

Preferencia de temperatura por murciélagos de los bosques montanos de Machu Picchu, Perú

Temperature preference by bats in the montane forests of Machu Picchu, Peru

Sandra Arias^{1*}, Darwin R. Díaz² y César E. Medina³

Abstract

Information on the thermal preference of bats goes back to studies carried out since the middle of the 20th century, mainly in North America and Europe. Here we present information on the thermal preference of six bat species in the cloud forests of the Historic Sanctuary of Machu Picchu (Cusco, Peru). The data were obtained in field using a thermographic camera and an infrared thermometer. Our results show the intervals and averages of the selected temperatures, as well as the differences between sexes of each species. This information constitutes the first effort in Peru to understand the temperature ranges that natural and artificial bat refuges should have.

Keywords: Thermal preference, bats, temperature.

Resumen

Información acerca de la preferencia termal en murciélagos se remonta a estudios realizados desde mediados del siglo XX, principalmente en Norteamérica y Europa. Aquí se presenta información sobre la preferencia térmica de seis especies de murciélagos en los bosques nubosos del Santuario Histórico de Machu Picchu (Cusco, Perú). Los datos se obtuvieron en campo con ayuda de una cámara de termopreferencia y un termómetro infrarrojo. Nuestros resultados muestran los intervalos y promedios de las temperaturas seleccionadas, así como las diferencias entre sexos de cada especie. Esta información se constituye como el primer esfuerzo en Perú, para entender los rangos de temperatura que deberían poseer los refugios naturales y artificiales de los murciélagos.

Palabras clave: Preferencia térmica, murciélagos, temperatura.

Recibido: 09/06/2020

Aceptado: 08/09/2020

Publicado: 01/10/2020

Sección: Artículo breve

***Autora correspondiente:** sandraarias22@gmail.com

Introducción

Los murciélagos pasan más de la mitad de su vida expuestos a las condiciones físicas de sus refugios, lo cual influye en su demanda energética, desarrollo físico y comportamiento social (Kunz, 1982). Los factores microclimáticos de un refugio que más influyen en los murciélagos son temperatura y humedad relativa, así como sus niveles de variación espacio-temporal (Flaquer *et al.*, 2007; Otto *et al.*, 2016; de Oliveira *et al.*, 2018). La ocupación de refugios con un microclima apropiado es importante durante los procesos de maternidad y termorregulación (de Oliveira *et al.*, 2018).

Desde mediados del siglo XX, diversas investigaciones en Norteamérica y Europa han tratado de explicar la relación entre temperatura y selección de refugios por parte de los murciélagos (Avila-Flores y Medellín, 2004; Phelps *et al.*, 2016; Webber y Willis, 2018). La mayoría de estos estudios se han orientado a comprender su importancia en la segregación espacial de las especies dentro de los refugios (Ortiz-Ramírez *et al.*, 2006; Torres-Flores *et al.*, 2012; Torres-Flores y López-Wilchis, 2010), así como a analizar sus efectos fisiológicos y reproductivos (Currie *et al.*, 2015; Otto *et al.*, 2015).

Sin embargo, estudios relacionados a la preferencia

térmica de murciélagos en el neotrópico son escasos, contando sólo con los trabajos de Rodríguez-Durán y Soto-Centeno (2003) en Puerto Rico, en el que determinaron la termopreferencia de *Pteronotus quadridens* (28–35 °C) y *Erophylla sezekorni* (25–28 °C) dentro de sus refugios. En Costa Rica, Rodríguez-Herrera *et al.* (2016) determinaron la influencia de la temperatura en la selección de refugios y su relación con el gasto energético en dos especies de murciélagos (*Ectophylla alba* y *Uroderma bilobatum*).

Suárez-Payares y Lizcano (2011) en un bosque seco de Colombia relacionaron diversas variables ambientales de los dormideros, incluida la temperatura, con la abundancia relativa de tres especies de murciélagos, mientras que Bonaccorso *et al.* (1992) concluyeron que la tasa

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1975-9116>.

²Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7720-8414>.

³Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1275-223X>.

Cómo citar: Arias, S., Díaz, D.R. y Medina, C.E. (2020). Preferencia de temperatura por murciélagos de los bosques montanos de Machu Picchu, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(4), 347–351. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2020.198>.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

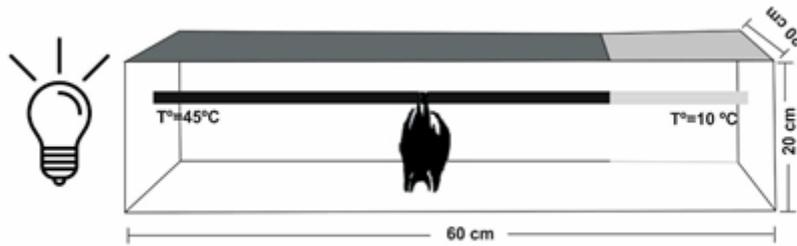


Figura 1. Caja de prueba de preferencia térmica para murciélagos, con gradiente térmico (lado izquierdo cálido y lado derecho frío).

basal de metabolismo en murciélagos de Venezuela está relacionada con las diferentes condiciones térmicas de sus refugios.

Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo describir la selección de temperatura del refugio por murciélagos en los bosques montanos del sur de Perú, para así obtener información biológica que pueda servir como base para implementar planes de conservación, constituyéndose como el primero en su tipo realizado en el país.

Materiales y métodos

Área de estudio

Este estudio se realizó durante los meses de marzo y abril (temporada húmeda) en los bosques montanos de la Estación Biológica de Wiñaywayna, Santuario Histórico de Machu Picchu, Cusco, Perú ($13^{\circ} 11' 25''S$ y $72^{\circ} 32' 14.0''$) a 2700 m de elevación.

El bosque en la Estación Biológica se caracteriza por tener un clima muy húmedo y templado frío, con una temperatura media anual entre $14,5^{\circ}C$ y $16,5^{\circ}C$. La vegetación natural se encuentra constituida por una gran cantidad de especies arbóreas y arbustivas, entre las cuales se encuentran Lambrán o Aliso (*Alnus acuminata*), Pisoñay (*Erythrina falcata*), Intimpa (*Podocarpus glomeratus*), además de helechos arbóreos, orquídeas, bromeliáceas y musgos.

Registro de información

La captura de murciélagos se realizó con ayuda de redes de neblina de $12 \times 2,5$ m, ubicadas de forma oportunista a diferentes alturas del suelo, desde 0 hasta 10 m. Sólo los murciélagos adultos fueron identificados, sexados y retenidos en bolsas de tela durante dos horas, previas al ensayo de preferencia térmica (Herreid, 1967).

Los ensayos se realizaron siguiendo la metodología de Harmata (1969) con algunas modificaciones; consistió en una caja de termo preferencia (dimensiones de $60 \times 20 \times 20$ cm), construida en metal galvanizado, con techo cubierto por una red delgada para poder observar a los animales, y un filamento longitudinal donde los animales podían posarse y desplazarse a lo largo de la estructura (Figura 1). Antes de ingresar al animal, un extremo de la caja fue enfriada a temperatura ambiente y el otro extremo fue calentada con un foco, creando un gradiente térmico a lo largo de la caja, entre 10 hasta $45^{\circ}C$.

Durante el ensayo, cada individuo fue colocado en el extremo frío y se esperó un tiempo prudente (15 a 20 minutos) para que el animal se desplazara y se ubicara en el espacio que poseía la temperatura de su preferencia por al menos 30 minutos. Se registró la temperatura en la porción de la estructura donde se ubicó el murciélago, con ayuda de un termómetro infrarrojo (Harmata, 1969). El ensayo se repitió para cada uno de los individuos capturados durante el estudio.

Resultados

Se capturó un total de 52 murciélagos, 24 machos y 28 hembras, pertenecientes a seis especies y dos familias; *Phyllostomidae* prefirieron intervalos de temperaturas entre $24,3$ a $34^{\circ}C$, mientras que miembros de *Vespertilionidae* optaron por un intervalo de temperatura mayor ($30,5$ a $42,9^{\circ}C$) (Tabla 1).

En promedio, dentro de la familia *Phyllostomidae*, los individuos de la especie *Sturnira erythromos* prefirieron temperaturas más elevadas ($30,6 \pm 1,4^{\circ}C$), mientras que *Carollia brevicauda* prefirió las temperaturas más bajas ($25,5 \pm 0,42^{\circ}C$). *Myotis* sp., la única especie capturada de *Vespertilionidae*, tuvo una preferencia promedio de $35,2 \pm 4,8^{\circ}C$, alcanzando temperaturas más altas que toda la familia *Phyllostomidae* (Tabla 1, Figura 2).

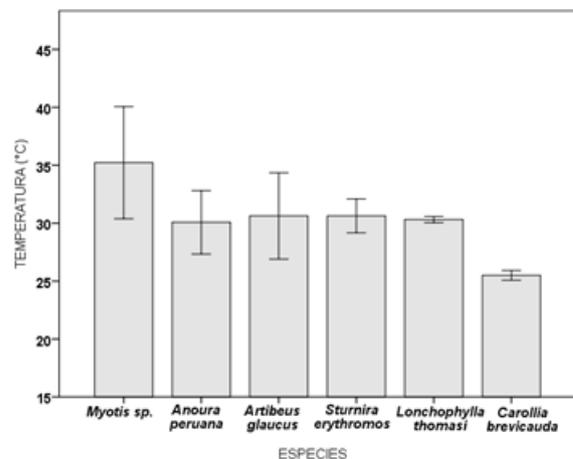


Figura 2. Temperaturas seleccionadas por murciélagos de la Estación Biológica de Wiñaywayna, en la caja de termo preferencia.

Las temperaturas seleccionadas por las hembras de *Myotis* sp. y *Anoura peruana* fueron en promedio $5,3^{\circ}C$ y $3,5^{\circ}C$ más elevadas, respectivamente, en comparación

| Phyllostomidae | Promedio | Machos | Hembras |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Anoura peruana</i> | 30,1 ± 2,7 (25,4 – 34,0) 11 | 27,8 ± 2,6 (25,4 – 30,1) 4 | 31,3 ± 1,9 (28,0 – 34,0) 7 |
| <i>Artibeus glaucus</i> | 29,9 ± 2,6 (24,3 – 33,1) 16 | 30,6 ± 2,2 (25,4 – 33,1) 10 | 28,8 ± 2,9 (24,3 – 31,9) 6 |
| <i>Carollia brevicauda</i> | 25,5 ± 0,42 (25,2 – 25,8) 2 | – | 25,5 ± 0,42 (25,2 – 25,8) 2 |
| <i>Lonchophylla thomasi</i> | 30,3 ± 0,3 (29,9 – 30,6) 6 | 30,4 ± 0,11 (30,3 – 30,5) 3 | 30,2 ± 0,36 (29,9 – 30,6) 3 |
| <i>Sturnira erythromos</i> | 30,6 ± 1,4 (28,3 – 32,4) 7 | 31,2 ± 1,0 (29,7 – 32,4) 5 | 29 ± 1,0 (28,3 – 29,8) 2 |
| Vespertilionidae | | | |
| <i>Myotis sp.</i> | 35,2 ± 4,8 (30,5 – 42,9) 10 | 32,0 ± 1,7 (30,5 – 33,8) 4 | 37,3 ± 5,1 (30,6 – 42,9) 6 |

Tabla 1. Preferencias de temperatura en murciélagos de la Estación Biológica de Wiñaywayna (Cusco, Perú). Los números indican: promedio, desviación estándar, rango en paréntesis y tamaño de muestra.

con las de los machos. En el caso de *Carollia brevicauda* no se logró capturar ningún macho durante el muestreo.

Discusión

La selección de refugios por parte de los murciélagos está relacionado con los rangos de temperatura que estos presenten (Gaisler, 1970). Nuestros resultados refuerzan la idea de que algunas especies utilizan con mayor frecuencia refugios más frescos, tales como cavernas, troncos huecos, termiteros, hojas modificadas en el sotobosque, entre otros (por ejemplo, Phyllostomidae). Por el contrario, otras prefieren refugios más cálidos, tales como techos de casas abandonadas, grietas en los troncos, entre otros (por ejemplo, Vespertilionidae) (Rodríguez-Durán, 1995; Rodríguez-Durán y Soto-Centeno, 2003; Torres-Flores *et al.*, 2012).

La diferencia de preferencia de temperatura entre especies puede ser explicada por la correlación que existe con el peso corporal de los murciélagos. Las especies pequeñas prefieren temperaturas más altas, debido a que gastan más energía y por lo tanto consumirán sus reservas de grasa a un ritmo más rápido. Sin embargo, un murciélago grande puede minimizar el diferencial y, por lo tanto, su gasto de energía, seleccionando una temperatura más baja (Avila-Flores y Medellín, 2004; Harmata, 1969). Respecto a lo anterior, nuestro estudio apoya esta correlación, *Myotis sp.* la especie con menor peso corporal seleccionó las temperaturas más altas, mientras que las especies con mayor peso corporal pertenecientes a la familia Phyllostomidae prefirieron temperaturas más bajas.

Sin embargo, un estudio realizado en México indicó que los murciélagos heterotermos en su conjunto (Vespertilionidae) ocuparon las cuevas más frías, mientras que los homeotermos (Emballonuridae, Mormoopidae, Phyllostomidae, y Natalidae) ocuparon refugios más cálidos. Además, también apoyaron la hipótesis de que la temperatura es el factor físico más importante que influye en la selección de perchas en murciélagos (Ávila-Flores y Medellín, 2004).

La preferencia térmica de *Sturnira erythromos* es apoyada por el estudio de Ortiz-Ramírez *et al.* (2006), quienes indicaron que los refugios de otra especie del

género *S. lilium*) tuvieron temperaturas más elevadas que aquellos de *Carollia perspicillata* y *Artibeus lituratus*.

La temperatura seleccionada por *Carollia brevicauda*, en este estudio, coincide con los registros de temperatura dentro de refugios reportados en otros trabajos, en los que *C. brevicauda* tuvo una temperatura promedio de 26,79 °C (Suárez-Payares y Lizcano, 2011). Así mismo, nuestros resultados se ajustan a los reportados en otros estudios relacionados a *Carollia*, indicando que el promedio de temperatura de este género varía entre los 23,2 y 27,3 °C (López, 2018; Peñuela-Salgado y Pérez-Torres, 2015).

También la variación entre la selección de temperatura permite que varias especies puedan coexistir en un mismo refugio, en base al gradiente térmico que los refugios presentan desde su entrada hacia el interior (Ortiz-Ramírez *et al.*, 2006; Torres-Flores *et al.*, 2012; Torres-Flores y López-Wilchis, 2010).

La diferencia en la preferencia de temperatura entre sexos puede ser explicada con Hoeh *et al.* (2018), quienes indican que el uso de microhábitats de percha subóptimos o la pérdida de un perchero de alta calidad está relacionado con un menor éxito reproductivo, por lo tanto, las hembras deben seleccionar perchas con microhábitats favorables, por consiguiente, elegir refugios con temperaturas ambientales más altas, y así ayuda al éxito reproductivo en murciélagos y a reducir los costos de termorregulación.

Bronner *et al.* (1999) concluyeron que los murciélagos prefieren el mismo rango de gradiente de temperatura tanto experimentalmente como dentro de los refugios, además este rango también coincidió con la temperatura corporal de los murciélagos.

Aunque la información disponible es aún limitada y otros factores además de la temperatura pueden tener influencia en la selección de refugios por murciélagos, hay evidencia de que las restricciones termorreguladoras tienen influencia en la elección de hábitats de algunas especies de murciélagos (Soriano *et al.*, 2002).

Conclusiones

Considerando la estrecha relación entre la temperatura y la selección de refugios por parte de los murciélagos, es evidente la necesidad de compilar información más detallada sobre la biología termal de estos animales la cual podría ser utilizada en futuros esfuerzos de conservación, a través de la fabricación de refugios artificiales que cubran las necesidades térmicas de los murciélagos, considerando que estos son afectados por el alto índice de destrucción de sus colonias debido a que sus cuevas y otros refugios son constantemente quemados, fumigados, tapiados, o destruidos de alguna otra forma.

Agradecimientos

Agradecemos al Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, al Dr. Horacio Zeballos y al Blgo. Roberto Quispe García por su invaluable apoyo durante los trabajos de campo, así como también a los Guardaparques del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP),

a través de la Jefatura del Santuario Histórico de Machu Picchu, por las facilidades otorgadas para la investigación. Nuestro más sincero agradecimiento a D. Arenas-Viveros (Programa de Posgrado en Zoología, Texas Tech University) por sus valiosas sugerencias durante una revisión temprana del manuscrito.

Referencias

- Ávila-Flores, R., y Medellín, R. A. (2004). Ecological, Taxonomic, and Physiological Correlates of Cave Use by Mexican Bats. *Journal of Mammalogy*, 85(4), 675–687. <https://doi.org/10.1644/bos-127>.
- Bonaccorso, F. J., Arends, A., Genoud, M., Cantoni, D., y Morton, T. (1992). Thermal Ecology of Moustached and Ghost-Faced Bats (*Mormoopidae*) in Venezuela. *Journal of Mammalogy*, 73(2), 365–378. <https://doi.org/10.2307/1382071>.
- Bronner, G. N., Maloney, S. K., y Buffenstein, R. (1999). Survival tactics within thermally-challenging roosts: Heat tolerance and cold sensitivity in the Angolan free-tailed bat, *Mops condylurus*. *South African Journal of Zoology*, 34(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/02541858.1999.11448481>.
- Currie, S. E., Noy, K., y Geiser, F. (2015). Passive rewarming from torpor in hibernating bats: Minimizing metabolic costs and cardiac demands. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 308(1), R34–R41. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00341.2014>.
- de Oliveira, H. F. M., Oprea, M., y Dias, R. I. (2018). Distributional patterns and ecological determinants of bat occurrence inside caves: A broad scale meta-analysis. *Diversity*, 10(3), 49. <https://doi.org/10.3390/d10030049>.
- Flaquer, C., Torre, I., y Arrizabalaga, A. (2007). Selección de refugios, gestión forestal y conservación de los quirópteros forestales. In J. Camrodon y E. Plana (Eds.), *Conservación de la biodiversidad, fauna vertebrada y gestión forestal* (pp. 470–488). Universitat de Barcelona. <http://www.museugranollersciencias.org/pdf/quirópteros/Flaquer.etal.ConsBiodiv.pdf>.
- Gaisler, J. (1970). Remarks on the Thermopreferendum of Palearctic Bats in their Natural Habitats. *Bijdragen Tot de Dierkunde*, 40(1), 49–50. <https://doi.org/10.1163/26660644-04001014>.
- Harmata, W. (1969). The Thermopreferendum of Some Species of Bats. *Acta Theriologica*, XIV(5), 49–62. http://rcin.org.pl/Content/9736/B1002_2613_Cz-40-2_Acta-T14-nr5-48-62_o.pdf.
- Herreid, C. (1967). Temperature Regulation, Temperature Preference and Tolerance, and Metabolism of Young and Adult Free-Tailed Bats. *Physiological Zoology*, 40(1), 1–22. www.jstor.org/stable/30152434.
- Hoeh, J. P. S., Bakken, G. S., Mitchell, W. A., y O’Keefe, J. M. (2018). In artificial roost comparison, bats show preference for rocket box style. *PLoS ONE*, 13(10), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205701>.
- Kunz, T. H. (1982). Roosting ecology of bats. In T. H. Kunz (Ed.), *Ecology of bats* (pp. 1–55). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3421-7>.
- López, D. (2018). *Caracterización de comunidades de murciélagos en cuevas de Napo, Ecuador y posibles efectos del espeleoturismo* [Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14681>.
- Ortiz-Ramírez, D., Lorenzo, C., Naranjo, E., y León-Paniagua, L. (2006). Selección de refugios por tres especies de murciélagos frugívoros (*Chiroptera: Phyllostomidae*) en la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77(2), 261–270. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2006.002.341>.
- Otto, M. S., Becker, N. I., y Encarnaçao, J. A. (2015). Stage of pregnancy dictates heterothermy in temperate forest-dwelling bats. *Journal of Thermal Biology*, 47, 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.11.008>.
- Otto, M. S., Becker, N. I., y Encarnaçao, J. A. (2016). Roost characteristics as indicators for heterothermic behavior of forest-dwelling bats. *Ecological Research*, 31(3), 385–391. <https://doi.org/10.1007/s11284-016-1348-9>.
- Peñuela-Salgado, M., y Pérez-Torres, J. (2015). Environmental and spatial characteristics that affect roost use by Seba’s short-tailed bat (*Carollia perspicillata*) in a Colombian cave. *Journal of Cave and Karst Studies*, 77(3), 160–164. <https://doi.org/10.4311/2015LSC0105>.
- Phelps, K., Jose, R., Labonite, M., y Kingston, T. (2016). Correlates of cave-roosting bat diversity as an effective tool to identify priority caves. *Biological Conservation*, 201, 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.023>.
- Rodríguez-Durán, A. (1995). Metabolic rates and thermal conductance in four species of neotropical bats roosting in hot caves. *Comparative Biochemistry and Physiology – Part A: Physiology*, 110(4), 347–355. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(94\)00174-R](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)00174-R).
- Rodríguez-Durán, A., y Soto-Centeno, J. A. (2003). Temperature selection by tropical bats roosting in caves. *Journal of Thermal Biology*, 28(6–7), 465–468. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(03\)00046-9](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(03)00046-9).
- Rodríguez-Herrera, B., Viquez-R, L., Cordero-Schmidt, E., Sandoval, J. M., y Rodríguez-Durán, A. (2016). Energetics of tent roosting in bats: The case of *Ectophylla alba* and *Uroderma bilobatum* (*Chiroptera: Phyllostomidae*). *Journal of Mammalogy*, 97(1), 246–252. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyv173>.
- Soriano, P. J., Ruiz, A., & Arends, A. (2002). Physiological Responses To Ambient Temperature Manipulation By Three Species of Bats From Andean Cloud Forests. *Journal of Mammalogy*, 83(2), 445–457. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2002\)083<0445:PRTATM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2002)083<0445:PRTATM>2.0.CO;2).
- Suárez-Payares, L. M., y Lizcano, D. J. (2011). Uso de refugios por tres especies de murciélagos filostómidos (*Chiroptera: Phyllostomidae*) en el área natural única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 18(2), 259–270. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45722044008>.
- Torres-Flores, J. W., y López-Wilchis, R. (2010). Condiciones microclimáticas, hábitos de percha y especies asociadas a los refugios de *Natalus stramineus* en México. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(1), 191–213. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.261687>.

- Torres-Flores, J. W., López-Wilchis, R., y Soto-Castruita, A. (2012). Dinámica poblacional, selección de sitios de percha y patrones reproductivos de algunos murciélagos cavernícolas en el oeste de México. *Revista de Biología Tropical*, 60(3), 1369–1389. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i3.1814>.
- Webber, Q. M. R., y Willis, C. K. R. (2018). An experimental test of effects of ambient temperature and roost quality on aggregation by little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Journal of Thermal Biology*, 74, 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.03.023>.