientras que, para especies del género *Anoura*, en Brasil, son registrados patrones de poliestría bimodal, pero con reproducción continua durante todo el año (37). Finalmente, en especies del género *Myotis* se ha reportado una poliestría, con reproducción continua durante el año y presencia de estro posparto (38).

Es importante recalcar que el muestreo se realizó casi durante toda la temporada de lluvias y la transición a temporada seca, que corresponde al tiempo en el que normalmente se presentan los picos de floración y fructificación en ecosistemas alto andinos (39, 40). La época de transición de marzo de 2019 fue el periodo en el que más individuos se capturaron, y la mayoría de hembras se encontraban en estro, lo que nos indica que estaban receptivas al macho y posiblemente sincronizadas con el clima. Aunque la información recolectada no permite establecer una relación directa entre la disponibilidad de recursos y la fenología reproductiva de las especies de murciélagos estudiadas, se presentaron coincidencias entre picos de preñez y las épocas de alta abundancia de frutos para la zona, un fenómeno reportado previamente para murciélagos frugívoros e insectívoros (41). Adicionalmente, patrones de poliestria han sido

reportados consistentemente para las especies frugívoras en ambientes tropicales (5, 14), aunque en cada uno la sincronización puede depender de otros factores ambientales como el fotoperiodo y la temperatura (42).

Los resultados de este trabajo muestran que la mayoría (59%) de las hembras clasificadas externamente como no reproductivas, realmente se encontraban activas reproductivamente. Las fases de estro con predominio de células superficiales, sin tener como interferente el moco vaginal, y proestro con cantidad abundante de células parabasales en dichas hembras, confirman la presencia de actividad. Estos resultados concuerdan con estudios previos, en los cuales la caracterización reproductiva de las hembras se hizo exclusivamente mediante la observación de caracteres externos (pezones, galactorrea, palpación abdominal), lo que no siempre evidenció la verdadera condición de los individuos (18, 22). Aunque la evaluación por caracteres externos resulta ser una ayuda para orientar el ciclo reproductivo de los murciélagos, es necesario implementar metodologías como la citología vaginal para lograr obtener información precisa sobre el estado reproductivo y los patrones en los ciclos estrales para este grupo de mamíferos. Esta metodología es de bajo costo y se puede implementar de manera fácil en campo con una mínima manipulación de los individuos, en comparación con métodos más invasivos como la caracterización reproductiva mediante evaluación hormonal (43). Esto la convierte en una herramienta potencial para el seguimiento reproductivo a largo plazo, así como para la evaluación de las relaciones entre ciclos estrales y los factores ambientales regulándolos en ambientes transformados.

CONCLUSIONES

Las especies *C. perspicillata* y *S. ludovici* presentaron estros en diferentes meses en el año, sin embargo, es necesario un muestreo más grande, con el fin de establecer si en el área de estudio se mantiene un patrón poliéstrico bimodal estacional, tal como ha sido reportado en la literatura, con nacimientos en los meses

energéticamente más favorables. Además, es importante considerar que la evaluación de caracteres externos no refleja apropiadamente la etapa reproductiva en la que se encuentra una hembra, por lo que se recomienda implementar el uso de citología vaginal en estudios reproductivos, de manera que se pueda determinar apropiadamente la fase del ciclo estral, y así obtener datos específicos sobre la receptividad o no de las hembras, los cuales no podrían ser proporcionados por hallazgos macroscópicos.

REFERENCIAS

1. Ramírez L. El ciclo estral y menstrual. Mundo pecuario. 2006;2:30-31.
2. Felipe AE, Cabodevila J, Callejas S. Characterization of the estrous cycle of the *Myocastor coypus* (coypu) by means of exfoliative colpocytology. J Neotrop Mammal. 2001;82(2):129-137. Disponible en: <https://shorturl.at/jtHS3>
3. Dubost G, Henry O. Seasonal reproduction in neotropical rainforest mammals. Zool Stud. 2017;56(2):1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.6620/ZS.2017.56-02>
4. Fleming TH, Hooper ET, Wilson DE. Three central American bat communities: Structure, reproductive cycles, and movement patterns. Ecol. 1972;53:556-569. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1934771>
5. Durant KA, Hall R, Cisneros L, Hyland R, Willing M. Reproductive phenologies of phyllostomid bats in Costa Rica. J Mammal. 2013;94(6):1438-1448. Disponible en: <https://doi.org/10.1644/13-MAMM-A-103.1>
6. August PV, Baker RJ. Observations on the reproductive ecology of some Neotropical bats. Mammalia. 1982;46:177-181. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/mamm.1982.46.2.177>
7. Bonaccorso FJ. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. Bull Fla State Mus Biol Ser. 1979;24(4):359-408
8. Ramírez-Pulido J, Armella MA, Castro-Campillo A. Reproductive patterns of three neotropical bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in Guerrero, Mexico. Southwest Nat. 1993;38(1):24-29. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/3671640>

9. Pineda-Lizano W, Chaverri G. Spatio-temporal distribution and reproductive phenology of Neotropical bat species in an altitudinal gradient in Costa Rica. *Mamm Biol.* 2022;102(1):61-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00213-3>
10. Stepanian PM, Wainwright CE. Ongoing changes in migration phenology and winter residency at Bracken Bat Cave. *Glob Chang Biol.* 2018;24(7):3266-3275. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.14051>
11. Stoner KE, Salazar KA, Fernández RC, Quesada M. Population dynamics, reproduction, and diet of the lesser long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in Jalisco, Mexico: implications for conservation. *Biodivers Conserv.* 2003;12:357-373. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1021963819751>
12. Osma de Bonilla H, Turriago Romero G. Reproducción y comportamiento de una colonia de murciélagos *Carollia Perspicillata* en cautividad. *Acta Biolo Colomb.* 1986;1(2):99-110. Disponible en: <https://shorturl.at/dfgqw>
13. Osma de Bonilla H, Turriago Romero G. Ciclo reproductivo del murciélago *Carollia perspicillata* en el campo. *Acta biolo Colomb.* 1988;1(4):49-61. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiolo/article/view/25992/28479>
14. Torres DA, Henao-Isaza JR, Castaño JH. Reproductive pattern of the silky short-tailed bat *Carollia brevicauda* (Chiroptera: Phyllostomidae) in the Andes of Colombia. *Mammal Study.* 2018;43(2):133-139. Disponible en: <https://doi.org/10.3106/ms2017-0082>
15. Tamsitt, JR, Valdivieso D. Reproductive cycle of the big fruit-eating bat, *Artibeus lituratus* Olfers. *Nature.* 1963;198:104. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/198104a0>
16. Tamsitt JR, Valdivieso D. Reproduction of the female big fruit-eating bat, *Artibeus lituratus palmarum*, in Colombia. *Caribb J Sci.* 1965;5:157-166.
17. Tamsitt JR, Valdivieso D. The male reproductive cycle of the bat *Artibeus lituratus*. *Am Midl Nat.* 1965;73(1):150-160. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/2423327>
18. Castillo-Navarro Y, Serrano-Cardozo VH, Ramírez-Pinilla MP. Biología reproductiva de *Artibeus lituratus* y *Artibeus jamaicensis* (Phyllostomidae: Stenodermatinae) en un área urbana en Colombia. *Mastozool neotrop.* 2017;24(1):69-84.
19. Calderon-Patiño J. Actividad reproductiva en especies de los géneros *Carollia* y *Sturnira* (Chiroptera: Phyllostomidae) en la serranía de los Yariguíes. [Tesis de pregrado]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander; 2014.
20. Vela-Vargas IM, Pérez-Pabón L, Larraín P, Pérez-Torres J. Vaginal smears: A key source of information on the estrous cycle of Neotropical bats. *Mastozool Neotrop.* 2016;23(1),139-145. Disponible en: <https://mn.sarem.org.ar/article/vaginal-smears-a-key-source-of-information-on-the-estrous-cycle-of-neotropical-bats/>
21. Brunet-Rossinni AK, Wilkinson GS. Methods for age estimation and the study of senescence in bats. En: *Ecological and behavioral methods for the study of bats.* 2nd ed. Johns Hopkins University Press; 2009. p. 315-325.
22. Racey, PA. Reproductive assessment of bats. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 1988.
23. Champlin AK, Dorr DL, Gates AH. Determining the stage of the estrous cycle in the mouse by the appearance of the vagina. *Biol Reprod.* 1973;8(4):491-494. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/biolreprod/8.4.491>
24. Malekani M, Westlin LM, Paulus JJ, Potgieter HC. Oestrous occurrence in captive female *Cricetomys gambianus* (Rodentia: Cricetidae). *J Zool.* 2002;257(3):295-301. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0952836902000894>
25. Rodrigues AF, Santiago CS, Morielle-Versute E, Taboga SR, Beguelini MR. Morphological variation of the female reproductive organs of the bat *Artibeus lituratus* during its different reproductive phases. *J Morphol.* 2019;280(8):1141-1155. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jmor.21006>
26. Beguelini MR, Santiago CS, Morielle-Versute E, Taboga SR. Morphophysiological variations of the female reproductive organs of the vespertilionid bat *Myotis nigriceps* during its different reproductive phases. *Theriogenology.* 2020;158:121-137. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.09.004>
27. Pearson OP, Koford MR, Pearson AK. Reproduction of the lump-nosed bat (*Corynorhinus rafinesquei*) in

- California. *J Mammal*. 1952;33(3):273-320. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1375769>
28. Elizalde-Arellano C, López-Vidal JC, Uría-Galicia E, Rosales HM, Arroyo-Cabrales J, Medellín RA. (2008). Citología vaginal y ciclo estral de *Diphylla ecaudata*. En: Avances en el estudio de los mamíferos de México. Vol. II. México: Publicaciones Especiales, Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. 2008. p. 253-268.
 29. Holdridge LR. Life zone ecology. San Jose: Tropical Science Center. 1967.
 30. Corantioquia. Plan de manejo. Reserva Forestal Protectora Regional Alto de San Miguel. Documento Técnico [internet]. 2019 [citado enero 20 de 2022]. Disponible en: <https://shorturl.at/nvKLM>
 31. Sánchez-Londoño JD, Gómez-RDA, Solari S, Molina A. Mamíferos (Mammalia) de la Reserva Forestal Protectora Alto de San Miguel (Caldas-Antioquia, Colombia). En: Estudios en biodiversidad del Alto de San Miguel. Medellín: Editorial CES. 2019. p. 67-89.
 32. Muñoz Arango J. Los murciélagos de Colombia sistemática, distribución, descripción, historia natural y ecología (No. C/599.4 M8). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia; 2001.
 33. Díaz M, Solari S, Aguirre L, Aguilar S, Barquez R. Clave de identificación de murciélagos de Sudamérica. Tucumán: PCMA (Programa de Conservación de los murciélagos de Argentina); 2016.
 34. Balmori A. La reproducción en los quirópteros. *Galemys*. 1999;11(2):17-34. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5107955>
 35. Sikes RS, Gannon WL, the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *J Mammal*. 2011;92(1):235-253
 36. Autino A, Barquez R. Patrones reproductivos y alimenticios de dos especies simpátricas del género *Sturnira* (Chiroptera, Phyllostomidae). *Mastozool Neotrop*. 1993;1(1):73-80. Disponible en: <https://shorturl.at/frC67>
 37. Taddei V. The Reproduction of some Phyllostomidae Chiroptera from the northwestern region of the state of Sao-Paulo Brazil. *Arquivos*. 1976;1(1):313-330. Disponible en: <https://doi.org/10.11606/issn.2526-3358.bolzo.1976.121587>
 38. Wilson DE, Findley JS. Reproductive cycle of a Neotropical insectivorous bat, *Myotis nigricans*. *Nature*. 1970;225(5238):1155-1155. Disponible en: <https://shorturl.at/muCKS>
 39. Rodríguez-Santamaría MF, Puentes-Aguilar JM, Cortés-Pérez F. Caracterización temporal de la lluvia de semillas en un bosque nublado del cerro de Mama-pacha (Boyacá-Colombia). *Rev Acad Colomb Cienc*. 2006;30(117):619-624. Disponible en: <https://shorturl.at/MPV59>
 40. Velázquez M, Naranjo M, Gamez L, Murillo J. Lluvia de semillas en una selva nublada y en un bosque secundario en los Andes venezolanos. *Ecotropicos*. 2016;28:1-13. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/42407?locale-attribute=en>
 41. Estrada A, Coates-Estrada R. Species composition and reproductive phenology of bats in a tropical landscape at Los Tuxtlas, Mexico. *J Trop Ecol*. 2001;17(5):627-646. Disponible en: <https://doi:10.1017/s026646740100147x>
 42. Barclay R, Ulmer J, Cameron M, Thompson M, Olson L, Mccool J, et al. Variation in the reproductive rate of bats. *Can J Zool*. 2004;82(5):688-693. Disponible en: <https://doi.org/10.1139/z04-057>
 43. Martin L, Bernard RT. Endocrine regulation of reproduction in bats: the role of circulating gonadal hormones. En: *Reproductive biology of bats*. Cambridge: Academic Press; 2000. p. 27-64.