

ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE INDIVIDUOS DE LA ÚNICA POBLACIÓN CONOCIDA DE *NATALUS PRIMUS* (CHIROPTERA: NATALIDAE) BASADO EN DATOS DE MARCAJE Y RECAPTURA

ESTIMATION OF THE NUMBER OF INDIVIDUALS IN THE LAST LIVING POPULATION OF *NATALUS PRIMUS* (CHIROPTERA: NATALIDAE) BASED ON MARK-RECAPTURE DATA

JOSE M. DE LA CRUZ^{1,✉}, CARLOS A. MANCINA², DAVI TELES³, CLAUDIA GREY³

1. Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales ECOVIDA. Km 2 ½ Carretera a Luis Lazo. Teléfono: 48-750060, Cuba.
2. Instituto de Ecología y Sistemática de Cuba. Carretera Varona # 11835 % Oriente y Lindero Reparto Parajón, Consejo Popular Calabazar, Municipio Boyeros, La Habana, Cuba.
3. Zoological Society of London. Regent's Park, London. NW1 4RY.

RESUMEN: El murciélago oreja de embudo grande (*Natalus primus*) es una especie de murciélago amenazada de extinción; en la actualidad solo se conoce una población en una cueva del Parque Nacional Península de Guanahacabibes. En este trabajo se brindan los resultados del estimado del número de individuos de la población basado en métodos de captura-marcaje y recaptura. El estudio se realizó entre enero y febrero del 2019 en Cueva La Barca. Los individuos se capturaron dentro del refugio y fueron marcados con barnices de colores en las uñas, lo que permitió la identificación individual. Los datos se analizaron por medio de métodos que asumen poblaciones cerradas: el método de Schnabel para muestras múltiples y tres modelos de Huggins. Los resultados indican que el tamaño de la población de *N. primus* se encuentra entre 320 y 340 individuos. Sin bien los valores obtenidos en el presente estudio, comparado con estimaciones previas, podrían sugerir la reducción de la población, su mayor contribución es una línea base replicable para evaluar el tamaño de esta población en el futuro sobre el cual fundamentar evaluaciones del estado de amenaza y establecer acciones de conservación.

PALABRAS CLAVE: especie amenazada, métodos de marcaje-recaptura para poblaciones cerradas, murciélagos, tamaño poblacional.

ABSTRACT: The Cuban Greater Funnel-Eared Bat (*Natalus primus*) is an endangered bat species; currently only one population is known in a cave in the National Park "Península de Guanahacabibes". This paper provides the results of the estimation of the number of individuals in the population based on capture-mark and recapture methods. The study was conducted between January and February 2019 in Cueva La Barca. Individuals were captured inside the refuge and were marked with colored nail varnish, which allowed for individual identification. Data were analyzed using methods that assume closed populations: Schnabel's method for multiple samples and three Huggins models. The results indicate that the population size of *N. primus* is between 320 and 340 individuals. Although the values obtained in the present study, compared with previous estimates, could suggest a reduction in the population, its major contribution is a replicable baseline to evaluate the size of this population in the future on which to base evaluations of the threat status and establish conservation actions.

KEYWORDS: bats, closed-population mark-recapture methods, population size, threatened species.

✉ Jose M. de la Cruz
jmdelacruz.mora@gmail.com

Recibido: 20 de mayo de 2023

Aceptado: 10 de julio de 2023



Este es un artículo publicado en acceso abierto
bajo una licencia Creative Commons



<https://cu-id.com/2403/n514e09>

INTRODUCCIÓN

El Caribe insular es considerado uno de los puntos calientes de biodiversidad del planeta, dado los altos niveles de fragmentación y pérdida de sus hábitats naturales, unido a la elevada concentración de especies y endemismos (Mittermeier *et al.*, 2011). Sin embargo, debido a la condición de insularidad y las presiones de origen antropogénicas, en los últimos cinco siglos muchas especies de la región se han extinguido o se encuentran amenazadas de extinción (Dávalos y Turvey, 2012). Los murciélagos no son la excepción, a pesar de contar con una pequeña fracción de las especies conocidas en el Neotrópico, el Caribe insular alberga un número relativamente alto de especies amenazadas, incluidas las dos únicas consideradas en Peligro Crítico, *Phyllonycteris aphylla* y *Natalus jamaicensis* (Barquez *et al.*, 2022).

La fauna de murciélagos de Cuba incluye 26 especies; de estas, cuatro se encuentran incluidas en el “Libro Rojo de los Vertebrados de Cuba” (González *et al.*, 2012). No obstante, otras especies estrictamente cavernícolas pueden ser sensibles a extinciones locales debido a su alta especialización ecológica y a las perturbaciones a las cuevas que les sirven de refugio (Mancina *et al.*, 2007). Entre las especies amenazadas de Cuba destaca el murciélago de oreja de embudo grande (*Natalus primus*). Descrita a partir de material subfósil encontrado en una localidad de Santiago de Cuba en la zona oriental de Cuba (Anthony, 1919), en el año 1992 fue redescubierta una colonia viviente en cueva La Barca en el extremo más occidental de la isla (Tejedor *et al.*, 2004).

Basado en una distribución geográfica limitada a una sola localidad (área de ocupación < 10 km²) y a la reducción de la calidad del hábitat, inferida por perturbaciones en el refugio y los posibles sitios de forrajeo, *N. primus* fue categorizada como en Peligro Crítico (Mancina, 2012). Posteriormente, a falta de estimados poblacionales, la especie fue re-evaluada como Vulnerable (Vu D2; Mancina, 2016); esta categoría se aplica a aquellas de distribución geográfica muy restringida y con una posibilidad razonable de incrementar su estado de amenaza a CR o extinguirse en un periodo de tiempo muy corto (IUCN, 2012).

Una limitación de estas evaluaciones ha sido no disponer de estimadores poblacionales precisos. Basado en observaciones directas, en julio de 1993 se estimó que la población de *N. primus* estaba integrada por unos pocos miles de individuos y en 2001 aún se consideraba abundante (Tejedor *et al.*, 2004). Posteriormente, De la Cruz y García (2019) obtuvieron cifras que variaron entre 431 y 729 individuos. Aunque estos datos podrían sugerir

una reducción en el número de individuos, también podrían reflejar sesgos inherentes al método, como son la habilidad diferencial de los observadores y la dificultad de identificar y cuantificar murciélagos dentro de los refugios.

En este trabajo se brinda un estimado del tamaño de la única población conocida de *N. primus* basado en un método de captura-marcaje-recaptura y la aplicación de diferentes modelos estadísticos. A pesar de los sesgos y asunciones de este tipo de métodos (Krebs, 1989), consideramos que los datos obtenidos constituyen una línea base importante para el monitoreo del tamaño poblacional de la colonia sobre el cual fundamentar evaluaciones del estado de amenaza y establecer futuras acciones de conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cueva La Barca se encuentra ubicada en el extremo más occidental de la isla de Cuba (21°50'7" N, 84°56'35" O), en el Parque Nacional Guanahacabibes, provincia de Pinar del Río. La cueva se encuentra aproximadamente a 800 metros de la playa homónima en la vertiente sur de la península. Además de *N. primus* en la cueva coexisten otras 13 especies de murciélagos (Tejedor *et al.*, 2005), siendo una de las cuevas de Cuba que albergan un elevado número de especies de murciélagos. Cueva La Barca, y sus hábitats circundantes, ha sido reconocida por la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM) como un “Sitio de Importancia para la Conservación de los Murciélagos” (De la Cruz y Mancina, 2022). La vegetación circundante es bosque semidecídulo sobre piedra caliza desnuda, con una franja de matorral xeromorfo arbustivo la parte sur. En esta región no existen ríos ni lagos de agua permanente; las fuentes de agua son espejos de agua intermitentes, dependientes de la intensidad de las lluvias.

Los datos fueron tomados durante ocho visitas a la cueva en el período comprendido entre el 28 de enero y el 12 de febrero de 2019. Se seleccionó este período para reducir el impacto sobre las colonias de maternidad de varias especies de murciélagos que habitan la cueva, las cuales comienzan a formarse al final del periodo seco y comienzo de las lluvias. En los ocho eventos de captura se aplicó un protocolo estandarizado que consistió en el empleo, durante una hora, de dos redes de nieblas pequeñas y un jamo entomológico. Dentro de la cueva se seleccionaron 11 sitios, donde se realizaron observaciones y capturas. Dada las características de la cueva, las redes solo pudieron ser empleadas en seis sitios (sitios 2, 4, 5, 7, 9 y 11; Fig. 1) y en cada visita se seleccionó un sitio diferente. En los otros sitios, donde *N. primus* coexiste con altas densidades de

otras especies, solo se empleó el jamo entomológico para evitar la saturación de capturas en las redes. Los individuos capturados fueron introducidos de manera independiente en bolsas de tela. Antes de ser marcados y liberados en el sitio de captura, a cada individuo se le registró el sexo. La técnica de marcaje empleada consistió en la aplicación en las uñas de las patas barnices de diferentes colores (Fig. 2). Este método de marcaje es poco invasivo y permitió identificar de manera individual cada uno de los ejemplares capturados. Solo siete individuos capturados no fueron marcados ya que mostraron un elevado estrés y fueron liberados instantáneamente. Todos los individuos marcados, al momento de ser liberados, se mostraron activos y volaron sin problemas.

En casos donde es difícil realizar censos visuales, se pueden emplear modelos que están diseñados para estimar el tamaño de la población basados en la captura, el marcaje y la recaptura de individuos en sucesivos eventos de captura (O'Donnell, 2009). En este estudio utilizó el modelo de Schnabel para muestras múltiples (Schnabel, 1938). Este es un tipo de modelo que asume que la población es "cerrada", lo que significa que entre las secciones de capturas no existen nacimientos, muertes o inmigración de individuos de la especie. Este tipo de modelo permite hacer un estimado instantáneo del tamaño de la población para un tiempo determinado. Este método extiende el método de Lincoln-Peterson a más de dos muestras (Krebs, 1989); se basa en hacer captura de individuos y marcarlos, en posteriores eventos de captura se registran las recapturas y los individuos no marcados se marcan con el mismo método que los anteriores. De manera general el método necesita distinguir entre individuos marcados (aquellos ya capturados en muestras previas) y no marcados (individuos que se capturan por primera vez), por lo que en cada evento de muestreo se registrará:

El método de Schnabel estima el tamaño de la población (N) como:

$$N = \frac{\sum_t (C_t M_t)}{\sum_t R_t}$$

C_t : el total de individuos capturados en la muestra t

R_t : el número de individuos que ya estaban marcados en la muestra t

M_t es el número total de individuos marcados en la muestra t .

Por otra parte, el tamaño de la población también fue estimada usando los modelos de Huggins (Huggins, 1989) implementado en el programa MARK (White y Burnham, 1999). Los modelos seleccionados no asumen heterogeneidad individual, pero consideran variaciones en la tasa de captura (p) y posibles conductas que pudiesen afectar la tasa de recaptura (c). Los modelos analizados plantearon la posibilidad de que la probabilidad de captura se

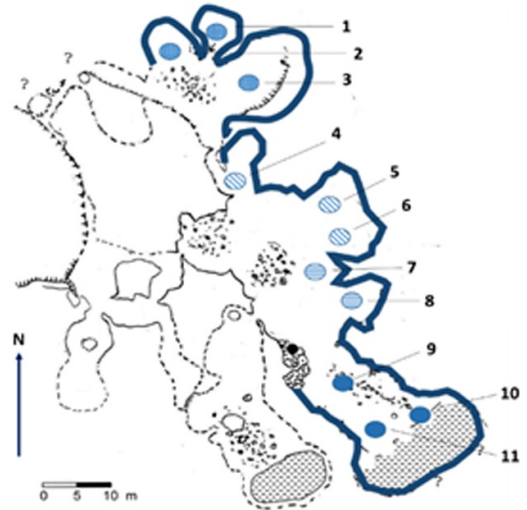


FIGURA 1. Distribución de los sitios de captura dentro de cueva La Barca; esquema de la cueva modificado de Tejedor et al. (2005).

FIGURE 1. Distribution of capture sites within La Barca cave; sketch of the cave modified from Tejedor et al. (2005).



FIGURA 2. Método de marcaje basado en la aplicación de barniz de diferentes colores en las uñas de las patas de *Natalus primus*; la combinación de colores permitió la identificación individual de cada murciélago recapturado.

FIGURE 2. Marking method based on the application of varnish of different colors on the claws of *Natalus primus*; the combination of colors allowed the individual identification of each recaptured bat.

mantuviese constante (M_0), que la probabilidad fuera diferente entre los muestreos (M_t) o presentaran una variación asociada a cambios conductuales entre los muestreos (M_b) (White, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de estudio se capturaron 65 ejemplares de *N. primus*. Todos fueron individuos adultos; 28 (43,1) fueron machos y 37 (56,9 %) hembras, ninguna mostró evidencia de actividad reproductiva (gestantes o lactantes). Del total de individuos capturados se marcaron 54 y ocurrieron 5 eventos de recaptura (Tabla 1). En la pared este de la cueva se identificaron cuatro sitios (4, 5, 8 y 9; Fig. 1) que son utilizados con mayor frecuencia por *N. primus* como refugio. En la pared de la mayoría de estos sitios se observan concavidades de disolución poco profundas y a menos de un metro del suelo, en estas los individuos cuelgan sin rozar la pared y en grupos entre 10 y 20 individuos. El sitio 9 se encuentra ubicado a la entrada de la cámara de calor y se caracteriza por tener una pared amplia donde individuos solitarios descansan a más de dos metros de altura. En esta pared no se observaron descansando otras especies de murciélagos. Aunque se desconocen las causas que podrían motivar el uso de diferentes sitios de descanso por parte de la colonia de *N. primus*, la presencia de depredadores como el majá (*Chilabothrus angulifer*) y el cangrejo de tierra (*Cardisoma guanhumi*) podría motivar estos desplazamientos. A diferencia de lo observado en estudios previos (ej. Tejedor *et al.*, 2004; Tejedor, 2011) que reportan grupos de cientos de individuos descansando juntos, en otros más recientes los más numerosos nunca superaron los 40 individuos (De la Cruz y García, 2019).

Durante el estudio el mayor número de individuos capturados correspondió al sitio 3 (Fig. 1). Generalmente la población de *N. primus* se encuentra en los salones más oscuros de la cueva cohabitando con grandes colonias de otras especies, lo que dificulta su captura (De la Cruz y García, 2019). Debido a que esta especie dentro del refugio

vuela a baja altura (generalmente a menos de 1 m del suelo) y muy cercano a las paredes (Tejedor, 2011), se trató de maximizar las capturas ubicando las redes en corredores estrechos o sitios con estructuras secundarias (ej. columnas) que forzaran el vuelo de los murciélagos. Cuando son perturbados la mayor parte de los individuos se desplazan hacia el sector sur de la cueva, que tiene un amplio salón con suelo es cenagoso lo que dificulta la captura de los murciélagos.

El tamaño de la población de *N. primus* basado en el método de Schnabel fue de 332 individuos. En la Tabla 1 se muestran los datos de captura, recaptura y los parámetros empleados en la estimación poblacional. El método de Schnabel es una extensión del modelo de Peterson, que se basa en igualar las proporciones de individuos capturados marcados y el total de capturados y la proporción del número de individuos de la población con el total de individuos capturados. Aunque este método ha demostrado su utilidad, introduce sesgos asociados al incremento o decremento de la probabilidad de captura en sucesivos eventos de muestreo; no obstante, Schnabel disminuye este sesgo introduciendo una variante matemática que corrige el resultado con cada evento de captura.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los modelos de Huggins implementados en el programa MARK; la media potenciada, que da prioridad a los modelos de más peso, fue de 320 individuos con un intervalo de confianza al 95 % entre 134 y 794 individuos. A pesar que ninguno de los modelos muestra sobredispersión, el modelo que presume que la probabilidad de captura se mantiene constante entre los ocho eventos de captura (*Mo*), mostró el mayor peso estadístico. El número de individuos obtenido por el modelo *Mo* fue muy similar al encontrado por el método de Schnabel.

TABLA 1. Datos de los ocho eventos de muestreo en la población de *Natalus primus* y parámetros utilizados para estimar el tamaño poblacional mediante el método de Schnabel.

TABLE 1. Data from the eight sampling events in the *Natalus primus* population and parameters used to estimate population size by Schnabel's method.

Muestreo	No. Capt. (C_t)	No. marcados	No. recapt. (R_t)	Total marcados (M_t)
1	13	13	0	0
2	8	7	1	13
3	5	4	0	20
4	7	6	1	24
5	11	9	2	30
6	10	10	0	39
7	4	4	0	49
8	7	5	1	53

TABLA 2. Resultados de los tres modelos empleados para estimar el tamaño de la población de *Natalus primus*.TABLE 2. Results of the three models used to estimate the population size of *Natalus primus*.

Modelo	Peso	Estimado	Error estándar
<i>Mo</i>	0,426	331,2	137,8
<i>Mt</i>	0,383	323,6	134,2
<i>Mb</i>	0,189	153,5	117,5
Media potenciada		320	

Los valores del tamaño de la población de *N. primus* obtenidos en este estudio, basado en un protocolo de captura, marcaje y recaptura de individuos, fueron menores que estudios previos que estimaron una población entre “pocos miles” (Tejedor *et al.*, 2004) a 570 individuos (De la Cruz y García, 2019). A pesar que estos estimados podrían reflejar una tendencia a la reducción de esta población desde su descubrimiento en la última década del siglo pasado, también podrían estar indicando sesgos en los censos. Los estimados basado en el método de Schnabel como los modelos de Huggins de mayor peso estadístico coinciden en una población de *N. primus* entre 320 y 340 individuos. Sin bien los valores obtenidos en el presente estudio podrían apoyar la idea de la reducción de la población de *N. primus* en cueva La Barca, su mayor contribución es que aportan una línea base menos sesgada y replicable para evaluar la dinámica de esta población en el futuro.

Agradecimientos. A los directivos y especialistas del Parque Nacional Guanahacabibes, y a los miembros del Cuerpo de Guardaparque de Caleta del Mangle por el apoyo brindado durante el trabajo de campo. A la Sociedad Zoológica de Londres y su Programa EDGE Fellows, a la Fundación Segré y los esposos Fenton por todo su apoyo para realizar este estudio.

REFERENCIAS

- Barquez, R. M., Aguirre, L. F., Nassar, J. M., Burneo, S. F., Mancina, C. A., y Díaz, M. M. (2022). *Áreas y sitios de importancia para la conservación de los murciélagos en Latinoamérica y el Caribe*. RELCOM, Yerba Buena, Tucumán, Argentina.
- Dávalos, L. M., y Turvey, S. T. (2012). West Indian mammals: the old, the new, and the recently extinct. En B. D. Patterson & L. P. Acosta (Eds.), *Bones, clones, and biomes: an extended history of recent neotropical mammals*. (pp. 157-202). Chicago, IL. University of Chicago Press.
- De la Cruz, J. M. y García, L. Y. (2019). Aplicación de métodos no invasivos y convencionales en el estudio ecológico de *Natalus primus*. *ECOVIDA*, 9(1), 24-38.
- De la Cruz, J. M., y Mancina, C. A. (2022). Cuba / S-Cu-002: La Barca. En Barquez, R. M., L. F. Aguirre, J. M. Nassar, S. F. Burneo, C. A. Mancina y M. M. Díaz (Eds.). *Áreas y sitios de importancia para la conservación de los murciélagos en Latinoamérica y el Caribe* (p. 180). RELCOM, Yerba Buena, Tucumán, Argentina.
- González, H., Rodríguez-Schettino, L., Rodríguez, A., Mancina, C. A., y Ramos, I. (2011). Libro rojo de los vertebrados de Cuba. La Habana: Editorial Academia.
- Huggins R. M. (1989) On the statistical analysis of capture-recapture experiments. *Biometrika*, 76,133-140.
- IUCN (2012). IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*. Harper and Row, Publ., New York.
- Mancina, C. A. (2012). *Natalus primus*. En: González, H., L. Rodríguez-Schettino, A. Rodríguez, C. A. Mancina e I. Ramos (Eds). *Libro rojo de los vertebrados de Cuba* (pp. 284-286). La Habana: Editorial Academia.
- Mancina, C.A. (2016). *Natalus primus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T136777A22032828. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T136777A22032828.en>
- Mancina, C. A., Echenique, L., Tejedor, A., García, L., Daniel, A., y Ortega, M. (2007). Endemics under threat: An assessment of the conservation status of Cuban bats. *Hystrix, Italian Journal of Mammalogy*, 18(1), 3-15.
- Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M., y Gascon, C. (2011). Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. En F. E. Zachos y J.C. Habel (eds.), *Biodiversity Hotspots*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- O'Donnell, C. F. J. (2009). Population dynamics and survivorship in bats. En: Kunz, T. H., y S. Parsons (Eds.). *Ecological and behavioral methods for the study of bats* (pp. 158-176). The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore.
- Schnabel Z. E. (1938). The estimation of the total fish population of a lake. *American Mathematical Monthly*, 45, 348-352.

- Tejedor, A. (2011). Systematics of Funnel-eared bats (Chiroptera: Natalidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 353, 1-140.
- Tejedor, A., Silva Taboada, G., y Rodríguez-Hernández, D. (2004). Discovery of extant *Natalus major* (Chiroptera: Natalidae) in Cuba. *Mammalian Biology*, 69(3), 153-162.
- Tejedor, A., Tavares, V. D. C., y Rodríguez-Hernández, D. (2005). New records of hot-cave bats from Cuba and the Dominican Republic. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, 39, 10-15.
- White, G. C. (2008). Closed population estimation models and their extensions in Program MARK. *Environmental and Ecological Statistics*, 15, 89-99.
- White, G. C., y Burnham, K. P. (1999). Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*. 46, 210-138. <https://sites.warnercnr.colostate.edu/gwhite/program-mark/>

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Jose M. de la Cruz, C. A. Mancina, Davi Teles y Claudia Grey. **Muestréos:** Jose M. de la Cruz.

Escritura del documento: Jose M. de la Cruz, C. A. Mancina y Davi Teles. **Revisión y Edición:** Jose M. de la Cruz y C. A. Mancina. **Fotografía:** Jose M. de la Cruz