

Variación anual en las vocalizaciones de las aves urbanas dentro y fuera de su época reproductiva

Estudiante: Andrew José Lindwedel Cruz

Carné: C29553

Comité:

Tutor: PhD. Luis Sandoval Vargas

Lectores: PhD. Gilbert Barrantes y PhD. Natalie Sánchez

Introducción

El avance de la urbanización ha sido una de las principales causas de pérdida de diversidad biológica a nivel global, al aumentar el tamaño de las ciudades que reemplazan muchos hábitats nativos naturales (Chace y Walsh, 2006; Biamonte et al., 2011; Romero et al., 2014). A pesar de esto, las aves han logrado conformar ensambles dentro de los ecosistemas urbanos, aunque actualmente tienen que enfrentarse a retos como la fragmentación de hábitat (Bolger, 2001), transmisión de enfermedades (Zarco, 2019), competencia con especies exóticas (Shochat et al., 2010), depredación de nidos (Reynolds et al., 2019), colisión con estructuras (Grajales, 2009), y dificultades en cuanto a la comunicación (Solís, 2012). Por ejemplo, el comemaíz (*Zonotrichia capensis*), presentó tamaños más pequeños de los individuos, menos peso, y estructura del canto más compleja en una población de un ambiente urbano versus una de ambiente rural, concluyendo que estas diferencias comportamentales, morfológicas y fisiológicas son debido a factores presentes en las zonas urbanas como la fragmentación del hábitat y la contaminación acústica (Arévalo Camargo, 2019).

Las aves que viven dentro de las ciudades (aves urbanas), por lo general utilizan estrategias adaptativas para evitar el efecto negativo del ruido ambiental y así mejorar su comunicación acústica como: cambiar de territorio (Curipaco, 2021), cambiar de temporada o periodo del día en que cantan (Caycedo, 2010), aumentar la frecuencia mínima e intensidad de los cantos (Morán, 2018), o inclusive realizar señales multimodales con despliegues visuales (Barreira y García, 2019). La contaminación

acústica causa que las especies de aves gasten más energía emitiendo los cantos, principalmente en época reproductiva, ya que producen normalmente cantos con mayor duración e intensidad en sus notas (Galeano y Stiles, 2006; Sandoval, 2011; León, 2019). Esto puede inducir a las aves a abandonar el hábitat y disminuir su éxito reproductivo (Sayers et al., 2019), así como al deterioro fisiológico causado por una mala alimentación (Reyes y Riveros, 2019), o estrés al aumentar los niveles de corticosterona (Slabbekoorn y Ripmeester, 2008). Las características del canto de las aves, puede comunicar el estado de salud de los individuos, (Garamszegui, 2005), la capacidad de obtener recursos (León, 2019) o su disposición para pelear (González y Romero, 2019); muchas de estas actividades están directamente relacionadas con la reproducción (Morán, 2018; Gómez, 2016). Además, las aves utilizan el canto para atraer pareja (interacción macho y hembra), así como para defender el territorio o evitar invasores (interacción entre machos) (Sandoval, 2011; Benites, 2012; Suzuki et al., 2016), actividades que también son afectadas por la contaminación sónica.

Entre los cantos que utilizan las aves para defender sus territorios se encuentran los duetos, vocalizaciones coordinadas de forma temporal, las cuales son producidas entre el macho y la hembra (Hall, 2004; Hall, 2009; Araya y Barrantes, 2015). Los duetos pueden formarse de tres maneras: mediante la fusión combinada de cantos entre ambos sexos, a través de la copia de la vocalización de la pareja, o mediante la división de sus vocalizaciones, donde fusiona sus vocalizaciones sin combinarlas (Hall, 2009; Calderón, 2020). En esta investigación utilizaré como modelo al cuatro ojos de cabeza negra (*Melospiza leucotis*) para el estudio de los duetos, ya que es una especie presente en diversos hábitats como matorrales, plantaciones de café o bordes de bosque tanto en zonas rurales como urbanas (Sandoval y Mennill, 2012). Además, esta especie presenta un comportamiento vocal y un repertorio muy variado, vocalizando normalmente durante todo el año para defender sus territorios (Sandoval et al., 2016).

Además de la función del canto de las aves y sus variaciones en diferentes contextos, existen varios factores que influyen las características (frecuencia y duración) del canto de las aves, como el tipo de hábitat (Slabbekoorn y Den Boer-Visser, 2006; León y Quiroga; 2014; Morán, 2018), su relación filogenética (Handley y Nelson, 2005; Gasc et al., 2013; García, 2016), niveles de ruido (Slabbekoorn, 2013; Dominoni et al., 2016; Sementili y Donatelli, 2021) o la selección de la hembra (Price et al., 2006; Odom et al., 2019; Podos y Cohn-Haft, 2019). Por ejemplo, las especies de aves cercanamente emparentadas, presentan características de canto similares, ya sea en frecuencia o modulación de los elementos, comparado con otras especies que divergieron hace más tiempo (Ku Peralta, 2019; James et al., 2021). En hábitats con vegetación más densa, las especies, aún aquellas no relacionadas filogenéticamente tienden a producir cantos con frecuencias más bajas, duraciones mayores y de tonos puros (Morton, 1975; Boncoraglio y Saino, 2007; Chen *et al.*, 2022). La presencia de contaminantes como el ruido antropogénico, hace que las aves tengan que emitir cantos a frecuencias mínimas mayores (Duquette *et al.*, 2021), o que los individuos tengan que cantar a horas con menos niveles de ruido como en la noche (Reyes y Riveros, 2019; Fernández, 2021).

A nivel de comunidad de aves, la urbanización afecta la fenología de sus coros al amanecer, ya que produce que estas canten más temprano para evitar el ruido antropogénico (Slabbekoorn y Den Boer-Visser, 2006; Arroyo et al., 2013; Gómez & Fors, 2019). Por ejemplo, para los estorninos (*Sturnus vulgaris*) y gorriones domésticos (*Passer domesticus*), se evidencia que el ruido del tráfico puede cambiar la sincronización del coro del amanecer en las zonas urbanas (Arroyo et al., 2013). Además, la contaminación lumínica también puede influir en la fenología del canto de las aves al alterar los ritmos circadianos (Da Silva et al., 2015; Dominoni, 2015; Carrasco y Flores, 2021). Por ejemplo, Kempnaers et al. (2010), demostró que, en Sevilla, España, aves como herrerillos (Paridae), mirlos (Turdidae), carboneros (Paridae) y petirrojos (Muscicapidae) presentan coros del amanecer que inician hasta 60 minutos más temprano en sitios urbanos con alto impacto de iluminación artificial y ruido antropogénico, comparado con sitios más rurales.

De hecho, a pesar de que los efectos del ruido y la luz han sido muy estudiados en aves, la mayoría de investigaciones se han llevado a cabo en ciudades de Norteamérica y Europa, mientras que en Latinoamérica la información se restringe principalmente en países como México, Argentina y Brasil (Shannon et al, 2016), principalmente en algunas especies como el comemaíz (*Zonotrichia capensis*) (Dorado et al., 2016), el gorrión doméstico (*Passer domesticus*) (Slabbekoorn, 2013) o el soterré cucarachero (*Troglodytes aedon*) (Sementili y Donatelli, 2021). Este estudio por su parte contribuye a llenar un vacío de información con respecto a los efectos que genera la urbanización sobre la fenología del canto de las aves en una zona neotropical, lo cual a su vez contribuye a investigaciones relacionadas con la pérdida de diversidad y las adaptaciones que ha tenido actualmente la avifauna en este tipo de ecosistemas.

Objetivo General

Cuantificar la variación en los patrones de actividad acústica de las aves urbanas dentro y fuera de su época reproductiva en sitios con diferente desarrollo urbano (alto, medio y bajo), en el Valle Central de Costa Rica

Objetivo específico 1

Cuantificar el cambio en la cantidad de vocalizaciones territoriales (duetos) del Cuatro-ojos de Cabeza Negra (*Melospiza leucotis*) dentro y fuera de la época reproductiva en tres poblaciones que sobreviven en ambientes urbanos.

Hipótesis 1: La cantidad y composición de los duetos del Cuatro-ojos de cabeza negra (*M. leucotis*) varía a lo largo del año.

Predicción 1: Las vocalizaciones del Cuatro-ojos de cabeza negra (*M. leucotis*) son más frecuentes durante la época reproductiva (aproximadamente de marzo a julio) (Juárez et al., 2021), porque durante esta época defienden intensamente su territorio para evitar la usurpación de la pareja.

Objetivo específico 2

Analizar si la contaminación acústica, lumínica, y la época reproductiva influyen en la ocurrencia de vocalizaciones durante la noche y la hora de inicio de los coros del amanecer por parte de las aves diurnas a lo largo del año en tres lugares con diferente grado de desarrollo urbano.

Hipótesis 1: La ocurrencia de las vocalizaciones en la noche de aves diurnas varía a lo largo del año según la época reproductiva y la contaminación lumínica.

Predicción 1: Espero registrar un mayor número de vocalizaciones de aves diurnas durante la noche en sitios urbanos más desarrollados, con una mayor cantidad de contaminación lumínica, porque esta cambia los ciclos circadianos y reduce las horas de descanso de las aves diurnas.

Predicción 2: Espero encontrar un mayor número de vocalizaciones de las aves diurnas durante la noche en la época reproductiva (independientemente del grado de contaminación lumínica), debido a que este cambio puede beneficiar la defensa del territorio y atracción de pareja.

Hipótesis 2: El inicio de los coros del amanecer es influenciado por la época reproductiva y la contaminación acústica en ambientes urbanos.

Predicción 1: Espero encontrar coros del amanecer que comiencen más tempranos en los sitios con mayor grado de contaminación acústica, ya que las aves intentan evitar el ruido antropogénico que enmascara su comunicación.

Predicción 2: Espero encontrar coros del amanecer que comiencen en horas más tempranas dentro de la época reproductiva, debido a que los machos cantan con más frecuencia para atraer a las hembras y defender su territorio

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizará en tres sitios. (1) Sitio altamente urbanizado: Campus de la Universidad de Costa Rica, cantón San Pedro de Montes de Oca, provincia de San José (09°56'16"N, 84°02'52"O, 1200 m). Este sitio comprende un bosque secundario denso con alrededor de 50 años y expuesto a la perturbación humana, el cual se encuentra rodeado de jardines, arboledas aisladas y edificios. (2) Sitio medianamente urbanizado: Jardín Botánico Lankester, provincia de Cartago (9°50'22"N, 83°53'24"O, 1370 m). Este sitio cuenta con una mezcla de jardines, edificios y bosque secundario de tamaño mediano con un denso sotobosque, en donde la avifauna está expuesta a una perturbación humana moderada. (3) Sitio poco urbanizado: Getsemaní, provincia de Heredia (10°02' 28"N, 84°06'21"O, 1350 m). El sitio cuenta con una plantación de café con sombra abandonada, la cual se entremezcla con un bosque secundario en estadio avanzado, en donde las aves están expuestas a muy poca perturbación humana.

Se colocarán cinco grabadoras autónomas (SM2 y SM3 Wildlife Acoustics) en el sitio altamente y medianamente urbanizados y cuatro en el sitio poco urbanizado una vez al mes de enero a diciembre de 2023. Las grabadoras serán colocadas a 2 m sobre el suelo, separadas a una distancia mínima de 100 metros y grabarán dos días seguidos durante las 24 horas. Cada grabadora se configurará a una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz, 24 bits de precisión y en formato de archivo WAVE.

Análisis de las grabaciones

El análisis lo realizaré mediante el software Raven Pro 1.6 (Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, U.S.A), a partir de espectrogramas configurados a 16 bits de precisión, 44.1 kHz de frecuencia y en archivo WAVE. Para determinar el cambio en la cantidad de duetos de *M. leucotis* producidos por mes, voy a cuantificar la cantidad total de duetos por grabadora durante dos días consecutivos cada mes, de las 4:00 a 6:00 h y de 16:00 a 18:00 h, periodos de mayor actividad vocal.

Para determinar cuáles especies y cuantas vocalizaciones producen las aves diurnas durante la noche, voy a analizar las grabaciones durante dos noches consecutivas de 18:00 a 4:00 h al mes, registrando la riqueza y el número de vocalizaciones emitidas por hora de cada especie. Para determinar los cambios en la hora de inicio de los coros del amanecer por mes, voy a analizar dos mañanas consecutivas de 4:00 a 6:00 h por mes. En cada hora voy a anotar en periodos de 20 minutos la riqueza de aves presentes en el coro.

Para recopilar los datos de medición de ruido durante la noche, utilizaré la metodología de Sánchez et al. (2022), el cual a través del software Raven Pro (2019) 1.6 (Cornell Lab of Ornithology), extraeré de forma manual, los valores de ruido al principio y al final por cada hora de grabación (de 6 pm a 4 am), midiendo secciones de 1 segundo en la ventana del espectrograma, en donde no haya traslape con ninguna vocalización de las aves. En cada sección de 1 s, voy a obtener los valores relativos de amplitud (amplitud promedio en FSdB, manual de usuario de Raven Pro) para seis bandas de octava de 1/3 de frecuencia de 500, 1000, 2000, 4000, 8000 y 16000 Hz, utilizando solamente el segundo tercio de cada banda para definir los límites de las frecuencias bajas y altas de cada sección, ya que en este intervalo hay más ocurrencia de que los ruidos antrópicos enmascaren las vocalizaciones de las aves (Méndez *et al.*, 2010).

Finalmente, para obtener los datos de contaminación lumínica, en cada uno de los sitios en donde se encuentre la grabadora autónoma, tomaré 5 puntos de muestreo a 1.5 m del suelo, uno en el centro en donde se encuentra la grabadora autónoma, y los otros cuatro separados a una distancia de 2 metros desde el centro y a 90 grados entre sí. En cada punto, registraré mediante un luxómetro digital EXTECH Instruments LightMeter LT 300, la intensidad máxima y mínima de luz (en lux), durante noches de luna nueva para evitar el efecto de la intensidad de luz de la luna en la cantidad de luz registrada. A partir de allí estimaré el promedio de la intensidad de luz mínima y máxima en cada punto, utilizando esas variables como medidas de contaminación lumínica en cada sitio.

Análisis estadísticos

Para el análisis de los duetos de *M. leucotis*, se realizará un modelo lineal mixto, tomando en cuenta el número de vocalizaciones de esta especie como variable respuesta con respecto a las cuatro horas, los doce meses del año y las tres poblaciones como factores fijos en el modelo. Como factor aleatorio, se tomará en cuenta los sitios donde están colocadas las grabadoras, ya que puede presentar una variación intrínseca de los sitios.

Para analizar los datos con respecto a las vocalizaciones nocturnas, se realizarán dos modelos lineales mixtos, uno tomando en cuenta el número de vocalizaciones, y el otro la riqueza de aves como variables respuesta. Se incluirán en el modelo las diez horas en las que vocalizaron, los doce meses del año, y las poblaciones asociadas a los tres sitios de muestreo con sus respectivos niveles de luz y ruido como factores fijos. Además, como factor aleatorio, se tomará en cuenta las grabadoras presentes en los sitios.

Finalmente, para el análisis de los coros se realizará un modelo lineal mixto, tomando como variable de respuesta la riqueza de especies, y como componentes fijos las horas (en ventanas de 20 min de 4 a 6 am) y los doce meses, así como también las poblaciones de los tres sitios. Del mismo modo, se incluirá como factor aleatorio los sitios en donde fueron colocadas las grabadoras.

Permisos de colecta de datos

Para la colocación de las grabadoras en el Jardín Botánico Lankester, la Universidad de Costa Rica y la propiedad en Getsemaní, utilizaré los permisos de entrada a las propiedades tramitados por mí tutor Luis Sandoval, PhD, a sus respectivos administradores.

Cronograma

Actividad													
	2022	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Selección del tema y sitios de estudio													
Revisión de literatura													
Redacción del anteproyecto													
Colocación de las grabadoras													
Análisis de grabaciones													
	2023	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Análisis de las grabaciones													
Examen de candidatura													
Análisis estadísticos													
Redacción de resultados y discusión													
Defensa de tesis													

Presupuesto

Ítem	Cantidad	Valor estimado	Financiamiento
Grabadora SM3 Wildlife Acoustic	2	\$ 680	Tutor
Grabadora SM2 Wildlife Acoustic	2	\$ 680	Tutor
Computadora Laptop Dell	1	\$ 670	Propio
Tarjeta de memoria SD 32 Gb	10	\$ 95	Tutor
Baterías D	20	\$ 1290	Tutor
Luxómetro digital EXTECH	1	\$ 250	Tutor
Disco de memoria externa 1 TB	1	\$ 68	Tutor
Licencia Software Raven	1	\$ 400	Tutor

Referencias

- Araya, C., & Barrantes, G. (2015). Descripción acústica del dueto de *Pezopetes capitalis*, un ave endémica de Costa Rica y el Oeste de Panamá. *Zeledonia*, 19(2), 26-33.
- Arévalo, J. (2019). Variación morfológica y del canto en poblaciones de *Zonotrichia capensis* (aves: Emberizidae) de ambientes urbanos y silvestres en Chile Central. [Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/174258>
- Arroyo A., Castillo, J., Figueroa, E., López-Sánchez, J., & Slabbekoorn, H. (2013). Experimental evidence for an impact of anthropogenic noise on dawn chorus timing in urban birds. *Journal of Avian Biology*, 44(3), 288-296.
- Barreira, A., & García, N. (2019). Visual and acoustic communication in Neotropical birds: Diversity and evolution of signals. In *Behavioral Ecology of Neotropical Birds* (pp. 155-183). Springer, Cham.
- Benites, M. (2012). Análisis de las diferencias de coloración y vocalizaciones en especies de aves cercanamente emparentadas y simpátricas, y su importancia como mecanismos de aislamiento reproductivo. [Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires]. Digital FCEN.
- Biamonte, E., Sandoval, L., Chacón, E., & Barrantes, G. (2011). Effect of urbanization on the avifauna in a tropical metropolitan area. *Landscape Ecology*, 26(2), 183-194.
- Bolger, D. (2001). Urban birds: population, community, and landscape approaches. In *Avian ecology and conservation in an urbanizing world* (pp. 155-177). Springer, Boston, MA.
- Boncoraglio G. & Saino N. (2007). La estructura del hábitat y la evolución del canto de las aves: un metanálisis de la evidencia de la hipótesis de la adaptación acústica. *Ecología Funcional* 21, 134 – 42.
- Calderón S. (2020). Defensa territorial cooperativa y conducta de duetos en *Eugralla paradoxa* (Passeriformes: Rhynocryptidae) en la Región del Bío-Bío [Tesis de Grado, Universidad de Concepción].
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/585>
- Carrasco, A., & Flores, Y. (2021). Impacto de la contaminación lumínica en la diversidad de aves: una revisión. *Innova Biology Sciences*, 1(2), 33-49.
- Caycedo, P., Ruiz, J., & Orozco, M. (2013). Reconocimiento automatizado de señales bioacústicas: Una revisión de métodos y aplicaciones. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18), 171-195.

- Chace, J., & Walsh, J. (2006). Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*, 74(1), 46-69.
- Chen, P., Chen, T., Liu, B., Zhang, M., & Lu, C. (2022). Song variation of a native songbird in a modified habitat by invasive plant. *Integrative Zoology*, 17(1), 93-104.
- Curipaco, P. (2021). Niveles de ruido y su efecto en la presencia de aves en el área urbana del distrito de Huancavelica [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4069>
- Da Silva, A., Valcu, M., & Kempenaers, B. (2015). Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1667), 20140126.
- Dominoni, D. (2015). The effects of light pollution on biological rhythms of birds: an integrated, mechanistic perspective. *Journal of Ornithology*, 156(1), 409-418.
- Dominoni, D., Greif, S., Nemeth, E., & Brumm, H. (2016). Airport noise predicts song timing of European birds. *Ecology and Evolution*, 6(17), 6151-6159.
- Dorado A., Rodríguez, M., & Brumm, H. (2016). Anthropogenic noise, but not artificial light levels predicts song behaviour in an equatorial bird. *Royal Society Open Science*, 3(7), 160231.
- Duquette, C., Loss, S. & Hovick, T. (2021). Un metanálisis de la influencia del ruido antropogénico en las estrategias de comunicación de la vida silvestre terrestre. *Diario de Ecología Aplicada*, 58 (6), 1112-1121.
- Fernández, I. (2021). Relación entre las características del canto de las aves con el tamaño corporal y la estructura del hábitat [Tesis de Grado, Universidad de Alcalá de Henares]. <http://hdl.handle.net/10261/258629>
- Galeano, E., & Stiles, F. (2006). Uso del canto en interacciones vocales entre Sinsontes Macho (Aves: *Mimus gilvus*). *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 148-148.
- Garamszegui, L. (2005). Canto de pájaros y parásitos. *Ecología Conductual y Sociobiología*, 167-180.
- García, N. (2016). Estudio comparativo filogenético de los patrones de variación vocal y de coloración del plumaje en los Cardinalinos Azules (Passeriformes: Cardinalidae) [Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires]. Digital FCEN.
- Gasc, A., Sueur, J., Jiguet, F., Devictor, V., Grandcolas, P., Burrow, C., ... & Pavoine, S. (2013). Assessing biodiversity with sound: Do acoustic diversity indices reflect phylogenetic and functional diversities of bird communities?. *Ecological Indicators*, 25, 279-287.

- Gómez, G. (2016). La importancia del canto en la conducta social de las aves. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso*. *Valparaíso Chile*, 29:14-20.
- Gómez, O., & Fors, I. (2019). ¿Cuán temprano comienzan a cantar las aves? Tiempos de inicio y pico del coro del amanecer en una ciudad neotropical. *Ardeola*, 66(2), 327-341.
- González, J., & Romero, J. (2019). Vocalizaciones típicas de aves silvestres en el Valle Sur del Cusco. *Revista Universitaria*, 141, 109-126.
- Grajales K. (2009). Efecto de la urbanización sobre la estructura de las comunidades de aves en la ciudad de Durango, Durango [Tesis Doctoral no publicada]. Instituto Politécnico Nacional.
- Hall, M. L. (2004). A review of hypotheses for the functions of avian duetting. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 55, 415-430.
- Hall, M. L. (2009). A review of vocal duetting in birds. *Advances in the Study of Behavior*, 40, 67-121.
- Handley, H. G., & Nelson, D. A. (2005). Ecological and phylogenetic effects on song sharing in songbirds. *Ethology*, 111(2), 221-238.
- James, L. S., Mori, C., Wada, K., & Sakata, J. T. (2021). Phylogeny and mechanisms of shared hierarchical patterns in birdsong. *Current Biology*, 31(13), 2796-2808.
- Juárez, R., Angulo Irola, M. D. L. P., Carman, E. M., & Sandoval, L. (2021). Territory size, population density, and natural history of Cabanis's Ground Sparrow, an endemic species found in urban areas. *Ornithology Research*, 29(4), 227-239.
- Kempnaers B., Borgström P., Loës P., Schlicht E. & Valcu M. (2010). La iluminación nocturna artificial afecta el canto del amanecer, el éxito del engendramiento de parejas extra y la fecha de puesta en los pájaros cantores. *actual Biol.* 20: 1735 – 1739.
- Ku Peralta, W. (2019). Variación geográfica en los duetos de la matraca nuquirrufa (*Campylorhynchus rufinucha*) [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad Politécnica Nacional
- Leon, E. J. (2019). Vocalizaciones y éxito reproductivo de *Polioptila dumicola* (Aves: Polioptilidae) en el valle de inundación del río Paraná medio: implicancias de la contaminación acústica [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Litoral]. Repositorio Institucional CONICET.
- León, E., Beltzer, A., & Quiroga, M. (2014). El jilguero dorado (*Sicalis flaveola*) modifica la estructura de sus vocalizaciones para adaptarse a hábitats urbanos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 546-552.

- Méndez, S., Cavalcante, K. V., Colino-Rabanal, V. J., & Peris, S. J. (2010). Evaluación del impacto de la Contaminación acústica en el rango de vocalización de Paseriformes basado en el SIL-“Speech Interference Level”. *Revista de Acústica*, 41(3-4), 33-41.
- Morán C. D. (2018). Ajustes en la estructura del canto del Cocuite (*Toxostoma curvirostre*) en tres niveles de urbanización en el centro de México [Tesis de Grado, Universidad Benemérita Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional BUAP.
- Morton, E. S. (1975). Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist*, 109(965), 17-34.
- Odom, K. J., Rose, E. M., Hallworth, M. T., Díaz, O. A., & Omland, K. E. (2019). Females and males maintain similar-sized, stable territories between breeding and nonbreeding seasons in a tropical oriole (*Icterus icterus*). *The Wilson Journal of Ornithology*, 131(3), 524-533.
- Podos, J., & Cohn-Haft, M. (2019). Extremely loud mating songs at close range in white bellbirds. *Current Biology*, 29(20), R1068-R1069.
- Price, J. J., Earnshaw, S. M., & Webster, M. S. (2006). Montezuma oropendolas modify a component of song constrained by body size during vocal contests. *Animal Behaviour*, 71(4), 799-807.
- Reyes M. A., & Riveros, A. M. (2019). Análisis del canto y comportamiento de *Sicalis flaveola* (aves: Thraupidae) en un gradiente de ruido vehicular en la ciudad de Armenia, Quindío [Tesis de Grado, Universidad del Quindío].
<https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/6055>
- Reynolds, S., Ibáñez-Álamo, J. D., Sumasgutner, P., & Mainwaring, M. C. (2019). Urbanisation and nest building in birds: a review of threats and opportunities. *Journal of Ornithology*, 160(3), 841-860.
- Romero, A., Herrero, L., Pérez, S., & Torrez, C. (2014). Diversidad y abundancia de aves en relación a un gradiente de urbanización en la ciudad de Sucre, Bolivia. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias TI Handbooks*, 263-274.
- Sánchez, N. V., Sandoval, L., Hedley, R. W., St Clair, C. C., & Bayne, E. M. (2022). Relative Importance for Lincoln’s Sparrow (*Melospiza lincolnii*) Occupancy of Vegetation Type versus Noise Caused by Industrial Development. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 198.
- Sandoval, L. (2011). Inicio de la época reproductiva y tiempo de defensa del territorio en machos de *Colinus leucopogon* (Galliformes: Odontophoridae). *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 363-372.

- Sandoval L., & Mennill D. (2012) Biología reproductiva del gorrión de tierra de orejas blancas (*Melospiza leucotis*), con una descripción de un nuevo tipo de nido. *Ornitología Neotropical* 23:225–234
- Sandoval, L., Méndez, C. & Mennill, D. (2016). Comportamiento vocal del gorrión orejiblanco (*Melospiza leucotis*) durante la temporada de reproducción: repertorios, variación diaria, contextos de comportamiento y distinción individual. *Revista de ornitología*, 157 (1), 1-12.
- Sayers II, C., Moreland, C., Morgan, H., & Arévalo, J. E. (2019). Efecto de corto plazo del ruido por tráfico sobre coros de aves en un bosque nuboso neotropical. *Zeledonia*, 23(2).
- Sementili-Cardoso, G., & Donatelli, R. J. (2021). Anthropogenic noise and atmospheric absorption of sound induce amplitude shifts in the songs of Southern House Wren (*Troglodytes aedon musculus*). *Urban Ecosystems*, 24(5), 1001-1009.
- Shannon, G., McKenna, M. F., Angeloni, L. M., Crooks, K. R., Fristrup, K. M., Brown, E., ... & Wittemyer, G. (2016). A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biological Reviews*, 91(4), 982-1005.
- Shochat, E., Lerman, S. B., Anderies, J. M., Warren, P. S., Faeth, S. H., & Nilon, C. H. (2010). Invasion, competition, and biodiversity loss in urban ecosystems. *BioScience*, 60(3), 199-208.
- Slabbekoorn, H. (2013). Songs of the city: noise-dependent spectral plasticity in the acoustic phenotype of urban birds. *Animal Behaviour*, 85(5), 1089-1099.
- Slabbekoorn, H., & den Boer-Visser, A. (2006). Cities change the songs of birds. *Current Biology*, 16(23), 2326-2331.
- Slabbekoorn, H., & Ripmeester, E. A. P. (2008). Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular Ecology*, 17(1), 72-83.
- Solis, A. A. (2012). *Efectos de la perturbación antrópica en las aves urbanas (effects of human disturbance on urban birds)* [Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla]. Dialnet.
- Suzuki, T. N., Wheatcroft, D., & Griesser, M. (2016). Experimental evidence for compositional syntax in bird calls. *Nature Communications*, 7, e10986.
- Zarco, A. (2019). Variación de cargas y riquezas parasitarias en aves silvestres, y su relación con su sistema inmune en sistemas urbanos, rurales y naturales de la Provincia de Mendoza, Argentina [Tesis de Grado, Instituto Argentino de Ciencias Veterinarias, Ambiente y Salud]. Repositorio Digital UMAZA.

