

VARIACIÓN DEL CANTO DEL CHINCOL (*ZONOTRICHIA CAPENSIS*) EN UN GRADIENTE URBANO-NATURAL DEL CONCEPCIÓN METROPOLITANO, CHILE

Rufous-collared Sparrow (*Zonotrichia capensis*) song variation in an urban-natural gradient of metropolitan Concepción, Chile

SEBASTIÁN CALDERÓN-QUIROGA¹, MILKA RIQUERO¹, MARGARITA MARCHANT¹ & HERALDO V. NORAMBUENA^{1,2}

¹Departamento de Zoología, Facultad de Cs. Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

²Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, Valdivia, Chile.

Correspondencia: secalderon@udec.cl

RESUMEN.- El aumento de la urbanización en el centro-sur de Chile está afectando ecosistemas y su fauna. Uno de los impactos en las áreas urbanas es la generación de ruido antropogénico, que puede afectar de manera negativa la comunicación de las aves a través del enmascaramiento acústico. Evaluamos, mediante el uso de modelos lineales mixtos, el efecto del ruido antrópico en el canto territorial de poblaciones de ambientes urbanos y naturales de *Zonotrichia capensis* en Concepción metropolitana. A pesar que la estructura del canto de los chicolos fue diferente entre ambientes con diferente grado de urbanización, estas diferencias no parecían estar relacionadas con el nivel de ruido. Los resultados sugieren que características del hábitat o bien rasgos población-específicos podrían estar influyendo en las diferencias entre ambientes.

PALABRAS CLAVE: enmascaramiento acústico, estructuración del canto, contaminación acústica, ruido.

ABSTRACT.- Increasing urbanization in south-central Chile is affecting ecosystems and their fauna. One of the impacts in urban areas is the generation of anthropic noise, which can negatively affect bird communication through acoustic masking. We evaluated, using mixed linear models, the effect of anthropic noise on the territorial songs of urban and rural populations of *Zonotrichia capensis* in metropolitan Concepción. The mixed model that considers the maximum frequency of elements 1 and 2, the minimum frequency of element 1 and the number of elements of the song and the location factor (urban or natural), received the highest support from the models evaluated. The effect of noise was not supported as a relevant factor. The results suggest that habitat characteristics or population-specific traits could be influencing differences between environments.

KEY WORDS: acoustic masking, acoustic pollution, noise, song structure.

Manuscrito recibido el 14 de octubre de 2019, aceptado el 9 de junio de 2020.

INTRODUCCIÓN

Más de la mitad de la población humana vive en ciudades, consumiendo y modificando los hábitats naturales, afectando considerablemente la fauna silvestre (Hedblom *et al.* 2017). Una de las características más notorias de estos asentamientos humanos es la tendencia cada vez mayor a la urbanización, observándose en algunos casos crecimientos explosivos de ciudades (Armijo & Caviedes 1997). Un subproducto de esta actividad humana es la generación de ruido antrópico, el cual genera una serie

de efectos a nivel de comportamiento, distribuciones y de densidad de poblaciones animales (Albert 2004, Solis 2012). Los niveles elevados de ruido antrópico generan dificultades en la comunicación en aves, ya que constituyen un reto para aquellas especies que dependen de las vocalizaciones para el desarrollo de sus relaciones intra-específicas (Mendes *et al.* 2017), lo que podría incidir en el éxito reproductivo, y en última instancia, sobre la pérdida de diversidad (Bojorges-Baños 2009).

Los elevados niveles de ruido antrópico dentro de las ciudades derivan de los procesos industriales, tráfico vehicular y estilo de vida humano, forzando a la fauna silvestre a adaptarse a condiciones potencialmente extremas (Kekkonen 2017). Esto afecta los procesos de comunicación en aves por alteraciones del campo acústico, poniendo en riesgo la estabilidad de sus dinámicas poblacionales (Ortega 2012, León *et al.* 2014). El aumento del ruido antrópico en ambientes urbanos puede alterar las capacidades de producir la señal por parte del emisor, la degradación de la señal en el ambiente, o por efectos asociados a la capacidad de recepción (Wiley & Richards 1982, Simmonetti *et al.* 1996, León *et al.* 2014, Patricelli *et al.* 2006). Además, la degradación de la señal acústica puede ser producida por otras fuentes acústicas las cuales pueden ser fuentes abióticas (*e.g.*, el viento, el movimiento de las hojas, objetos sólidos que afecten a la propagación del sonido, etc.), o fuentes bióticas (*e.g.*, especies simpátricas), a las que se suman los ruidos de origen antrópico (Simmonetti *et al.* 1996).

Las aves son uno de los modelos de estudio más utilizados para evaluar el efecto urbano sobre la biota, al ser consideradas indicadores biológicos (Koskimies 1989), ya que responden a causas primarias como la modificación del hábitat a través de la urbanización (Hedblom *et al.* 2017), y secundarias, como las derivadas de las construcciones, tráfico y ruido antrópico.

Un buen modelo para evaluar los efectos del ruido antrópico sobre sus cantos es el chincol, *Zonotrichia capensis* (Müller 1776), un embericido de amplia distribución en Sudamérica. En Chile está representado por cinco subespecies, la subespecie *chilensis* se encuentra en gran cantidad de ambientes, desde el nivel del mar hasta la cordillera de los Andes (Poblete *et al.* 2018), frecuentando además las zonas urbanas (Ruiz *et al.* 1995). En el norte de Chile se presentan las subespecies *peruvienis* y *antofagastae*, mientras que *sanborni* habita la cordillera desde Atacama hasta el valle del Yeso, y la subespecie *australis* se encuentra en los Andes centrales y en la zona sur austral (Egli 1971, Egli & Vásquez 2018).

El canto de *Z. capensis* está compuesto por dos partes bien diferenciadas, una introducción y una porción final o “trino” (Tubaro *et al.* 1997). La introducción está formada por un número de elementos silbados y el “trino” resulta de la repetición más o menos rápida de un mismo elemento que posee marcada modulación descendente. La introducción es variable en comparación al trino, que es más constante en sus características a nivel intra-poblacional, mientras que a nivel inter-poblacional (o entre localidades) se han registrado dialectos producidos por efecto de la variación cultural (Tubaro *et al.* 1997). Además, los cantos de *Z. capensis* pueden cam-

biar dependiendo de las características del hábitat (León *et al.* 2014), reportándose que los cantos de individuos de hábitats cerrados (*i.e.*, altamente vegetados) presentan intervalos entre trinos más largos y frecuencias más bajas que los de individuos de hábitats abiertos (Kopuchian *et al.* 2004, Lijtmaer & Tubaro 2007). Algunas variables ambientales como la presencia de viento podrían favorecer las diferencias de los cantos entre hábitats (Lijtmaer & Tubaro 2007).

Dentro de la amplia distribución de *Z. capensis*, nos enfocaremos en el gran Concepción, el cual ha sufrido un importante crecimiento en la última década (Salinas 2010). El crecimiento urbano entre los años 1975 y 2004 fue cercano a las seis mil hectáreas (Smith & Romero 2009), con un aumento en la población de setenta mil habitantes entre los años 1992 y 2002 (Salinas & Pérez 2011). Se prevé que para el 2020, alrededor del 16% de la naturalidad se pierda, con efectos contrarios en las zonas de matorral y humedal adyacente, mientras que la conectividad se reducirá en un 17% y las zonas urbanas expuestas a riesgos naturales se incrementen de un 49% a 92% del total de la superficie de esta ciudad (Rojas *et al.* 2013). Evaluamos el efecto de diversos niveles de ruido antrópico entre un ambiente natural de matorral-pradera con abundante presencia de árboles en una caleta cercana y un bosque nativo dentro de una reserva y, por otro lado, un ambiente urbano en lugares en los cuales se observó abundante presencia de árboles (plazas o parques), sobre el canto de *Z. capensis*. Se espera una respuesta diferencial entre ambientes con modificaciones sobre las características espectrales del canto de *Z. capensis*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitios de Estudio

El área metropolitana de Concepción se localiza en el centro sur de Chile (36°35'-37°00'S y los 72°45'-73°15'O). Las grabaciones en ambiente “urbano” fueron realizadas en: Universidad de Concepción (2 individuos), calle Víctor Lamas (1 individuo), Parque Ecuador (1 individuo), y calle Las Heras (1 individuo). Las grabaciones en ambiente “natural” se realizaron en La Reserva Nacional Nonguén (2 individuos) y en una pradera adyacente a la caleta Lenga en la comuna de Hualpén (3 individuos), cercana a la ciudad de Concepción, en la Región del Biobío. La Reserva Nacional (RN) Nonguén posee una superficie de 3036,9 ha, representadas principalmente por bosque caducifolio de Concepción (CONAF 2018). Mientras que caleta Lenga abarca una superficie de 3,4 ha de matorral-pradera con abundante presencia de árboles y se encuentra emplazada dentro del Santuario de la Naturaleza de Hualpén y alberga una caleta de pescadores artesanales

del mismo nombre (Villota 2009).

Grabaciones, análisis de cantos y ruido

Se realizaron grabaciones desde las 7:00 a las 10:00 por ser horarios de mayor actividad de las aves (Ralph *et al.* 1995, Ordano 1999). Las grabaciones se realizaron en áreas verdes dentro del área metropolitana de Concepción, las cuales se encuentran rodeadas por caminos vehiculares, autos y caminos peatonales. En el caso de caleta Lengua y RN Nonguén, las grabaciones fueron en áreas alejadas de ruido antrópico.

Se grabaron 5 individuos en ambos ambientes con un total de 10 grabaciones por individuo ($N = 100$ grabaciones totales); el promedio de tiempo de grabación por individuo fue de 4 a 6 min y dentro de ese tiempo se seleccionaron 10 cantos por individuo. Para grabar se utilizó un micrófono condensador Sennheiser ME66 junto a una grabadora Tascam DR-60D MK II. Todas las grabaciones fueron realizadas en formato WAV, a 16 bits con una frecuencia de muestreo de 44,1 kHz. Las grabaciones obtenidas fueron editadas con el programa Audacity (Audacity® software 1999-2019), aplicándose un filtro de banda para eliminar el ruido fuera de la gama de frecuencias de la vocalización de *Z. capensis*, eliminando el ruido por debajo de 1.000 Hz y por encima de 8.000 Hz. Las mediciones a escala fina y los sonogramas (*i.e.*, representación gráfica de la frecuencia en función del tiempo) se realizaron con el programa Raven Pro 1.4 (Bioacoustics Research Program 2011), usando los parámetros del espectrograma por defecto (Window-Type: Hann, tamaño: 256 muestras = 5,33 ms), 3dB filtro ancho de banda: 270 Hz; superposición cuadrícula de tiempo: 50%, tamaño de salto: 128 muestras (= 2,67 ms); Frecuencia cuadrícula -DFT: 256 muestras, espaciado cuadrícula: 188 Hz. De cada canto (*i.e.*, introducción más trino) se obtuvo los valores de Frecuencia Máxima (Fmax) y Mínima (Fmin) de cada elemento del canto (Hz), Número de elementos (Nn), Tiempo total del canto (T), Elementos por segundo (Es) (obtenido de la división del Tiempo total con el número de elementos del canto) y Frecuencia máxima en la que se encontró el Mayor ruido ambiente antrópico (Fr). Para estimar el ruido, se utilizó como variable respuesta la Frecuencia de amplitud máxima (Fma) del sonido de fondo medido en Hz. Para esto se utilizaron las mismas grabaciones de las que se obtuvo el canto de cada individuo de *Z. capensis* sin la aplicación del filtro de banda, trabajando con 1 min de grabación y 50 datos por ambiente.

Análisis estadístico

Se evaluaron los supuestos de normalidad usando la prueba de Shapiro-Wilks ($p > 0,05$) y de homogeneidad

de varianzas usando la prueba de homocedasticidad de Levene ($p > 0,05$). La evaluación de diferencias entre ambiente “urbano” vs “natural” se realizó mediante una prueba *t* de Student. Se realizaron análisis de componentes principales (ACP) para evaluar la correlación entre las variables y reducir las variables ortogonales (PCAs). Todos los análisis de PCA se realizaron en R (R Development Core Team, 2013) utilizando la función `prcomp`. Para evaluar las diferencias en las señales acústicas entre ambiente “urbano” vs “natural” y sus relaciones con la variable ruido, se evaluaron 26 modelos lineales mixtos usando la función `lme` del paquete `nlme` en R. Se utilizó como variable respuesta cada uno de los 4 primeros PC, que en su conjunto explicaron el 85% de la varianza. Los factores evaluados incluyeron distintas combinaciones de ambiente y ruido. El aporte a nivel de individuo se incorporó como factor aleatorio a cada modelo. La selección del modelo de mejor ajuste se realizó usando el criterio de información de Akaike (AIC) ajustado para muestras pequeñas (AICc) y sus pesos relativos (AICcw, Burnham & Anderson 2002).

RESULTADOS

El canto en ambiente urbano presentó una frecuencia promedio de 4.479,8 Hz, las frecuencias mínimas de los elementos introductorios variaron entre 2.829,3 y 3.438,9 Hz, mientras que el trino alcanzó una frecuencia máxima de 5.946,5 Hz (Tabla 1). En ambiente natural el canto presentó una frecuencia promedio de 3.632,8 Hz, las frecuencias mínimas de los elementos introductorios variaron entre 2.826,9 y 3.896,0 Hz, mientras que el trino alcanzó una frecuencia máxima de 6.301,2 Hz (Tabla 1). El ruido antrópico en el ambiente urbano presentó una mayor frecuencia ($2.634,25 \pm 1.028,14$ Hz) que el ruido en ambiente natural ($636,81 \pm 422,08$ Hz; $t = -12.708$, $df = 98$, $p < 0,001$; Fig. 1).

Los cuatro primeros componentes principales (PC) representaron el 85% de la variación entre grupos (Tabla 2 y 3). El modelo mixto que consideró el PC1 (*i.e.*, F. Máx. Elemento 1, F. Máx. Elemento 2, F. Mín. Elemento 1 y N° elementos) y el factor ambiente, recibió el mayor soporte de los modelos evaluados ($w_i = 0,98$; Tabla 4). En segundo lugar, el modelo que consideró el PC1 y los factores ubicación y ruido ($w_i = 0,02$; Tabla 4).

DISCUSIÓN

Los resultados de los modelos generalizados mixtos identificaron que diferencias en la frecuencia máxima del elemento 2, frecuencia mínima del elemento 1 y el número de elementos (PC1), explicarían las diferencias entre gru-

Tabla 1. Características estructurales finas del canto territorial de *Zonotrichia capensis* en ambientes “urbano” y “natural” del Concepción metropolitana. Los valores se presentan como media y una desviación estándar (DE).

Variables	Urbano		Natural	
	Media	DE	Media	DE
F. Max. Elemento 1 (Hz)	4.632,7	457,6	4.471,3	231,2
F. Max. Elemento 2 (Hz)	5.439,2	868,7	5.960,3	514,6
F. Max. Elemento 3 (Hz)	6.162,2	736,5	6.023,7	607,8
F. Max. Trino (Hz)	5.946,5	520,8	6.301,2	677,8
F. Min. Elemento 1 (Hz)	3.438,9	364,8	3.896,0	257,7
F. Min. Elemento 2 (Hz)	3.213,3	205,4	3.332,6	77,9
F. Min. Elemento 3 (Hz)	3.163,6	181,1	2.826,9	113,6
F. Min. Trino (Hz)	3.677,6	287,8	3.516,5	197,1
N° Elementos	4,4	0,4	4,0	0
Elementos/se	2,5	0,2	2,6	0,1
Tiempo total (s)	1,7	0,2	1,5	0,1
Ruido (Hz)	2.634,3	1.017,8	636,8	417,8

Tabla 2. Resultados del análisis de componentes principales (PCA) de la variación vocal de *Zonotrichia capensis* entre ambiente urbano y natural en Concepción. Sólo se muestran los primeros cuatro componentes.

Importancia de los componentes	PC1	PC2	PC3	PC4
Desviación estándar	2,01	1,64	1,35	0,90
Proporción de varianza	0,37	0,24	0,17	0,07
Proporción acumulada	0,37	0,61	0,77	0,85

Tabla 3. Matriz de correlaciones de componentes principales (PC) y características estructurales finas del canto territorial de *Zonotrichia capensis* en Concepción.

Variables	PC1	PC2	PC3	PC4
F. Max. Elemento 1 (Hz)	11,4	10,4	4,1	1,0
F. Max. Elemento 2 (Hz)	23,3	0,2	1,3	0,7
F. Max. Elemento 3 (Hz)	0,7	5,6	38,7	0,1
F. Max. Trino (Hz)	6,8	0,3	11,3	50,6
F. Min. Elemento 1 (Hz)	21,9	0,1	0,1	5,0
F. Min. Elemento 2 (Hz)	8,1	2,8	27,9	3,8
F. Min. Elemento 3 (Hz)	0,0	18,1	3,0	0,0
F. Min. Trino (Hz)	1,0	24,1	4,2	1,7
N° de Elementos	16,2	7,0	0,4	12,1
Elementos/s	6,8	10,2	4,1	24,9
Tiempo total (s)	3,7	21,2	4,9	0,4

Tabla 4. Modelos lineales mixtos entre ambiente “urbano” y “natural” para las variables estructurales finas del canto territorial de *Zonotrichia capensis*, utilizando como variable respuesta los 4 primeros PC (Componentes Principales). El Modelo 3 es el Modelo con mayor soporte de Akaike (AICc).

Variables	AIC _c	ΔAIC _c	gdl	w _i
Modelo3: PC(1)~1+Ubicación+1 Ind	1.248,7	0	5	1
Modelo1:PC(1)~1+Ubicación+Ruido+1 Ind	1.256,5	7,8	6	0
Modelo5: PC(1)~1+Ruido+Ubicación*Ruido+1 Ind	1.263,2	14,5	7	0
Modelo2: PC(1)~1+Ruido+1 Ind	1.269,7	21,0	5	0
Modelo12: PC(3)~1+Ruido+1 Ind	1.289,8	41,1	6	0

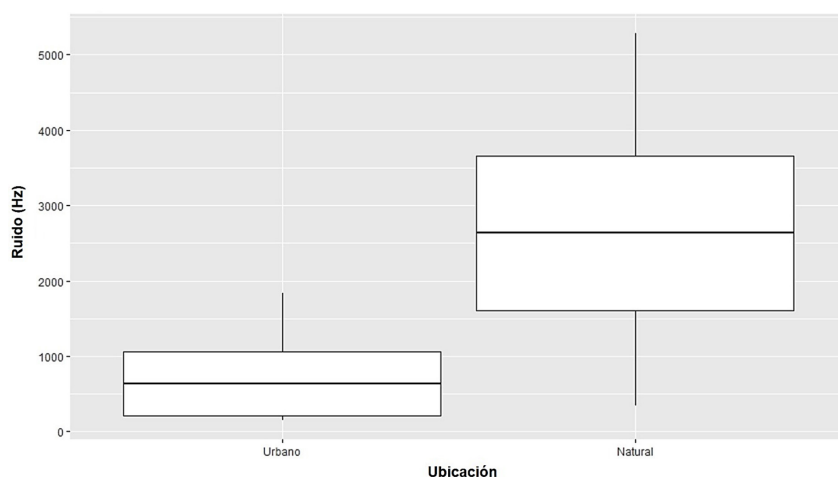


Figura 1. Gráfico de cajas (Boxplot) con los valores de frecuencia de amplitud máxima (FMA) del sonido de fondo o ruido antrópico (Hz) entre ambiente “natural” y “urbano”. La línea horizontal representa la media, los cuadrados percentil 25% y 75% y las líneas de dispersión corresponden a una desviación estándar.

pos con relación al ambiente. Sin embargo, el efecto del ruido no fue apoyado como variable relevante, representando junto al ambiente un porcentaje menor del peso de los modelos evaluados. Esto sugiere que características del hábitat o bien rasgos población-específicos podrían estar influyendo en las diferencias entre ambientes (véase Kopuchian *et al.* 2004, Lijtmaer & Tubaro 2007, Leon *et al.* 2014). Las respuestas de aves oscinas pueden ser ampliamente variables, ya que usan su plasticidad vocal en entornos acústicos complejos como una estrategia para lidiar con condiciones desfavorables (*e.g.*, Brumm 2004, Barber *et al.* 2010, Hedblom & Murgui 2017). Además, especies como *Z. capensis* que presentan variaciones significativas en el canto por efecto “cultural” (Tubaro *et al.* 1997), su respuesta con relación al ruido antrópico no necesariamente consistirá en cambios sobre las variables espectrales del canto.

Las respuestas de las aves al ruido ambiente antrópico incluyen el incremento de las frecuencias mínimas por sobre el nivel del ruido ambiente en *Parus major* (Slabbekon 2003) y *Melospiza melodia* (Wood *et al.* 2006), un incremento de la intensidad (*i.e.*, energía) del canto en *Luscinia megarhynchos* (Brumm 2004), y la respuesta conductual en *Erithacus rubecula* de no vocalizar en momentos con alto nivel de ruido ambiental (Fuller *et al.* 2007). De las distintas respuestas que pueden presentarse en aves, las que podrían tener costos de adecuación biológica más altos son los aumentos o reducciones en la frecuencia (León *et al.* 2014), lo que explicaría porqué sólo dos elementos del canto de *Z. capensis* mostraron diferencias entre ambientes.

Considerando la amplia variabilidad de los cantos de *Z. capensis* (Egli 1971, Tubaro *et al.* 1997) y sus respuestas cambiantes dependiendo de las características del ambiente (Kopuchian *et al.* 2004, Lijtmaer & Tubaro 2007), se espera que distintas condiciones de ruido ambiental antrópico generen respuestas diferenciales en las poblaciones de *Z. capensis*. Aunque en las poblaciones analizadas estas diferencias no fueron claras, no existiendo diferencias importantes entre individuos afectados por distintos niveles de ruido. En este sentido, futuros estudios en la especie deben considerar, además de las variables temporales y de frecuencia, la respuesta conductual al ruido ambiente, como los horarios de canto y silencio de individuos frente al ruido antrópico.

AGRADECIMIENTOS.- Agradecemos a todas las personas que ayudaron en la obtención de los datos en terreno, a CONAF por facilitar los permisos para realizar los muestreos en la Reserva Nacional Nonguén, y a los dos revisores anónimos cuyos comentarios mejoraron

la versión final del manuscrito. SCQ agradece a la beca de magíster de la Universidad de Concepción y HVN al financiamiento del FONDECYT-POSTDOCTORADO 3190618.

LITERATURA CITADA

- AUDACITY® SOFTWARE IS COPYRIGHT © 1999-2019 Audacity Team.
Web site: <https://audacityteam.org/>.
- ALBERT, L.A. 2004. Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. Pp. 38-52, in Albert L.A. & M. Jacott (eds.), *México tóxico*. México.
- ARMIJO, G. & H. CAVIEDES. 1997. El avance de la urbanización del campo en la Región Metropolitana de Chile y sus efectos espaciales. *In Anales de la Universidad de Chile* (5)
- BARBER, J.R., K.R. CROOKS & K.M. FRISTRUP. 2010. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 180-189.
- BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM. 2011. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.4) [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Disponible en <http://www.birds.cornell.edu/raven>.
- BOJORGES-BAÑOS, J.C. 2009. Amenazando la biodiversidad: urbanización y sus efectos en la avifauna. *Ciencia y Mar* 13: 61-65.
- BRUMM, H. 2004. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology* 73: 434-440.
- BURNHAM, K.P. & D.R. ANDERSON. 2002. *Model Selection and Inference: A practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag, New York, EE.UU.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2018. Reserva Nacional de Nonguén. Disponible en <https://www.conaf.cl/parques/reserva-nacional-nonguen/>. Consultado en mayo 2018.
- EGLI, W. 1971. Investigaciones sobre el canto de *Zonotrichia capensis chilensis* (Meyen) (Aves, Passeriformes). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* (Chile) 32: 173-190.
- EGLI, W. & R. VÁSQUEZ. 2018. Chincol *Zonotrichia capensis*. Pp. 570, in Medrano, F., R. Barros, H.V. Norambuena, R. Matus & F. Schmitt (eds.). *Atlas de las aves nidificantes de Chile*. Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile, Santiago, Chile.
- FULLER, R.A., P.H. WARREN & K.J. GASTON. 2007. Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biological Letters* 3: 368-370.
- HEDBLM, M., & E. MURGUI. 2017. Urban bird research in a global perspective. Pp. 3-10, in Murgui, E. & M. Hedblom (eds.), *Ecology and Conservation of Birds in Urban Environments*. Springer, Cham.
- KOPUCHIAN, C., D.A. LIJTMAER, P.L. TUBARO & P. HANDFORD. 2004. Temporal stability and change in a microgeographical pattern of song variation in the rufous-collared sparrow. *Animal Be-*

- haviour* 68: 551-559.
- KEKKONEN, J. 2017. Pollutants in Urbanized Areas: Direct and Indirect Effects on Bird Populations. Pp. 227-250, in Murgui, E. & M. Hedblom (eds.), *Ecology and Conservation of Birds in Urban Environments*. Springer, Cham.
- KOSKIMIES, P. 1989. Birds as a tool in environmental monitoring. *Annales Zoologici Fennici* 153-166.
- LEÓN, E., A. BELTZER & M. QUIROGA. 2014. El jilguero dorado (*Sicalis flaveola*) modifica la estructura de sus vocalizaciones para adaptarse a hábitats urbanos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 2: 546-552.
- LIJMAER, D. A. & P.L. TUBARO. 2007. A reversed pattern of association between song dialects and habitat in the Rufous-collared Sparrow. *Condor* 109: 658-667.
- ORDANO, M.A. 1999. *Aves de bosque de sauce del río Paraná medio (Argentina). Evaluación de la técnica de conteos por puntos*. Tesis, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Argentina.
- ORTEGA, C.P. 2012. Effects of noise pollution on birds: A brief review of our knowledge. *Ornithological Monographs* 74: 6-22.
- PATRICELLI, G.L. & J.L. BLICKLEY. 2006. Avian communication in urban noise: causes and consequences of vocal adjustment. *Auk* 123: 639-649.
- POBLETE, Y., V. GUTIERREZ, S.D. NEWSOME, P. SABAT & R.A. VÁSQUEZ. 2018. Intraspecific variation in exploratory behavior and elevational affinity in a widely distributed songbird. *Oecologia* 186: 931-938.
- RALPH, C.J, J.R. SAUER & S. DROEGE. 1995. *Monitoring bird populations by point counts*. U.S. Department of Agriculture, Albany, NY, EE.UU. 171 pp.
- ROJAS C., J. PINO, C. BANOU & M. VIVANCO. 2013. Assessing land-use and -cover changes a relation to geographic factors and urban planning in the metropolitan area of Concepción (Chile). Implications for biodiversity conservation. *Applied Geography* 39: 93-103.
- RUIZ G, M. ROSENMANN & F.F. NOVOA. 1995. Seasonal-changes of blood values in Rufous-collared Sparrows from high and low-altitude. *International Journal of Biometeorology* 39: 103-107.
- SALINAS, E. 2010. *Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción. Concepción metropolitano. Evolución y desafíos*. Editorial Universidad de Concepción, Santiago, Chile.
- SALINAS, E. & L. PEREZ. 2011. Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación. *Revista de Geografía Norte Grande* 49: 79-97.
- SIMONETTI, G., P.L. TUBARO & E.T. SEGURA. 1996. Evaluación de la hipótesis de la detección alertada en el canto del chingolo (*Zonotrichia capensis*). II. El efecto de la degradación acústica en los playbacks con cantos completos y fraccionados. *Hornero* 14: 35-43.
- SLABBEKOORN, F. 2003. Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature* 424: 267-268.
- SMITH, G. & H. ROMERO. 2009. Efectos del crecimiento urbano del área metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalien, Los Batros y Lengua. *Revista Geográfica Norte Grande* 43: 81-93.
- TUBARO, P.L., F.M. GABELLI, I.M. MOZETICH & E.T. SEGURA. 1996. Evaluation of the alerted detection hypothesis in the song of the Rufous-collared Sparrow. I. Experiments with complete and sectioned songs. *Hornero* 14: 27-34.
- TUBARO, P.L., P.T. HANDFORD & E.T. SEGURA. 1997. Aprendizaje del canto en el chingolo (*Zonotrichia capensis*). *Hornero* 4: 204-210.
- TURK, A., J. TURK & J.T. WITTES. 1973. *Ecología-contaminación-medio ambiente*. Interamericana, México. 227 pp.
- VARGAS MARCOS, F. 2005. La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. *Revista Española de Salud Pública* 79: 117-127.
- VILLOTA, L. 2009. Valoración económica del humedal de Lengua mediante experimentos de elección. *Panorama Socioeconómico* 27: 32-43.
- WILEY, R. & D.G. RICHARDS. 1982. Adaptations for acoustic communication in birds: sound transmission and signal detection. Pp. 131-181, in Kroodsma D.E. & E.H. Miller (eds.), *Acoustic communication in birds: Production, Perception & Design Features of Sounds*. Academic Press.
- WOOD, W.E. & S.M. YEZERINAC. 2006. Song Sparrow (*Melospiza melodia*) song varies with urban noise. *Auk* 123: 650-659.