

Descifrando el patrón vocal de un ave endémica amenazada: un caso de estudio con el Cucarachero de Apolinar (*Cistothorus apolinari*) en el páramo de Sumapaz

Deciphering the vocal pattern of a threatened endemic bird: a case study with the Apolinar's Wren (*Cistothorus apolinari*) in Sumapaz paramo

David Ricardo Caro-R ^{1*}, Oscar Laverde-R ¹

¹Semillero de Bioacústica y Ornitología, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia

* ✉ david_caro@javeriana.edu.co

DOI: 10.595517/oc.e577

Resumen

Recibido

10 de agosto de 2023

Aceptado

09 de febrero de 2024

Publicado

7 de marzo de 2024

ISSN 1794-0915

Citación

CARO-R, D.R. & O. LAVERDE-R. 2024. Descifrando el patrón vocal de un ave endémica amenazada: un caso de estudio con el Cucarachero de Apolinar (*Cistothorus apolinari*) en el páramo de Sumapaz. *Ornitología Colombiana* 25:19-24 <https://doi.org/10.595517/oc.e577>

Los patrones de actividad vocal diaria son clave para conocer las dinámicas comportamentales de las especies. Si bien las vocalizaciones ocurren a lo largo del día, muchas especies de aves tienden a concentrar la mayor cantidad de vocalizaciones en dos momentos específicos: el coro del amanecer y del atardecer, periodos diarios de gran actividad vocal presentes en la mayoría de los passeriformes. Actualmente se están usando herramientas de detección acústica con el fin de facilitar y hacer más efectivo el monitoreo y la detección de especies. En el presente estudio se determinaron los patrones de actividad vocal diaria para el canto y las llamadas del Cucarachero de Apolinar (*Cistothorus apolinari*) y se puso a prueba la efectividad de la librería 'monitoR' implementada en R como herramienta de detección acústica. Hubo diferencias en la precisión de las vocalizaciones analizadas utilizando monitoR (81% para las llamadas) (27% para los cantos), el Cucarachero de Apolinar presenta dos picos de actividad vocal que concuerdan con el coro de la mañana y el coro de la tarde, pero siguen patrones diarios diferentes. La herramienta monitoR demostró ser efectiva para las llamadas, pero no para una vocalización compleja como el canto del cucarachero.

Palabras clave: monitoreo acústico pasivo, actividad vocal diaria, bioacústica, conservación, detección automática, monitoR

Abstract

Diel patterns of vocal activity are key to understanding the behavioral dynamics of species. Although vocalizations occur throughout the day, many bird species tend to concentrate most vocalizations at two specific times: the dawn chorus and the dusk chorus, daily periods of high vocal activity present in most passerines. Currently, acoustic detection tools are used to facilitate and make more effective the monitoring and detection of species. In the present study, we determined daily vocal activity patterns for the song and calls of the Apolinar's Wren (*Cistothorus apolinari*) and tested the effectiveness of the R software package 'monitoR' as an acoustic detection tool. There were differences in the accuracy of vocalizations analyzed using monitoR (81% for calls) (27% for songs), for the analyzed vocalizations, the Apolinar's Wren shows two peaks of vocal activity that are consistent with the morning chorus and the evening chorus but follow different daily patterns. The monitoR tool proved to be effective for calls but not for a complex vocalization such as the wren song.

Key words: acoustic monitoring, bird sound recognition, automatic detection, daily vocal activity, conservation, monitoR



Introducción

Las vocalizaciones son una de las estrategias de comunicación más usadas por los animales (Kroodsma, 1996, Bradbury & Vehrencamp 1998). En muchos grupos de aves, las vocalizaciones se pueden observar en diferentes situaciones a lo largo de su

periodo de actividad, ya sea para defender el territorio, atraer una pareja, indicar peligros y ubicar zonas de forrajeo (Catchpole & Slater 2008). La actividad vocal tiende a seguir un patrón específico a lo largo de un periodo de 24 horas, lo que generalmente se considera como un ciclo o ritmo circadiano (Aschoff 1966).

La actividad vocal tiende a concentrarse en periodos específicos durante el día, en las aves se han visto dos picos bastante marcados, el coro del amanecer y del atardecer, los cuales se destacan por ser periodos donde las interacciones acústicas tienden a ser más frecuentes y complejas a nivel inter e intraespecífico (Thomas 2002, Farina *et al.* 2015, Gil & Llusia 2020). Se proponen varias hipótesis respecto a la funcionalidad de los coros, como la defensa del territorio y dinámicas sociales (Kacelnik & Krebs 1983), una mejor transmisión del sonido por las condiciones de la mañana (Henwood & Fabrick, 1979) o una menor tasa de depredación en las mañanas que beneficia un incremento en la emisión de las vocalizaciones (Staicer *et al.* 1966). Sin embargo, se desconoce la funcionalidad concreta de los coros. Por otro lado, los picos de actividad se ven influenciados tanto por características morfológicas (*e.g.* tamaño de los ojos) y fisiológicas de las aves como por la influencia de variables ambientales (*e.g.* hábitat) y la competencia entre especies (Aschoff 1966, Berg *et al.* 2006).

Entender los picos de actividad y las dinámicas acústicas es de vital importancia para generar contribuciones al conocimiento y la conservación de las especies (Baldo & Menill 2011, Katz *et al.* 2016). Actualmente se está utilizando el uso de herramientas de detección acústica las cuales facilitan el monitoreo, la detección e identificación de las especies vocales, brindando como ventaja la disminución de posibles sesgos humanos a la hora de la detección (Cardona *et al.* 2021). Una de las herramientas de autodetección más comunes y fáciles de usar es el paquete 'monitoR' del lenguaje de programación R (R Core Team 2021), el cual se enfoca en la detección automática e identificación de vocalizaciones animales (Katz *et al.* 2016). Sin embargo, se desconoce la efectividad de esta herramienta para diferentes tipos de vocalizaciones, generalmente la eficacia depende de la calidad de las grabaciones, las cuales deben tener una buena relación señal ruido y un bajo enmascaramiento auditivo (Goyette *et al.* 2011, Cardona *et al.* 2021).

Previamente se han venido implementando diferentes herramientas de detección acústica en los monitoreos pasivos de aves (Ulloa *et al.* 2021), dentro de las cuales

han destacado las paqueterías para R de 'WarbleR' (Araya-Salas *et al.* 2017), 'monitoR' (Katz *et al.* 2016) y la herramienta web Arbimon (Rainforest Connection). Incluso la herramienta de análisis cuantitativo scikit-maad desarrollada en el lenguaje Python (Ulloa *et al.* 2021). Estas herramientas tienen como base el uso de algoritmos e inteligencia artificial para la detección de señales acústicas dentro de un set de grabaciones, las metodologías utilizadas pueden variar según la herramienta. Sin embargo, los algoritmos de reconocimiento deben ser entrenados utilizando un set de datos. Este set de entrenamiento está compuesto por un número específico de grabaciones donde está la presencia y la ausencia del sonido objetivo, es decir, es previamente analizado de forma manual (Stowell *et al.* 2018). Actualmente una de las herramientas más desarrolladas en la identificación de especies de aves es BirdNet la cual es considerada una red neuronal artificial profunda (DNN por sus siglas en inglés), tiene la capacidad de ser una herramienta de identificación de aves en tiempo real (Kahl *et al.* 2021).

El presente estudio se enfocó en evaluar la efectividad del paquete monitoR como herramienta de detección acústica comparándolo con un análisis manual mediante la descripción del patrón de actividad vocal diaria del Cucarachero de Apolinar (*Cistothorus apolinari*) en la laguna de Chisacá en el Parque Nacional Natural Sumapaz. Se determinó la efectividad del algoritmo comparando dos tipos de vocalizaciones (una simple, el llamado, y una compleja, el canto) del cucarachero y describiendo la actividad de las dos vocalizaciones durante el día.

Métodos

El Cucarachero de Apolinar (*Cistothorus apolinari*), perteneciente a la familia Troglodytidae, es un ave endémica de la cordillera oriental. Según la lista roja mundial de especies amenazadas se encuentra en peligro de extinción (EN) con una población decreciendo de aproximadamente 600 – 1700 individuos maduros (Stiles & Caycedo 2002). Se han descrito dos subespecies que ocupan diferentes ecosistemas, la subespecie *C. apolinari apolinari* presenta una población bastante reducida ubicada en

zonas de humedal de la sabana de Bogotá y el altiplano Cundiboyacense, mientras que la subespecie *C. apolinari hernandezi* se encuentra localizada a más de 1000 metros de altura en comparación de la otra subespecie, frecuente zonas de páramo, es de un mayor tamaño y presenta una coloración más clara, coronilla y línea ocular color gris café en los dos sexos (Stiles & Caycedo 2002).

Se realizó un monitoreo acústico pasivo en la laguna de Chisacá, en el Páramo de Sumapaz del 18 dic al 4 de ene entre los años 2014 y 2015. Se utilizó una grabadora Song Meter SM2 (Wildlife Acoustics, Inc) con dos micrófonos cada uno con una separación aproximada de 50 metros, el cuál delimita el área donde se escucha al cucarachero vocalizar frecuentemente. Las grabadoras se programaron para grabar 2 minutos cada 10 minutos durante las 24 horas del día a una frecuencia de muestreo de 48 kHz y 16 bits, esto con el fin de registrar las horas en las que el cucarachero iniciaba y terminaba su actividad vocal diaria.

Para el análisis manual, las grabaciones fueron procesadas utilizando el programa Ocenaudio 3.11.23 (Ocenaudio 2015). El registro de las vocalizaciones del cucarachero fue clasificado en llamada y canto el cual generalmente se produce en duetos (Fig. 1). Para este estudio las llamadas se definieron como vocalizaciones cortas, generalmente monosilábicas con un patrón de frecuencia repetido, por otro lado,

el canto fue considerado como una integración de varias notas y sílabas de larga duración (Marler & Slabekoorn 2004). Fueron analizadas una por una teniendo en cuenta la detección o registro de un tipo de vocalización por grabación.

Para el análisis automatizado se usó un conjunto de prueba y un conjunto de entrenamiento con tal de que el algoritmo presentara la mejor eficacia durante la detección. Las grabaciones utilizadas para el entrenamiento fueron seleccionadas de las detecciones obtenidas del análisis manual, se usaron 200 grabaciones por vocalización para la realización del análisis de sensibilidad (100 con la presencia de la vocalización y 100 con la ausencia de la vocalización). El análisis de sensibilidad permite identificar la eficacia del algoritmo con tal de evitar falsos positivos y falsos negativos (Yip *et al.* 2020). Para la detección automática de las vocalizaciones fue utilizada la librería 'monitoR' (Katz *et al.* 2016) dentro del lenguaje de programación R (R Core Team 2021).

Una vez obtenidas las detecciones del cucarachero tanto de forma manual como de forma automatizada, se describieron los patrones de actividad vocal diaria para los dos tipos de vocalizaciones analizadas (llamadas y cantos) mediante el uso de los paquetes 'Chron' (James *et al.* 2016) y 'Activity' (Rowcliffe *et al.* 2014). Para comparar la efectividad de los métodos utilizados se realizó una prueba de Wald que permite evaluar estadísticamente los patrones diarios

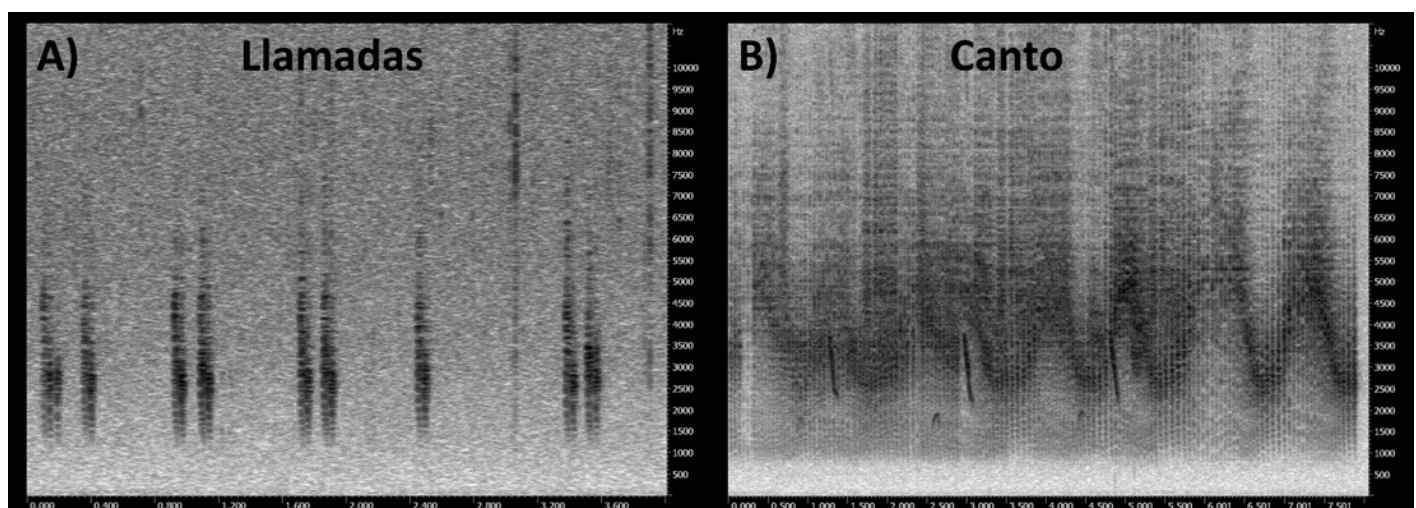


Figura 1. Vocalizaciones del Cucarachero de Apolinar (*Cistothorus apolinari*) (A) Llamadas del Cucarachero de Apolinar (B) Canto del Cucarachero de Apolinar.

observados (Rowcliffe *et al.* 2014).

Resultados

Fueron analizadas en total 2.831 grabaciones tanto de forma manual como automática, de las cuales 624 grabaciones tenían registros de las vocalizaciones del cucarachero. Los análisis de sensibilidad mostraron diferencias en la precisión que presenta la herramienta comparando los cantos y las llamadas de la especie, hubo una mayor cantidad de falsos positivos y falsos negativos en las detecciones del canto, dejando así, una eficiencia del 81% para las llamadas y un 27% para los cantos (Tabla 1). El Cucarachero de Apolinar presenta dos picos de actividad vocal durante el día, uno en horas de la mañana (05:50–06:20) y otro en horas de la tarde (17:40–18:10) presentando diferencias entre el canto y las llamadas (Fig. 2). Las llamadas se producen con mayor frecuencia durante todo el día a comparación de los cantos, los cuales tienen dos picos altamente marcados en la mañana y en la tarde, pero presentan un descenso marcado en horas cercanas al mediodía (12:00).

Para el caso de las llamadas, no se evidencia una diferencia significativa entre los dos métodos analizados ($W = 1,83$; $p = 0,17$) donde el número de detecciones es similar tanto en análisis manual como análisis automatizado (Fig. 2). Por otro lado, el algoritmo y el análisis manual presentaron diferencias significativas para el análisis del canto del cucarachero ($W = 31,74$; $p = 0,00017$) en donde el algoritmo tuvo un número bajo de detecciones comparado con el análisis manual, sin embargo, presentó una tendencia similar al presentar dos picos, uno en la mañana y otro en horas de la tarde (Fig. 2).

Discusión

Los patrones de actividad vocal del Cucarachero de Apolinar siguen dos picos de actividad que concuerdan con el amanecer y el atardecer, sin embargo, se observaron diferencias en los dos tipos de vocalizaciones analizadas. Las llamadas presentan un mayor número de detecciones a lo largo del día, mientras que el canto presenta actividad notoria únicamente durante el coro de la mañana y de la

Tabla 1. Análisis de sensibilidad para el canto y las llamadas junto con el porcentaje de precisión para cada vocalización del cucarachero de apolinar (*Cistothorus apolinari*).

Llamada	Presencia predecida		Precisión
Presencia Observada	Presente	Ausente	
	Presente	48	2
Ausente	17	33	81%
Canto	Presencia predecida		
	Presencia Observada	Presente	Ausente
Presente	12	38	
Ausente	35	15	27%

tarde. Por otro lado, la comparación entre el monitoreo manual y la herramienta de detección acústica 'monitoR' muestra la efectividad del algoritmo solo para las llamadas, las cuales son vocalizaciones simples en comparación al canto del cucarachero. Estudios relacionados al comportamiento vocal de las aves indican que la mayoría de las aves con comportamientos diurnos tienden a tener picos de actividad similares a lo observado en el cucarachero, aumentando la frecuencia de la vocalización en el coro de la mañana y el coro de la tarde (Thomas 2002, Koloff & Menill 2013, Pérez-Granados & Schuchmann 2020). Sin embargo, la variación en la hora de inicio y finalización de las vocalizaciones varía entre especies y entre tipos de vocalización (Gil & Llusia 2020).

El canto desempeña una función clave en la defensa del territorio y la atracción de pareja (Kroodsma & Byers 2001, Collins 2004). Las vocalizaciones del cucarachero son principalmente un dueto, donde el macho y la hembra realizan vocalizaciones conjuntas (Caycedo 2001). Es posible que el aumento de la frecuencia de las vocalizaciones en el coro de la mañana y de la tarde esté ligado a un esfuerzo por la defensa constante del territorio en periodos críticos del día. Por otro lado, las llamadas tienden a ser vocalizaciones de duración corta cuyo fin específico suele relacionarse con interacciones sociales de las especies (Marler 2004), especies como el cucarachero tienden a formar grupos altamente sociales donde la comunicación es clave para la supervivencia (Skutch 1940). Si bien se observó un pico de actividad en

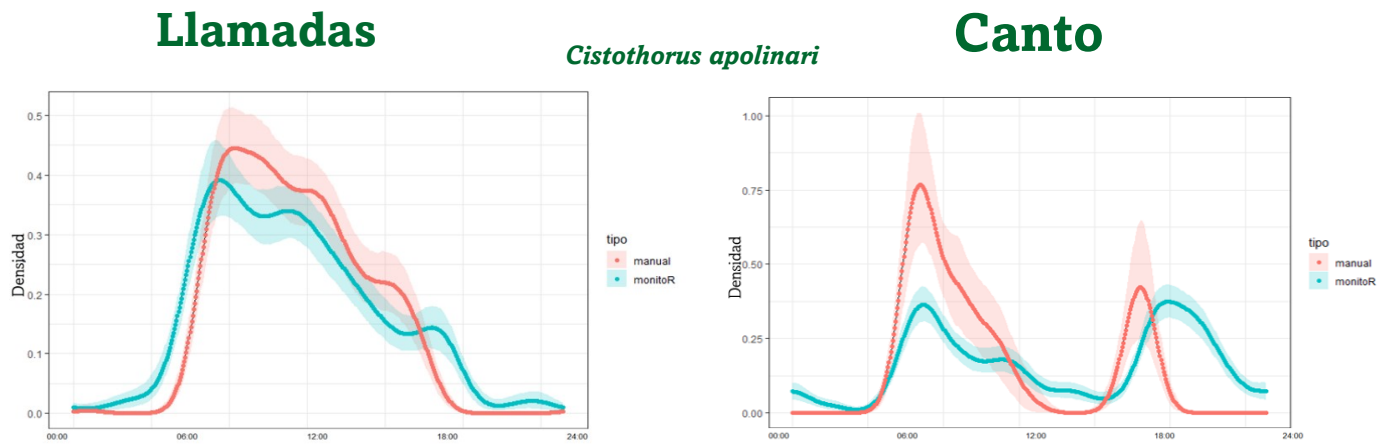


Figura 2. Patrones de actividad vocal diaria del Cucarachero de Apolinar (*Cistothorus apolinari*) para las llamadas y el canto comparando dos métodos de monitoreo acústico: Monitoreo manual y monitoreo usando una herramienta de detección acústica en la laguna de Chisacá, Páramo de Sumapaz.

horas cercanas a la mañana, el número de llamadas a lo largo del día fue alto en comparación al canto, especialmente en horas cercanas al medio día. Es posible que las llamadas sean más constantes debido a que la especie es altamente social y se mantiene en grupos constantes (Caycedo 2001).

El desempeño del algoritmo en los dos tipos de vocalización presentó diferencias, siendo efectivo para la vocalización con menor complejidad a nivel acústico. Los resultados muestran que la complejidad de la vocalización afecta el desempeño del algoritmo (Cardona *et al.* 2021), esto debido a la gran cantidad de notas, sílabas y variaciones que se pueden observar en el canto del cucarachero. Adicionalmente, la mayoría de los registros eran duetos, lo cual incrementa la complejidad a la hora de la detección debido a que el canto del macho y la hembra se superponen. Si bien, el páramo donde se realizó el estudio tiende a tener una buena relación señal – ruido, el algoritmo se ve limitado a detectar vocalizaciones de baja complejidad.

Entender el comportamiento vocal de las aves mediante el uso de herramientas de detección acústica es una estrategia novedosa que capta cada vez más el interés de los investigadores. Este estudio describió el patrón de actividad vocal de una especie endémica que requiere atención debido a su estado de conservación, a la vez dilucidó la efectividad del paquete 'monitoR' dando a notar que la efectividad del algoritmo es sumamente alta siempre y cuando la

vocalización tenga una baja complejidad a nivel acústico. Futuros estudios son necesarios para encontrar la función de los picos de actividad y el análisis de herramientas más avanzadas para la detección acústica de especies.

Agradecimientos

Agradecemos a Jairo Alberto Peralta por sus esfuerzos y colaboración en la toma de datos de campo; al Laboratorio de Ornitología y Bioacústica de la Universidad Javeriana, a Lucas Barrientos por sus consejos y recomendaciones. A Valentina Silva por su apoyo y paciencia y a Policarpa Rodríguez por su compañía.

Literatura citada

- ARAYA-SALAS, M. & G. SMITH-VIDAURRE. 2017. warbleR: an R package to streamline analysis of animal acoustic signals. *Methods in Ecology and Evolution* 8(2):184-191. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12624>
- ASCHOFF, J. 1966. Circadian activity pattern with two peaks. *Ecology* 47(4):657-662. <https://doi.org/10.2307/1933949>
- BALDO, S. & D.J. MENNILL. 2011. Vocal behavior of Great Curassows, a vulnerable Neotropical bird. *Journal of Field Ornithology* 82(3):249-258. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2011.00328.x>
- BERG, K.S., R.T. BRUMFIELD & V. APANIUS. 2006. Phylogenetic and ecological determinants of the neotropical dawn chorus. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273(1589): 999-1005. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3410>
- BRADBURY, J.W. & S.L. VEHCAMP. 1998. Principles of animal communication (Vol. 132). Sinauer Associates, Sunderland, UK.
- CATCHPOLE, C.K & P.J. SLATER. 2008. Bird song: biological themes and variations 2nd ed. Cambridge: Cambridge

- University Press. Cambridge, UK.
- CAYCEDO, P. 2001. Estudio comparativo de canto entre poblaciones del Soterrey de Apolinar (*Cistothorus apolinari*, Troglodytidae) en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- COLLINS, S. 2004. Vocal fighting and flirting: the functions of birdsong. Pag 39-79 en: Marler & Slabekoorn (eds). Nature's music the science of birdsong. Elsevier Academic Press, Cambridge.
- FARINA, A. 2013. Soundscape ecology: principles, patterns, methods and applications. Springer Science & Business Media. Urbino, Italy.
- GIL, D. & D. LLUSIA. 2020. The bird dawn chorus revisited. Capítulo 3, Páginas 45-90 en: T. Aubin & N. Mathevon (eds). Coding strategies in vertebrate acoustic communication. Animal Signals and Communication Vol 7. Springer, Cham. UK. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39200-0_3
- GOYETTE, J.L., R.W. HOWE, A.T. WOLF & W.D. ROBINSON. 2011. Detecting tropical nocturnal birds using automated audio recordings. Journal of Field Ornithology 82(3):279-287. <https://www.jstor.org/stable/23011242>
- HENWOOD, K. & A. FABRICK. 1979. A quantitative analysis of the dawn chorus: temporal selection for communicatory optimization. The American Naturalist 114(2):260-274. <https://www.jstor.org/stable/2460222>
- HOYOS-CARDONA, L.A., J.S. ULLOA & J.L. PARRA. 2021. Detección automatizada de cantos de aves continúa siendo un desafío: el caso de warbler y *Megascops centralis* (búho del Chocó). Biota colombiana 22(1):149-163. <https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a10>
- JAMES, D., K. HORNIK, G. GROTHENDIECK, R.C. TEAM & M.K. HORNIK. 2015. Package 'chron'. R Top Doc: 1-16. <https://cran.r-project.org/web/packages/chron/index.html>
- KACELNIK, A. & J.R. KREBS. 1983. The dawn chorus in the great tit (*Parus major*): proximate and ultimate causes. Behaviour 83(3-4):287-308. <https://doi.org/10.1163/156853983X00200>
- KATZ, J., S.D. HAFNER & T. DONOVAN. 2016. Tools for automated acoustic monitoring within the R package monitor. Bioacoustics 25(2):197-210. <https://jonkatz2.github.io/monitor/>
- KAHL, S., C.M. WOOD, M. EIBL & H. KLINCK. 2021. BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. Ecological Informatics 61, 101236. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101236>
- KOLOFF, J. & D.J. MENNILL. 2013. Vocal behaviour of Barred Antshrikes, a Neotropical duetting subsocial bird. Journal of Ornithology:154(1):51-61. DOI: 10.1007/s10336-012-0867-6
- KROODSMA, D.E. 1996. Ecology of passerine song development. Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds, edited by Donald E. Kroodsma and Edward H. Miller, Ithaca, NY: Cornell University Press. pp.3-19. <https://doi.org/10.7591/9781501736957-006>
- KROODSMA, D.E. & B.E. BYERS. 1991. The function (s) of bird song. American Zoologist 31(2):318-328. <https://www.jstor.org/stable/3883409>
- MARLER, P.R. & H. SLABBEKOORN. 2004. Nature's music: the science of birdsong. Elsevier Academic Press, Cambridge, United Kingdom.
- PÉREZ-GRANADOS, C. & K.L. SCHUCHMANN. 2020. Diel and seasonal variations of vocal behavior of the Neotropical White-Tipped Dove (*Leptotila verreauxi*). Diversity, 12 (10):402. <https://doi.org/10.3390/d12100402>
- R CORE TEAM 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- ROWCLIFFE, J.M., R. KAYS B. KRANSTAUBER, C. CARBONE & P.A. JANSEN. 2014. Quantifying levels of animal activity using camera trap data. Methods Ecology and Evolution 5:1170-1179. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12278>
- SKUTCH, A.F. 1940. Social and sleeping habits of Central American wrens. The Auk 57(3): 293-312. <https://doi.org/10.2307/4078996>
- STAICER, C., D. SPECTOR & A. HORN. 1996. The Dawn Chorus and Other Diel Patterns in Acoustic Signaling. In D. Kroodsma & E. Miller (Ed.), Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds: 426-453. Ithaca, NY: Cornell University Press. <https://doi.org/10.7591/9781501736957-033>
- STILES, F.G & P. CAYCEDO. 2002. A new subspecies of apolinar's wren (*Cistothorus apolinari*, Aves: Troglodytidae), an endangered colombian endemic. Caldasia 24: 191-199. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/73141>
- STOWELL, D., M.D. WOOD, H. PAMUŁA, Y. STYLIANOU & H. GLOTIN. 2019. Automatic acoustic detection of birds through deep learning: the first bird audio detection challenge. Methods in Ecology and Evolution 10(3):368-380. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13103>
- THOMAS, R.J. 2002. The costs of singing in nightingales. Animal Behaviour 63(5):959-966. <https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1969>
- ULLOA, J.S., S. HAUPERT, J.F. LATORRE, T. AUBIN & J. SUEUR. 2021. scikit-maad: An open-source and modular toolbox for quantitative soundscape analysis in Python. Methods in Ecology and Evolution 12(12):2334-2340. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13711>
- YIP, D.A., C.L. MAHON, A.G. MACPHAIL & E.M. BAYNE. 2021. Automated classification of avian vocal activity using acoustic indices in regional and heterogeneous datasets. Methods in Ecology and Evolution 12(4):707-719. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13548>