



**DEPARTAMENTO
DE BIOLOGÍA**

Facultad de Ciencias Exactas
Físicas y Naturales • UNSJ



Universidad Nacional de San Juan

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Departamento de Biología

Carrera: Licenciatura en Biología

TRABAJO FINAL DE GRADO

**VARIACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTO EN UN GRUPO DE
PASSERIFORMES OSCINES: PONIENDO A PRUEBA LA
HIPÓTESIS DE ADAPTACIÓN ACÚSTICA**

GONZALEZ EXEQUIEL

ASESOR: SANABRIA EDUARDO

CO-ASESOR: ORTIZ GRISEL

SAN JUAN

2014



AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en primer lugar a la Universidad Nacional de San Juan, universidad pública y gratuita, por permitirme realizar mis estudios.

A todos los docentes y personal que forman parte de la facultad con los que me ha tocado cursar mi carrera. Especialmente a aquellos docentes que han logrado marcarme y hacerme crecer a lo largo de la carrera, muchas veces sin ser conscientes de ello.

A mi director y co-directora, Eduardo Sanabria y Grisel Ortiz, por ayudarme a través de comentarios, correcciones y consejos en los diversos aspectos que conlleva realizar la tesis de grado. A los evaluadores Fernando Murúa, Marcelo Jordán y Verónica Cailly Arnulphi por los comentarios y sugerencias realizados que ayudaron a mejorar el manuscrito.

A Fabricio Pintos, Yamil Rodriguez, Edgardo Melian, Fabricio Gonzalez y Jesica Godoy por haberme ayudado en las salidas de campo. A Gabriel Gatica, Flavio Cappa, Andrea Abarca y Paul Handford por haberme ayudado en diferentes aspectos de la tesis. A Medio Ambiente por dejarme trabajar en ambas áreas protegidas y estar disponibles ante cualquier eventualidad.

A todos los compañeros con los que cursé a lo largo de tantos años, gracias por haber hecho de estos años algo apreciable. Especialmente a mis compañeros y amigos de promoción con los que seguimos juntos hasta el final y a los amigos ganados a lo largo de la carrera por formar parte de mis días y haberme hecho crecer día a día un poco más.

A mi novia, la cual conocí gracias a esta carrera y la cual me ha sabido apoyar y acompañar desde el día en que la conocí.

Y finalmente a mi familia. A mis abuelos, tíos y primos por haberme dado un techo y hacerme sentir como si ese techo fuese mío. A mi hermano, por haber compartido a mi lado varios años juntos, a mi hermana por la ayuda y apoyo brindado, y a mis viejos los cuales me han bancado toda la carrera, apoyándome incansablemente y dejándome ser, dándome la posibilidad de buscar lo mejor para mí, sin reprimirme y a cambio de nada.

A todos, gracias...

ÍNDICE

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO GENERAL	8
Objetivos Particulares	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Área de estudio.....	9
Especies bajo estudio.....	12
Toma de Datos	14
Cantos.....	14
Material Utilizado	17
Estructura vegetal	18
Tratamiento de los datos	18
RESULTADOS	20
Descripción de los cantos	20
<i>Saltator aurantirostris</i>	20
<i>Turdus amaurochalinus</i>	23
<i>Troglodytes aedon</i>	27
<i>Zonotrichia capensis</i>	31
Variación en la estructura de los cantos (HAA)	34
<i>Troglodytes aedon</i>	34
<i>Zonotrichia capensis</i>	34
Estructura vegetal.....	36
Relación entre variables del canto y características microclimáticas	39
DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	41
BIBLIOGRAFÍA	48

RESUMEN

La variación geográfica del canto puede ser originada por procesos como la adaptación genética, la adaptación social y la adaptación a las características estructurales del hábitat. En este contexto, la Hipótesis de Adaptación Acústica postula que hábitats con diferentes estructuras vegetales imponen presiones selectivas diferenciales sobre los organismos generando cambios sobre las señales acústicas para una transmisión óptima del emisor al/los receptor/es, es decir, los cantos deberían estar adaptados a cada ambiente particular.

El presente estudio se enmarcó bajo dicha hipótesis, con el fin de poner a prueba la misma en un grupo de passeriformes oscines en dos ambientes de la Provincia de San Juan. Las especies estudiadas fueron *Turdus amaurochalinus*, *Saltator aurantirostris*, *Troglodytes aedon* y *Zonotrichia capensis*. Se consideró como ambiente cerrado al Chaco seco (San Agustín, Departamento Valle Fértil), y como ambiente abierto un humedal inserto en el Monte (Ciénaga de Zonda, Departamento Zonda). El muestreo de los individuos se llevó a cabo mediante caminatas al azar en los sitios de estudio durante la mañana y se trazaron 10 transectas en cada uno de los ambientes donde se registraron los cantos con el fin de caracterizarlos.

Se describe por primera vez el canto de *T. amaurochalinus* para la avifauna de Argentina y el de *T. aedon* y *S. aurantirostris* para la provincia de San Juan. La Hipótesis de Adaptación Acústica se pudo poner a prueba con dos de las cuatro especies. Para *T. aedon* no se obtuvieron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas. Para *Z. capensis* se obtuvieron diferencias significativas en 5 de las 8 variables analizadas. De las 5 variables para las que se obtuvieron diferencias significativas, las que apoyan la hipótesis son las 3 variables temporales de la estructura del canto, es decir, se obtuvo mayor duración del canto, mayor número de elementos y menor intervalo entre elementos para el Monte que para el Chaco seco. Por otro lado las variables de frecuencia para las cuales se obtuvieron diferencias significativas son opuestas a lo que propone la hipótesis, es decir, la frecuencia máxima y el ancho de banda fueron mayores en el ambiente cerrado. Se aportan así nuevos datos, dando un apoyo parcial a la Hipótesis de Adaptación Acústica. Además, se actualiza información que fortalece los resultados de estudios previos sobre el dialecto de *Z. capensis* en el área geográfica del presente estudio, tema controversial a la fecha.

INTRODUCCIÓN

La comunicación acústica es un proceso comportamental que está altamente diversificado entre los animales, en nuestro caso, el lenguaje es el vehículo por el cual establecemos relaciones sociales (Simmons, 2003). Sin embargo, existe un grupo que particularmente ha capturado la atención del hombre a lo largo de la historia debido a la complejidad, la belleza y la gran diversidad de señales acústicas que utilizan para comunicarse, las aves.

Podemos definir a la comunicación de manera simple como la transferencia de información (mensaje) entre un emisor y el receptor (Catchpole y Slater, 2008). A pesar de que se cree que la comunicación es una interacción intra-grupal entre miembros de la misma especie, no necesariamente tiene que estar restringida de dicha manera (Simmons, 2003). Las señales acústicas utilizadas para la comunicación pueden contener variada información, pudiendo transmitir un mensaje general como la identidad de la especie entre grupos, o un mensaje más restringido, como la identidad específica de un individuo dentro del grupo (Simmons, 2003). La producción de sonidos podrían ser usados en contextos como la selección de pareja, obtención y defensa de territorios, evasión de predadores, cuidado parental y coordinación de actividades grupales (Nottebohm, 1969; Catchpole y Slater, 2008).

En las aves, el sonido es solo uno de varios canales que se encuentran disponibles para la comunicación en las aves, existiendo ventajas y desventajas asociadas a cada uno (Catchpole y Slater, 2008). Por ejemplo, este grupo generalmente poseen un sistema olfativo poco desarrollado, y no hay duda que las señales visuales son importantes para las mismas, sin embargo, este canal de comunicación presenta desventajas bajo condiciones de mala visibilidad o escasez de luz (Catchpole y Slater, 2008). En cambio, las señales sonoras tienen la ventaja de viajar en todas direcciones cubriendo grandes distancias, pudiendo “penetrar” y “rodear” los objetos (Catchpole y Slater, 2008). Las aves son criaturas intensamente vocales, y la comunicación por medio del sonido ha pasado a tener un rol central en sus historias de vida (Catchpole y Slater, 2008).

El Orden Paseriformes incluye a las aves canoras, en general de dimensiones pequeñas. Dentro de este se encuentra el suborden Suboscines, conformado por todas aquellas especies que presentan canto innato; y el suborden Oscines, conformado por las especies que presentan canto aprendido (Catchpole y Slater, 2008). Las vocalizaciones de los páseres

pueden ser clasificadas en llamadas y cantos. Las llamadas tienden a ser cortas, simples y producidas por ambos sexos durante todo el año, mientras que los cantos tienden a ser más largos, complejos y producidos por los machos en la temporada reproductiva (Catchpole y Slater, 2008), con el fin específico de defender su territorio de otros machos y de atraer parejas (Collins, 2004).

El canto, al ser una señal de comunicación de larga distancia, es susceptible de ser modificado por el medio ambiente (Simmons, 2003). Hay muchos factores que pueden afectar la calidad de la señal acústica durante la producción, la propagación, y la recepción del sonido (Agnihotri, 2006). Por ejemplo, limitaciones energéticas y biofísicas de los individuos, atenuación, reverberación, ruido ambiental y condiciones medioambientales (viento, humedad, temperatura), pueden alterar las características de la señal (Morton 1975; Ryan y Brenowitz, 1985; Agnihotri, 2006; Catchpole y Slater, 2008; Brumm y Naguib, 2009).

La estructura del hábitat en particular genera dos efectos sobre la transmisión del sonido, atenuación y degradación (Wiley y Richards, 1982; Slabbekoorn, 2004). La atenuación consiste en que mientras más lejos se encuentre el receptor de la fuente, más débil será el sonido (Catchpole y Slater, 2008). En este sentido la señal acústica es afectada por efectos tales como la dispersión, absorción atmosférica y la atenuación por la vegetación y el suelo. Siendo las bajas frecuencias, menos propensas a sufrir atenuación en todos los hábitats que las altas frecuencias (Wiley y Richards, 1978; Wiley y Richards, 1982; Agnihotri, 2006). La degradación, es el efecto combinado de la reverberación y de las fluctuaciones de amplitud (Brumm y Naguib, 2009). La reverberación consiste en la distorsión de las señales acústicas producto de la acumulación de cambios estructurales debido al eco y la dispersión y refracción de la señal por los objetos que obstaculizan su avance. En este sentido, ambientes “cerrados” o “abiertos” distorsionan de manera diferencial los sonidos, siendo las señales conformadas por silbidos puros y las altas frecuencias menos distorsionadas respecto de los trinos y las bajas frecuencias (Wiley y Richards, 1978; Agnihotri, 2006; Catchpole y Slater, 2008). De forma opuesta las fluctuaciones de amplitud son mayores en ambientes “abiertos” debido a los vientos y a las térmicas que generan variación temporal en la propagación del sonido (Brumm y Naguib, 2009).

La variación geográfica del canto puede ser originada por diferentes procesos no excluyentes entre sí, entre los que se encuentran la adaptación genética, la adaptación social y la adaptación a las características estructurales del hábitat (Handford, 2005; Catchpole y

Slater, 2008). Teniendo esto en cuenta, la Hipótesis de Adaptación Acústica (HAA) (Morton, 1975) postula que hábitats con diferentes estructuras vegetales imponen presiones selectivas diferenciales sobre los organismos generando cambios sobre las señales acústicas para una transmisión óptima del emisor al/los receptor/es, es decir, los cantos deberían estar adaptados a cada ambiente particular. En algunos casos, la variación geográfica de la estructura del canto podría deberse a dichos hábitats diferentes (Doutrelant et al., 1999). Por lo tanto, debido a que es mayor la reverberación y la atenuación en una zona cerrada, las aves deberían cantar a frecuencias más bajas, presentar menor ancho de banda, tener menos elementos repetidos, elementos más largos, e intervalo entre elementos más largos que las aves que cantan en ambientes abiertos (Morton 1975; Rothstein y Fleischer 1987; Wiley, 1991). La HAA asume que el canto del ave es seleccionado para la propagación de la máxima distancia y que otras presiones selectivas son iguales entre ambientes abiertos y cerrados.

El presente estudio se enmarca bajo dicha hipótesis, con el fin de ponerla a prueba en dos ambientes de la Provincia de San Juan, aportando y profundizando este análisis en los ambientes áridos de Monte y Chaco. Hasta el momento las investigaciones realizadas en éste campo tienen resultados controversiales (Blumstein y Turner, 2005; Doutrelant et al., 1999; Shy, 1984; Lijtmaer y Tubaro, 2007; Handford y Loughheed, 1991; Boncoraglio y Saino, 2007).

En Argentina, los aportes han sido realizados casi en su totalidad sobre *Zonotrichia capensis*, especie modelo debido a la simplicidad de su canto y a la abundancia de individuos que pueden ser observados (Nottebohm, 1969; Handford, 1981; Handford, 1988; Handford y Loughheed, 1991; Lijtmaer y Tubaro, 2007). Por ello, se pretende aportar nuevos datos para dicha especie en esta zona geográfica donde la estructura de su canto ha sido particularmente difícil de justificar (Handford, 1991), como así también se presenta una ampliación de especies utilizadas para probar la hipótesis.

OBJETIVO GENERAL

Estudiar las variaciones en la estructura del canto en un grupo de passeriformes oscines que habitan dos ambientes con diferente estructura vegetal en la Provincia de San Juan, Argentina.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir los cantos de *Saltator aurantiirostris* (Familia: Emberizidae), *Turdus amaurochalinus* (Familia: Turdidae), *Troglodytes aedon* (Familia: Troglodytidae) y *Zonotrichia capensis* (Familia: Emberizidae).
- Analizar las variaciones de la estructura del canto de *Saltator aurantiirostris* (Familia: Emberizidae), *Turdus amaurochalinus* (Familia: Turdidae), *Troglodytes aedon* (Familia: Troglodytidae) y *Zonotrichia capensis* (Familia: Emberizidae) entre un ambiente cerrado (Chaco seco: San Agustín, Departamento Valle Fértil) y otro abierto (Humedal inserto en el Monte: Ciénaga de Zonda, Departamento Zonda).
- Describir la estructura vegetal en cada uno de los lugares de estudio.
- Relacionar las variables del canto de las especies con las características micro-climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

PARQUE PROVINCIAL “PRESIDENTE SARMIENTO”

El Monte es un desierto y semidesierto de América del Sur, localizado en el oeste de Argentina. Esta zona es la más árida del país. El clima varía de árido a semiárido, con altas evaporaciones y precipitaciones medias anuales entre <100 y 450 mm, fuertemente condicionadas por el relieve circundante. A pesar de la gran área ocupada por el Monte y la consecuente variabilidad en suelos y clima, la vegetación es relativamente uniforme en términos de fisonomía y composición florística. En esta región fitogeográfica los ambientes de humedales presentes, son los lugares biológicamente más ricos (Abraham et al., 2009).

Inserta en dicha región fitogeográfica, se encuentra el Área Protegida y Reserva de Usos Múltiples “Parque Provincial Presidente Sarmiento”. Considerada uno de los humedales más importantes de la provincia (748 has), está ubicada en el departamento de Zonda, en el valle homónimo, a 25 km al oeste de la ciudad de San Juan (31° 33’S, 68° 42’W; 766 m.s.n.m), en el centro sur de la provincia.

En 1980, esta área fue declarada Parque Provincial (Ley N° 4.768) y en 2005 se la declaró “Área Natural Protegida” (Ley N° 7.586), encontrándose entre sus objetivos, preservar los ecosistemas acuáticos y terrestres, proteger la biodiversidad de especies de flora y fauna, conservar su valor paisajístico lacustre por ser casi único en la provincia, proteger el agua de riego del Valle del Tulum y fomentar el potencial recreativo, turístico, científico y educativo de toda el área protegida.

La zona de estudio, se caracteriza hidrológicamente como un humedal temporal, cuyos orígenes son los afloramientos de agua subterránea producidos por el aumento de los niveles freáticos. Este incremento es causado por la recarga de agua proveniente del Río San Juan y del Embalse de Ullum. La variación de los niveles de agua subterránea determina la dinámica del humedal, condicionando también su extensión y profundidad.

El área en particular presenta clima seco y cálido, con una temperatura media anual de 17.3°C, las lluvias presentan un promedio de 89 mm (Cabrera, 1976). Florísticamente, la vegetación está representada por especies típicas del Monte como *Larrea spp.* (Jarrillas),

Atriplex crenatifolia (Zampa), *Prosopis chilensis* (Algarrobo Blanco), entre otros. Además, encontramos la vegetación propia de humedales, entre ellas *Cortaderia ruidiuscula* (Cortadera), *Thypha dominguensis* (Totora), *Phragmites australis* (Carrizo), *Juncos sp.* (Juncos), *Azolla filiculoides* (Helechito de Agua), *Heliotropium sp.* También se observan en el lugar especies conspicuas como *Tamarix gallica* (Tamarindo), *Baccharis sp.* (Chilca), *Tessaria absinthioides* (Pájaro Bobo), *Eucaliptus sp.* (Eucalipto) y *Salix sp.* (Sauce) (Figura 1).

Según Olrog y Capllonch (1986), el área de estudio se encuentra inserta en la región biornitológica de “Matorrales áridos occidentales”.

PARQUE NATURAL “VALLE FÉRTIL”

El Chaco Seco, en su mayor parte, es una vasta llanura sedimentaria modelada esencialmente por la acción de los ríos que la atraviesan en sentido noroeste-sudeste. Sus altas cuencas se encuentran fuera de la región, en la cordillera, desde donde transportan una gran cantidad de sedimentos que forman albardones a los costados del cauce o, como ocurre con frecuencia, colmatan los cauces y dan origen a la divagación de los ríos. Las cuencas que se forman son autóctonas y endorreicas y la evapotranspiración es superior al aporte de agua (Torrella y Adamolí, 2005). El clima es continental, cálido subtropical. La temperatura media anual varía de manera general de norte a sur desde 23°C hasta cerca de 18°C. Las precipitaciones varían entre 500 y 800 mm anuales, son marcadamente estivales, disminuyendo en forma acentuada hacia el límite con la ecoregión del Monte, en el sudoeste. La vegetación está formada por bosques xerófilos (Cabrera, 1976).

Dentro de la ecoregión del Chaco Seco se encuentra presente el Parque Natural “Valle Fértil”, que abarca parte de los departamentos de Caucete, Angáco, Jáchal y Valle Fértil, ubicada al este de la provincia, a 256 km de la ciudad de San Juan, abarcando una superficie de 800.000 hectáreas. En 1971, esta área fue declarada por ley (Ley N° 3666/71) Parque Natural, siendo el objetivo conservar un extenso espacio natural de la Provincia con una gran diversidad biológica que por su ubicación y relieve ha permanecido con escasa modificación antrópica (Administración de Parques Nacionales, Márquez, 1999).

El área presenta una temperatura media anual de 18°C, la media del mes más cálido (Enero) de 22°C y la máxima absoluta de 38°C (Diciembre y Enero). La mínima absoluta es de -7°C (Julio). La precipitación media anual es de 330 mm en la Estación Meteorológica La

Majadita (período 1970-1993) (Informe inédito). El periodo de máxima concentración de las lluvias es de noviembre a marzo (Dalmasso et al., 2007). La flora de la reserva incluye diversas especies arbóreas como *Schinopsis haenkeana* (Orco Quebracho), *Aspidosperma quebracho-blanco* (Quebracho Blanco), *Prosopis alba*, *Prosopis chilensis*, *Celtis tala* (Tala), *Zizyphus mistol* (Mistol) y un estrato herbáceo y arbustivo rico en especies aromáticas como *Lippia integrifolia* (Incauyo), *Acantholippia seriphioides* (Tomillo), *Aloysia gratissima* (Arrayán del Campo) y *Salvia gilliesii* (Salvia Morada), entre otras (Márquez, 1999) (Figura 1).

La quebrada estudiada se encuentra entre las localidades de San Agustín y La Majadita (30° 38'S, 67° 29'O; 877 m.s.n.m). Es recorrida por el río San Agustín y presenta sectores de bosque xerófilo a ambos lados del río.

Según Olrog y Capllonch (1986), el área de estudio se encuentra inserta en la región bio-ornitológica de "El Chaco".



Figura 1. Localización de las dos áreas de estudio dentro de la Provincia de San Juan. San Agustín, Departamento Valle Fértil; Lagunas de Zonda, Departamento Zonda.

ESPECIES BAJO ESTUDIO

- ***Saltator aurantiirostris*** (Vieillot, 1817) (Passeriformes: Emberizidae): Especie conocida con variados nombres comunes entre los que se encuentran Pepitero de Collar, Benteveo, Sietecuchillos y Picahuesos. Tiene un tamaño de 18 cm (Narosky e Yzurieta, 2003). Dorso, alas y cola grises. Ventral acanelado. Cabeza y collar negro, ceja y garganta blancas. Pico anaranjado notable (Calí et al., 2008).



Figura 2. Ejemplar de *Saltator aurantiirostris*. Foto: Ramón Moller Jensen.

- ***Turdus amaurochalinus*** (Cabanis, 1850) (Passeriformes: Turdidae): Ave conocida con nombres comunes como Zorzal Chalchalero, Zorzal Gato y Zorzal Pardo. Presenta un tamaño de 21 cm (Narosky e Yzurieta, 2003). Cabeza, dorso, alas y cola pardos. Garganta blanca con estrías negras. Pecho ceniciento que aclara hacia el abdomen. Pico y patas amarillos. Especie de canto melodioso y variado (Calí et al., 2008).



Figura 3. Ejemplar de *Turdus amaurochalinus*. Foto: José Luis Fernández Guaraz.

- ***Troglodytes aedon*** (Vieillot, 1809) (Passeriformes: Trogloditidae): Conocida con el nombre común de Ratona Común o Pititorra, este ave se caracteriza por ser de pequeño tamaño, alrededor de 10 cm (Narosky e Yzurieta, 2003) y no presenta dimorfismo sexual. Zona dorsal de base parda con tonalidades rojizas y grises. Cola erguida de tonalidad castaña rufa con fino barrado negro, también presente en las alas. Ventral más claro. Pico largo, curvado y fino con respecto al tamaño corporal. Especie inquieta y activa, se mueve entre arbustos y el suelo en busca de su alimento, mientras vocaliza con insistencia (Calí et al., 2008; Amaya et al., 2011).



Figura 4. Ejemplar de *Troglodytes aedon*. Foto: Leandro Herrainz.

- ***Zonotrichia capensis*** (Müller, 1776) (Passeriformes: Emberizidae): Especie conocida con el nombre común de Chuschín o Chingolo, este passerido no presenta dimorfismo sexual y tiene un tamaño de 12 cm (Narosky e Yzurieta, 2003). Dorsal marrón con estrías más oscuras. Cola no muy larga, oscura y también estriada. Ventral blanquecino desde el pecho hasta el abdomen. Cabeza gris plomiza con semicopete, garganta blanca y notable collar rufo anaranjado. Pico corto y cónico. Especie confiada (Amaya et al., 2011).



Figura 5. Ejemplar de *Zonotrichia capensis*. Foto: Jorge San Pedro.

TOMA DE DATOS

CANTOS

El muestreo de los individuos se llevó a cabo mediante caminatas al azar en los sitios de estudio durante la mañana por períodos de entre 3 y 5 horas. Una vez localizado un espécimen se registró su canto durante 2 minutos o hasta obtener una serie de 10 cantos. Es importante destacar que ninguna de las aves grabadas en este estudio fue capturada, por ende, no fueron perturbadas en su hábitat y no se conoce la edad, el sexo y la condición gonadal. Se presume que todos los individuos registrados eran machos (King, 1972). La distancia al ave se mantuvo dentro de los 20-30 metros para tratar de obtener grabaciones de buena calidad. En caso de tener dos grabaciones de una misma especie en diferentes días, para *Z. capensis*, *S. aurantirostris* y *T. amaurochalinus* solo se utilizaron en el análisis de datos aquellas grabaciones que se encontraron a más de 50 metros una de la otra (Nottebohm, 1969), mientras que para *T. aedon* solo se utilizaron las grabaciones que se encontraron a más de 200 metros la una de la otra para evitar que se registre dos veces el mismo individuo (Tubaro 1990). Solo se tomaron en cuenta grabaciones que se encontraron a menos de 50-200 metros, si los especímenes grabados cantaban simultáneamente, lo que permitía diferenciar uno del otro (Nottebohm, 1969; Lijtmaer y Tubaro, 2007). Se utilizó una grabadora digital portátil (Tascam DR-40, China) a la cual se le acopló un micrófono direccional tipo “shotgun” (Rode NTG-1, Silverwater, Australia) cubierto con un protector de viento (Rode WSVM, China) que permitió focalizar la grabación en el ejemplar y evitar el

excesivo ruido ambiente. Posteriormente al registro de los cantos se midieron las siguientes variables ambientales, las cuales fueron utilizadas para realizar correlaciones con las variables medidas de los cantos de las especies. Temperatura del aire a 1,5 metros del suelo con un termómetro digital TES 1312 (TES Electrical Electronic Corp., Taipei, Taiwan, $\pm 0,1$ ° C) y humedad relativa ambiente mediante un termo-higrómetro TES 1360 (TES Electrical Electronic Corp., Taipei, Taiwan, $\pm 0,1^{\circ}\text{C} / \% \text{HR}$).

Posteriormente, en laboratorio, los cantos fueron digitalizados con una frecuencia de muestreo de 44,1 kHz y una resolución de 16-bit y los parámetros del espectrograma fueron estandarizados en una resolución de 512 bandas y función de ventana Hamming. Fueron analizados con el software Adobe Audition 3.0[®] (Adobe Systems Incorporated, 2007) y Raven Pro 1.4 Demo[®] (The Cornell Lab of Ornithology, 2011) (únicamente utilizado para la medición de la frecuencia enfatizada). Todas las medidas fueron realizadas sobre el espectrograma (temporales y de frecuencia) (Blumstein y Turner, 2005).

Las imágenes presentadas en el trabajo se obtuvieron con el software Raven Pro 1.4 Demo[®] (The Cornell Lab of Ornithology, 2011), los parámetros del espectrograma fueron los mismos que para el análisis a excepción de la función de ventana que se cambió por Hanning. Se utilizó la escala de colores grises, escala temporal de 4 seg/línea y escala de frecuencia de 10000 Hz/línea.

Debido a que la estructura de los cantos de las especies es diferente, el número y tipo de variables analizadas del canto son distintas para cada especie:

- *S. aurantirostris*: Duración del canto, número de elementos (siendo un elemento la unidad más pequeña de construcción del canto, representado como un trazo continuo en el espectrograma), duración de cada elemento, intervalo entre elementos (duración de cada intervalo entre dos elementos consecutivos), frecuencia máxima (frecuencia más alta en el espectrograma), frecuencia mínima (frecuencia más baja en el espectrograma), frecuencia enfatizada (frecuencia donde la energía se encuentra más concentrada) y ancho de banda (diferencia entre la frecuencia máxima y mínima) (Agnihotri, 2006; Tubaro y Lijtmaer, 2006). A su vez, para medir la totalidad de elementos diferentes para la especie se tomaron todas las estructuras de canto diferentes que se encontraron en las grabaciones y a partir de ellas se contabilizó el número de elementos.

- *T. amaurochalinus*: Duración del canto, número de sílabas (se considera una sílaba una unidad de canto que puede estar representada por uno o más elementos y que se identifica de forma arbitraria en base a su estructura espectral), duración de cada sílaba, intervalo entre sílabas, frecuencia máxima, frecuencia mínima, frecuencia enfatizada y ancho de banda (Tubaro y Lijtmaer, 2006; Vargas-Castro et al., 2012). Para esta especie también se midió el tamaño del repertorio y la cantidad de sílabas compartidas entre individuos. Para ello, se imprimieron todos los espectrogramas de cada individuo a una escala fija y se identificaron visualmente todas las sílabas para producir así un catálogo completo de todos los individuos. Se considera el tamaño del repertorio como el número total de tipos de sílabas en las canciones de un individuo (Vargas-Castro et al., 2012). Con respecto a la cantidad de sílabas compartidas, no se tuvo en cuenta al individuo 1 por solo contar con 4 cantos, del resto de los ejemplares se tomaron 6 cantos al azar de cada uno y en base a ello se contabilizaron las sílabas compartidas entre ellos.
- *T. aedon*: Duración del canto, duración de la primera parte del canto (porción introductoria), duración de la segunda parte del canto, número de sílabas, número de tipos de sílabas, frecuencia máxima, frecuencia mínima, frecuencia enfatizada y ancho de banda (Tubaro, 1990). Para esta especie se midió el tamaño del repertorio de sílabas de la segunda sección del canto por ser la porción que presentó una buena calidad de grabación para llevar a cabo la medición, para ello, se aplicó el mismo procedimiento que para *T. amaurochalinus*.
- *Z. capensis*: Duración del canto, número de elementos, duración de cada elemento, intervalo entre elementos, frecuencia máxima, frecuencia mínima, frecuencia enfatizada y ancho de banda (Agnihotri, 2006; Tubaro y Lijtmaer, 2006).

En la Figura 6 se muestran la forma en que se tomaron las variables sobre el espectrograma.

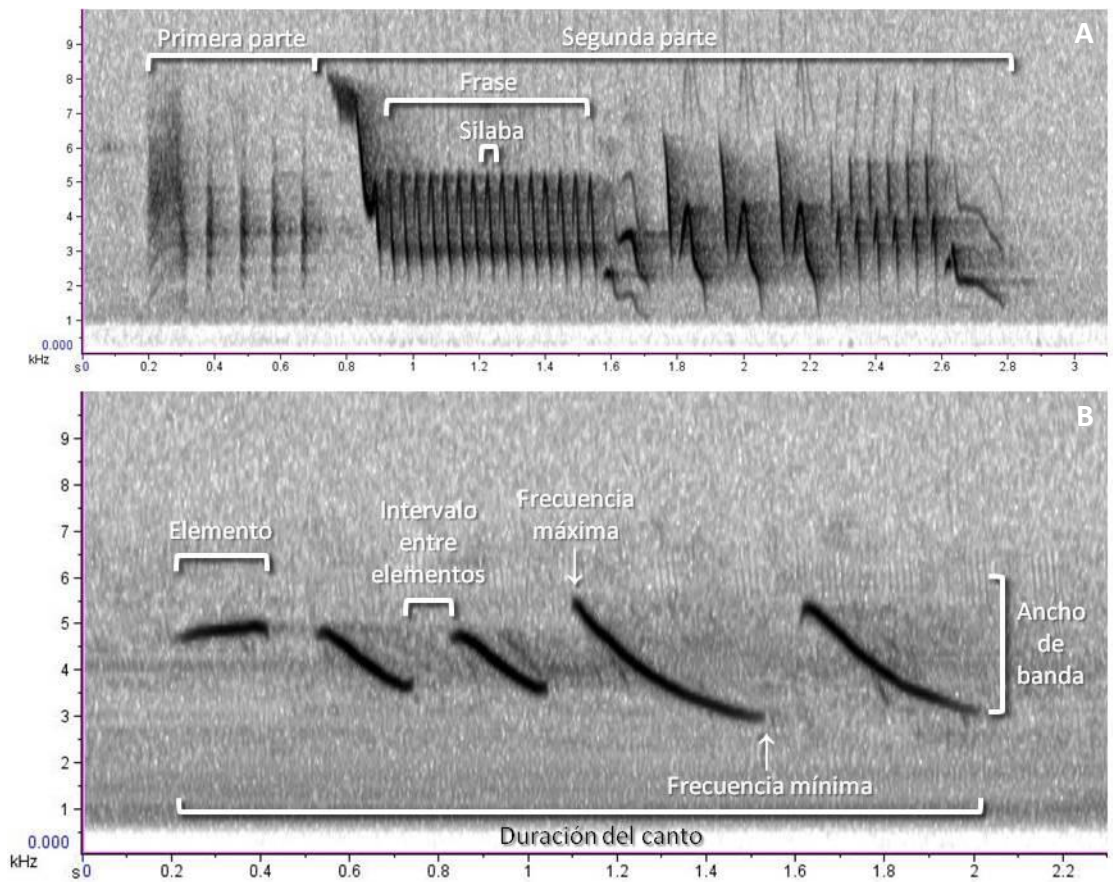


Figura 6. Se representa la forma en que fueron tomadas las variables temporales y de frecuencia sobre el espectrograma. El canto (A) pertenece a *T. aedon* y el canto (B) a *Z. capensis*, ambos utilizados a modo de ejemplo. La misma metodología se aplica sobre las dos especies restantes según sea el caso correspondiente.

MATERIAL UTILIZADO

El material colectado consistió en 174 grabaciones (1:37:49 hs), de las cuales solo se utilizaron para el estudio 75 grabaciones (50:06 min). Esta selección surge como resultado de la eliminación de las grabaciones de ejemplares demasiado cercanos entre sí y grabaciones de baja calidad (baja intensidad, excesivo ruido ambiente, superposición con el canto de otras aves). En la descripción de la estructura del canto de cada especie se detalla el número de cantos obtenidos para cada una.

ESTRUCTURA VEGETAL

La vegetación se categorizó en los siguientes grupos funcionales: gramíneas, herbáceas, cactáceas, arbustos y árboles. Los árboles, arbustos, gramíneas y herbáceas de tamaño mayor a 1,5 metros fueron discriminados por especie, con fines descriptivos. Se trazaron 10 transectas de 30 m de forma regular en cada uno de los ambientes donde se registraron los cantos, con el fin de abarcar toda el área muestreada.

Se midió la altura (definida como la distancia desde la superficie del suelo al punto más alto de la planta) para cada grupo funcional utilizando diferentes metodologías según el caso. Para herbáceas y gramíneas en caso de formar parches continuos a lo largo de la transecta, se midió la altura cada 3 metros, en caso de formar parches discontinuos a lo largo de la transecta se midió la altura de cada parche. Para las cactáceas, árboles y arbustos se midió la altura para cada ejemplar. Para el caso de los árboles o arbustos cuya altura máxima fue mayor a 3 metros, esta se obtuvo con el método del triángulo de ángulo recto (Ontario Woodlot Association, 2003), con la excepción de que el ángulo recto se conformó por el brazo del medidor y una regla graduada puesta en posición vertical.

Se estimó la cobertura vegetal a través del método de Intersección de línea (Maestre y Escudero, 2009). Para los árboles la intersección de línea por la copa de los mismos se llevó a cabo por el “método del palo” (Andersen y McCormick, 1962). La cobertura se expresa en porcentaje en los resultados.

Para el caso de los árboles se tomó además la altura del tronco (medida desde la base hasta la altura donde comienza la copa), el diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP = 1,5 m de altura) y el número de árboles por transecta.

TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Para el Análisis estadístico de los datos se consultó a Siegel (1980), Zar (1984) y Sokal y Rohlf (1999) y se trabajó con el paquete estadístico STATISTICA 7® (Statsoft, 2004). En todos los casos se comprobó la normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks. La homocedasticidad se comprobó mediante la prueba de Levene.

Los datos muestrales se trataron con estadísticos descriptivos como medias y desvío estándar (medias \pm desvío estándar). Debido a que varias variables de la estructura del canto no resultaron normales, se utilizó el test no paramétrico de Mann-Whitney para evaluar las

diferencias en las características del canto entre los sitios estudiados. Se realizaron análisis de correlación de Spearman para evaluar las asociaciones entre la temperatura ambiente y la humedad relativa con las variables del canto.

Para la estructura vegetal los datos fueron transformados por la raíz cuadrada para normalizarlos y se realizó un ANOVA a dos vías para ver el efecto del ambiente y la forma de vida sobre la cobertura vegetal y la altura. Para las variables de los árboles, Altura y DAP, se realizó un Modelo Linear Generalizado (GLM) entre los dos ambientes con distribución normal y función de enlace logarítmica. Para el número de árboles se realizó un test de bondad de ajuste.

RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DE LOS CANTOS

SALTATOR AURANTIROSTRIS

Todos los ejemplares involucrados en la descripción del canto son de la localidad de Valle Fértil, siendo esta la única locación donde se registró la especie. Fueron analizados 104 cantos de 18 individuos, siendo la mínima cantidad de cantos por individuo de 1 y el máximo de 10.

El canto del pepitero de collar es el más corto de las especies estudiadas (≈ 1 s), nunca superando los 1,5 s. La frecuencia cubre una amplitud que va desde los 1,6 kHz a los 8,6 kHz, con una frecuencia enfatizada de 3,7 kHz. El número de elementos varía considerablemente con un rango de 7 (mínimo = 2; máximo = 9) no modificando la sonoridad característica del canto (Tabla 1).

Del análisis de los espectrogramas se obtuvo un total de 44 elementos diferentes, de los cuales 11 se encontraron en más de 1 canto. Los elementos A, B, C y K se encuentran repetidos en 3 estructuras de canto diferentes, mientras que los elementos D, E, F, G, H, I y J se encuentran en solo 2 estructuras de canto (Figura 7).

Se pueden distinguir dos secciones en el canto, la primera consiste en notas cortas (de 1 a 6 notas) de poca amplitud con formas variables que van desde U y V a U y V invertidas y algunas notas cortas descendentes, la segunda sección se caracteriza por poseer una o dos notas de gran amplitud con formas ascendentes y descendentes variables que son las que le dan al canto su sonoridad característica (Figura 7). También se pudo observar en algunos casos el cambio de canto durante la misma secuencia de audio para algunos individuos, pero dicha frecuencia de cambio no se determinó en el presente estudio.

En la Tabla 2 se resumen los valores de las variables del canto obtenidas en el presente estudio y en los trabajos de Tubaro y Lijtmaer (2006) y Mason (2012).

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables medidas en los cantos de *S. aurantiirostris*. n = 104.

Variables	Media \pm DE	Mínimo	Máximo
Duración del canto (ms)	1004,02 \pm 179,57	654	1454
Número de elementos	4,40 \pm 1,34	2	9
Duración de cada elemento (ms)	156,97 \pm 37,61	82,89	288
Intervalo entre elementos (ms)	108,82 \pm 30,45	43	175,33
Frecuencia Máx. (Hz)	8687,91 \pm 833,79	6623	10118
Frecuencia Mín. (Hz)	1628,33 \pm 138,66	1257	2061
Frecuencia enfatizada (Hz)	3711,16 \pm 755,49	2497.90	6201
Ancho de banda (Hz)	7059,59 \pm 854,65	4826	8549

Tabla 2. Tabla comparativa de los valores obtenidos para las variables medidas en la estructura del canto de *S. aurantiirostris* en el presente estudio y en diferentes artículos publicados.

Variable	Presente estudio	Tubaro y Lijtmaer (2006)	Mason (2012)
Hábitat	Cerrado	Abierto	Cerrado
Nº de Individuos	18	34	31
Duración del canto (ms)	998	1209	1400
Nº de Notas	4,4	5,8	7,1
Duración de cada elemento (ms)	156	118	120
Inter entre elementos (ms)	108	127	120
Frecuencia máxima (Hz)	8688	7645	8427
Frecuencia mínima (Hz)	1628	1729	1296
Ancho de Banda (Hz)	7060	5915	7131
Frecuencia enfatizada (Hz)	3722	3707	3548

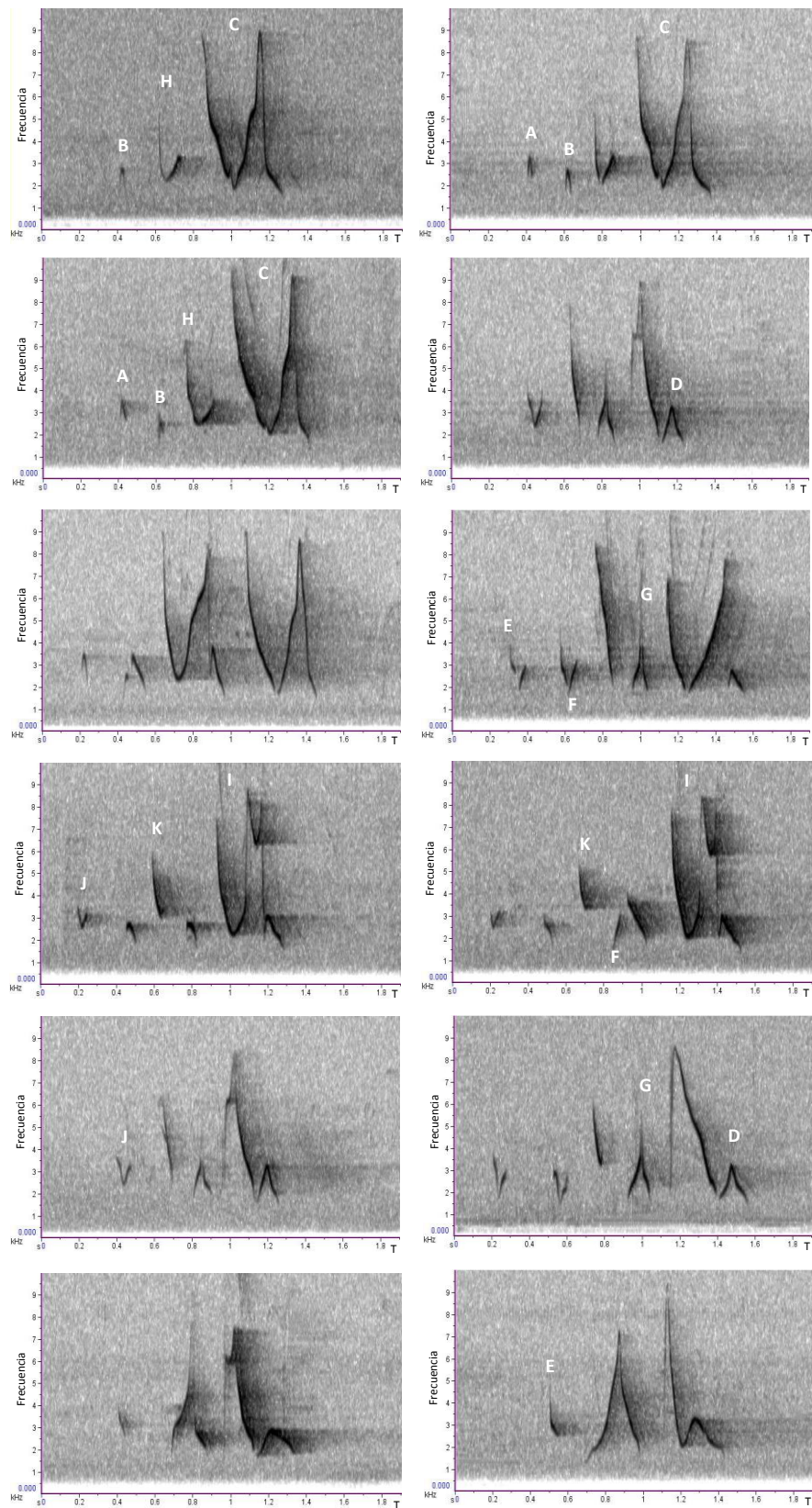


Figura 7. Espectrogramas obtenidos de los cantos de *S. aurantirostris*. Nótese la repetición de algunos elementos en diferentes cantos (marcados con la misma letra) y la variación del número de elementos que los componen. Solo se encuentran marcados los elementos que se encuentran repetidos en más de una estructura de canto.

TURDUS AMAUROCHALINUS

Debido a la dificultad para registrar la especie en el ambiente de Chaco seco, únicamente una grabación de 9 cantos, solo se tuvieron en cuenta los datos obtenidos en el Monte. Se utilizaron un total de 61 cantos pertenecientes a 8 individuos, siendo el mínimo número de cantos registrados para un individuo de 4 y el máximo de 10. El canto de este zorzal es muy variable en cuanto a la duración, siendo la media de 4,08 s. El número promedio de sílabas por canto fue de $6,05 \pm 1,96$, con un valor mínimo de 3 y un valor máximo de 11 y una duración media de $259,13 \pm 25,73$ ms e intervalos entre sílabas de $513,86 \pm 176,92$ ms. Es una especie que canta a baja frecuencia con respecto al resto, siendo el valor medio de la frecuencia enfatizada de $2517,54 \pm 237,1$ Hz (Tabla 3; Figura 8).

Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables medidas en los cantos de *T. amaurochalinus*. n = 61.

Variables	Media \pm DE	Mínimo	Máximo
Duración del canto (ms)	4080,02 \pm 1429,51	1637	7384
Número de sílabas	6,05 \pm 1,96	3	11
Duración de cada sílaba (ms)	259,13 \pm 25,73	162,88	312,2
Intervalo entre sílabas (ms)	513,86 \pm 176,92	194	1052,33
Frecuencia Máx. (Hz)	3390,30 \pm 188,16	2951	3742
Frecuencia Mín. (Hz)	1748,07 \pm 126,81	1373	2024
Frecuencia enfatizada (Hz)	2517,54 \pm 237,1	2067	3273
Ancho de banda (Hz)	1642,23 \pm 243,83	984	2223

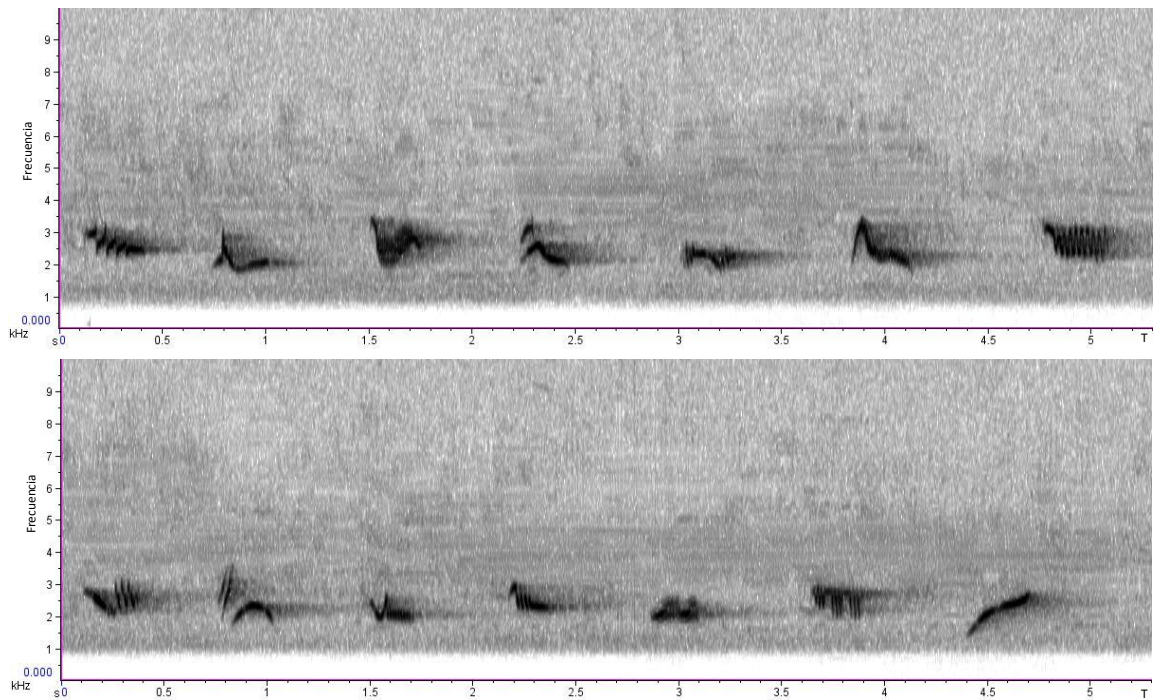


Figura 8. Estructura del canto de *T. amaurochalinus*. Se muestran dos espectrogramas a modo de ejemplo. En este caso el número de sílabas es el mismo, pero nótese las diferencias en el tipo de sílabas que componen cada canto.

Se identificaron un total de 160 sílabas diferentes, de las cuales 47 se encuentran presentes en más de un individuo, 37 se encontraron repetidas dentro de la secuencia de cantos de un mismo individuo y 76 sílabas se registraron únicamente en una ocasión. El tamaño del repertorio por individuo varió de 9 a 40 tipos de sílabas (Tabla 4). En la Figura 9 se presenta un catálogo de las sílabas más compartidas entre los individuos. Además, un total de 32 sílabas fueron compartidas únicamente por dos individuos, las cuales no se muestran en la figura.

Tabla 4. Se detalla el tamaño del repertorio para cada individuo, además de destacar las sílabas que utilizan en más de una ocasión (Sílabas repetidas) y las que utilizan únicamente una vez y tampoco comparten con ningún individuo (Sílabas únicas)

Individuo	Cantos	Repertorio	Sílabas repetidas	Sílabas únicas
1	4	9	6	3
2	7	36	28	8
3	9	38	28	10
4	10	32	16	16
5	10	40	28	12
6	7	21	16	5
7	8	31	23	8
8	6	23	9	14

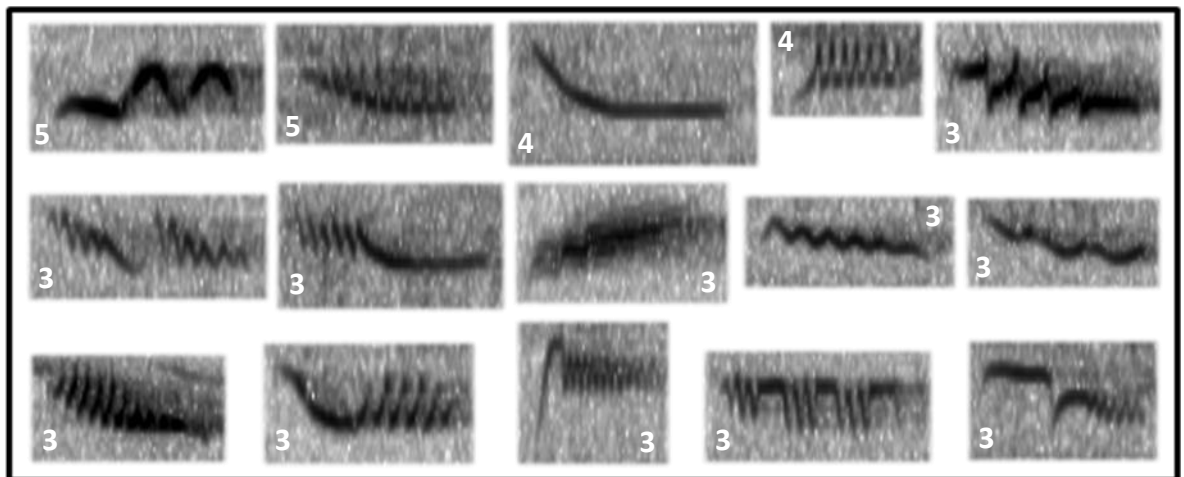


Figura 9. Catálogo de las sílabas más compartidas entre los individuos de *T. amaurochalinus*. Los números indican la cantidad de individuos por los que fueron compartidas.

Con respecto a la cantidad de sílabas compartidas, en la mayoría de los casos todos los individuos comparten al menos una sílaba entre sí (Tabla 5). Se obtuvo una media de sílabas compartidas entre los ejemplares de $4,38 \pm 4,34$ sílabas, lo que representa el 14 % del tamaño del repertorio promedio. No se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de sílabas compartidas y sílabas no compartidas que componen el repertorio de los individuos (Mann-Whitney: $U = 23$, $p = 0.848$) (Figura 10). Los individuos que se encontraban más cercanos entre sí presentaron repertorios más similares (mayor cantidad de sílabas compartidas) (Correlación de Spearman: $R = -0.513$, $p = 0.017$).

Tabla 5. Distancia (m) entre los puntos de grabación de cada individuo (mitad superior) de 7 individuos de *T. amaurochalinus* y número de sílabas compartidas (mitad inferior). Se muestra el tamaño del repertorio de cada individuo entre paréntesis.

Individuo	2 (36)	3 (38)	4 (32)	5 (40)	6 (21)	7 (31)	8 (23)
2	—	581	1172	87	295	455	527
3	4	—	1466	495	291	131	144
4	3	3	—	1215	1323	1412	1326
5	11	7	1	—	208	371	448
6	9	3	1	9	—	164	270
7	4	18	0	5	3	—	167
8	3	3	1	1	0	3	—
Total*	19	24	5	20	15	21	6

* Total de sílabas diferentes compartidas, ya que un individuo puede compartir las mismas sílabas con más de un individuo.

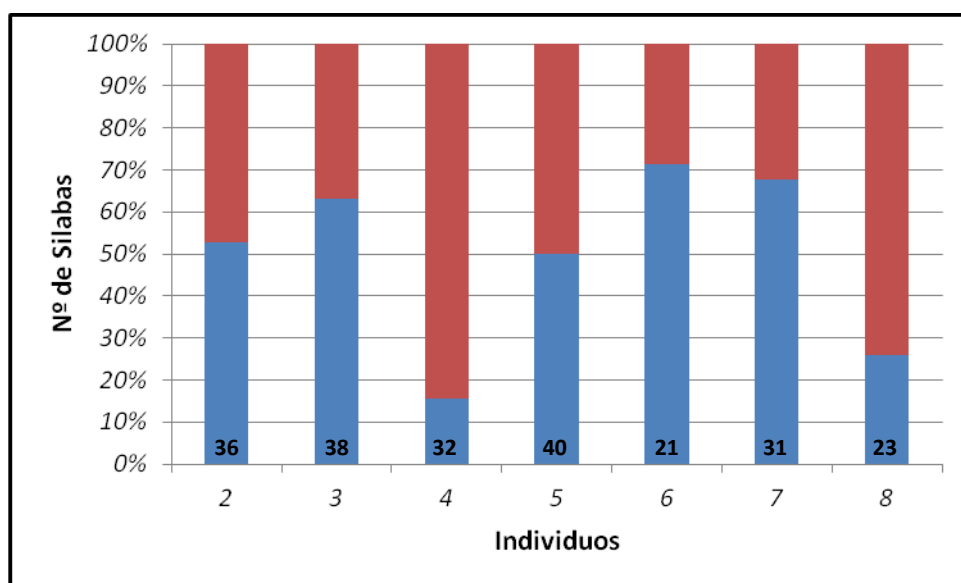


Figura 10. Proporción de sílabas no compartidas (rojo) y sílabas compartidas (azul) por cada individuo de *T. amaurochalinus* en el Monte. El número de sílabas que componen el repertorio se encuentra en la base de cada barra.

TROGLODYTES AEDON

Se utilizaron un total de 44 cantos pertenecientes a 5 individuos para el Chaco seco, siendo el mínimo número de cantos obtenidos por individuo de 4 y el máximo de 10, mientras que para el Monte se utilizaron un total de 36 cantos pertenecientes a 5 individuos, registrándose 2 cantos como valor mínimo y 10 como máximo. Debido a la complejidad del canto y a que la sección introductoria del mismo se encontraba demasiado borrosa en las grabaciones para ser analizada precisamente, solo se trabajó con la segunda sección (Platt y Ficken, 1987).

De las especies bajo estudio es la que presenta un canto de duración media, 2,4 s para el Chaco seco y 2,06 s para el Monte. Tiene un ancho de banda de 5626 Hz para el Chaco seco y de 5388 Hz para el Monte. Es a su vez la que presenta un mayor número de sílabas (Chaco seco = $13,07 \pm 6,58$; Monte = $7,61 \pm 2,27$), por ende también elementos, y solo teniendo en cuenta la segunda sección del canto (Tabla 6; Figura 11).

El canto puede dividirse en dos partes, de las cuales la primera es la porción introductoria con sílabas cortas y de baja amplitud y una segunda parte con sílabas de mayor amplitud, intensidad y duración (Platt y Ficken, 1987; Tubaro, 1990) (ver Figura 6).

Tabla 6. Estadística descriptiva de las variables medidas en los cantos de *T. aedon*. Para el Chaco seco, n = 44; para el Monte, n = 36.

Variables	Chaco seco		Monte	
	Media \pm DE	Mín./Máx.	Media \pm DE	Mín./Máx.
Duración del canto (ms)	2419,11 \pm 660,49	1630/3727	2065,44 \pm 332,7	1503/2913
Duración de la 1ª parte (ms)	1264,84 \pm 541,14	364/2319	1072,75 \pm 302,02	326/1578
Duración de la 2ª parte (ms)	1154,27 \pm 383,63	599/2107	992,69 \pm 278,4	599/1800
Número de sílabas	13,07 \pm 6,58	6/29	7,61 \pm 2,27	4/15
Número de tipos de sílabas	3,70 \pm 1,11	2/6	3,47 \pm 0,74	3/6
Frecuencia Máx. (Hz)	7336,52 \pm 925	5888/8909	7370,78 \pm 382,57	6580/7997
Frecuencia Mín. (Hz)	1710,05 \pm 256,84	1030/2222	1982,97 \pm 221,97	1500/2602
Frecuencia enfatizada (Hz)	3768,23 \pm 385,24	3187/4823	3713,22 \pm 345,01	2756/4393
Ancho de banda (Hz)	5626,48 \pm 954,87	4217/7134	5387,81 \pm 443,62	4654/6142

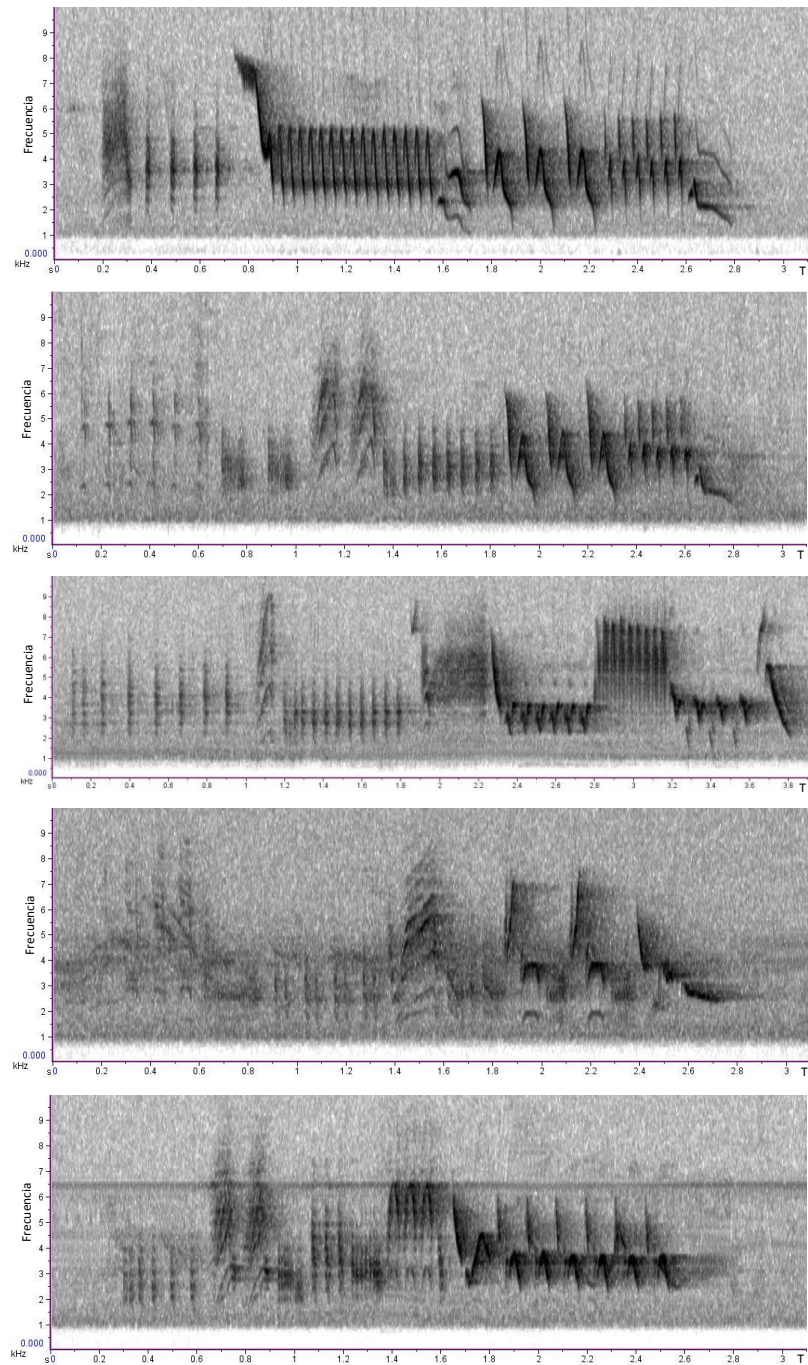


Figura 11. Espectrogramas obtenidos de los cantos de *T. aedon*. Nótese la repetición de diferentes sílabas formando frases y la variación del número que las componen. Los primeros 3 espectrogramas corresponden a individuos del Chaco seco y los 2 restantes a individuos del Monte.

Para el área Chaco seco se obtuvieron 20 sílabas diferentes. Del total, 16 no se encontraron en más de un individuo, de las cuatro restantes dos sílabas fueron compartidas por 3 individuos (sílabas D e I) y dos por solo 2 ejemplares (sílabas E y S) (ver Figura 12). Para el área de Monte se obtuvieron un total 21 sílabas, de las cuales 17 solo se encontraron en

un individuo, dos se encontraron en 3 individuos (sílabas Q y E), una se encontró en 4 individuos (sílabas C) y la restante en 2 individuos (sílabas G) (ver Figura 13).

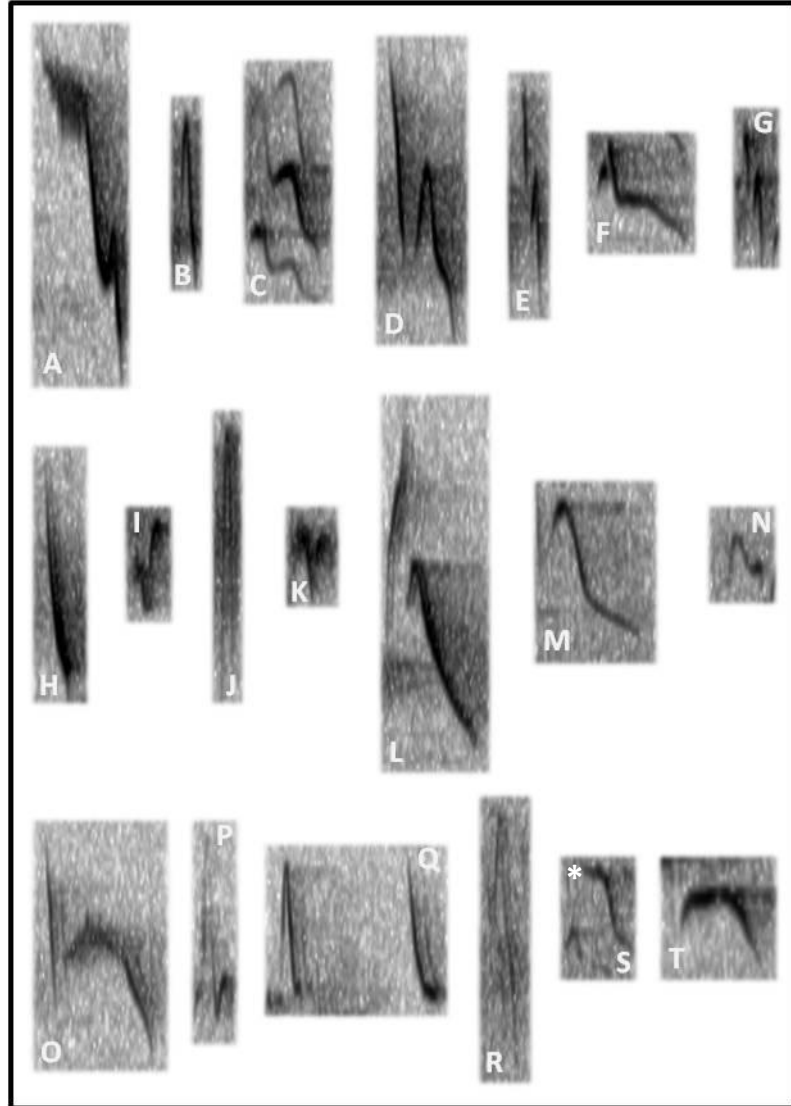


Figura 12. Catálogo de sílabas de *T. aedon* (segunda sección únicamente) para el ambiente de Chaco seco. * Sílabas que siempre ocupa la misma posición en la estructura del canto de los individuos que la comparten.

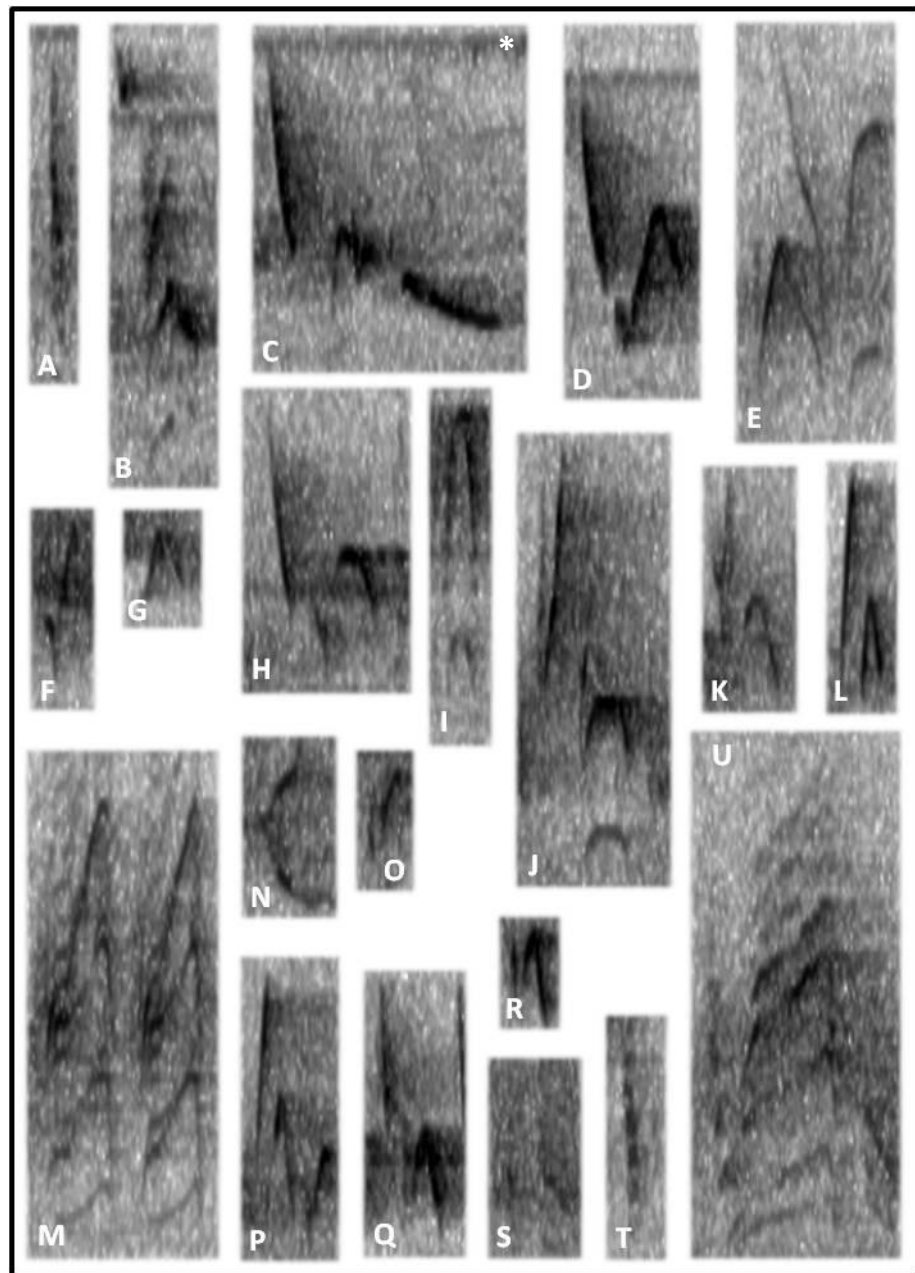


Figura 13. Catálogo de sílabas de *T. aedon* (segunda sección únicamente) para el ambiente de Monte. * Sílabas que siempre ocupa la misma posición en la estructura del canto de los individuos que la comparten.

Se puede destacar que cada parte del canto está conformada por diferentes tipos de sílabas de las cuales algunas se repiten en secuencia formando los trinos característicos del canto (Tubaro, 1990). Por otra parte se puede observar que para el Chaco seco la sílaba S y para el Monte la sílaba C la posición que ocupan en la estructura del canto no es al azar, sino que por el contrario siempre se encuentran al final del mismo.

Se encuentran en las grabaciones de las secuencias de canto, cambios en el tipo de canto. Se ha observado que dichos cambios se producen por la adición de frases o sílabas, por la supresión de frases o sílabas, o por la vocalización de un canto diferente.

ZONOTRICHIA CAPENSIS

Esta especie fue la más abundante en ambos ambientes. Para el Chaco Seco se registraron 80 cantos pertenecientes a 15 individuos, mientras que para el Monte se obtuvieron 141 cantos pertenecientes a 20 individuos. El número mínimo de cantos registrados por individuo fue de 1 y el máximo de 10. El canto del Chingolo se caracteriza por poseer dos secciones, la primera introductoria, formada por una a cuatro notas silbadas que pueden variar de forma, y la segunda es el trino que consiste en una serie de notas repetidas que pueden variar en cantidad y separación temporal, haciendo que el trino aparezca claramente marcado o que parezca que no lo hay (Nottebohm, 1969). El canto en rasgos generales dura 1,5 s formado por 4 o 5 elementos, en la mayoría de los casos son notas de forma descendente pero también las hay ascendentes, de acuerdo al número, forma y orden de las notas, pueden distinguirse diferentes introducciones. Presenta una frecuencia enfatizada de 4300 Hz y un ancho de banda que para el Chaco Seco fue de 3347 Hz y para el Monte de 2655 Hz (Tabla 7).

Si bien el número de elementos que presentan los cantos se mantiene entre 4 y 5, se pueden observar diferentes variaciones del canto para el Monte y el Chaco Seco que se presentan en la Figura 14.

Tabla 7. Estadística descriptiva de las variables medidas en los cantos de *Z. capensis*. Para el Chaco seco, n = 80; para el Monte, n = 141.

Variables	Chaco Seco		Monte	
	Media ± DE	Mín./Máx.	Media ± DE	Mín./Máx.
Duración del canto (ms)*	1466,83 ± 181,88	1189/1762	1588,163 ± 189,45	1120/1829
Número de elementos*	4,46 ± 0,5	4/5	4,872 ± 0,33	4/5
Duración de cada elemento (ms)	252,04 ± 24,65	199/307	257,338 ± 29,74	168/306,8
Intervalo entre elementos (ms)*	99,39 ± 19,17	68,25/140,33	84,550 ± 18,1	35,75/129
Frecuencia Máx. (Hz)*	6278,61 ± 347,3	5054/6975	5620,638 ± 344,25	4824/6332
Frecuencia Mín. (Hz)	2931,60 ± 161,46	2587/3201	2964,872 ± 143,07	2600/3294
Frecuencia enfatizada (Hz)	4341,08 ± 528,23	3531,4/5857	4272,855 ± 285,56	3617,6/5426
Ancho de banda (Hz)*	3347,01 ± 409,87	2170/4156	2655,766 ± 363,63	1816/3675

* Variables en las que se encontraron diferencias significativas entre los 2 ambientes.

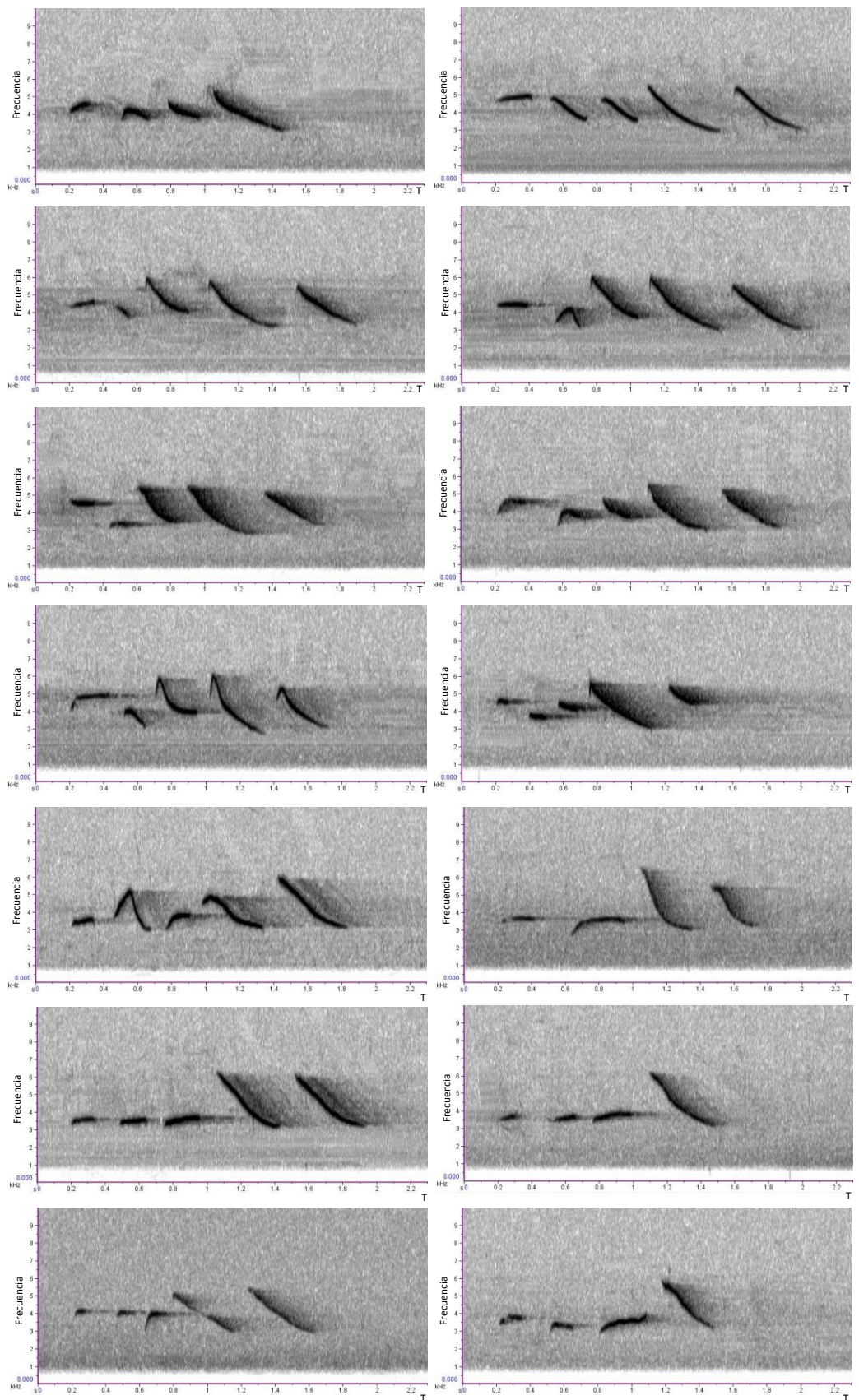


Figura 14. Estructuras del canto de *Z. capensis*. Los primeros 8 espectrogramas corresponden al Monte y los 6 restantes al Chaco Seco. Nótese el número de elementos y las variaciones en la forma de los elementos que los componen.

VARIACIÓN EN LA ESTRUCTURA DE LOS CANTOS

Con los datos obtenidos solo fue posible analizar la existencia de variaciones en la estructura de los cantos de dos de las cuatro especies, *T. aedon* y *Z. capensis*. Para esta sección del trabajo se obtuvo el canto promedio para cada individuo, por lo que el número de cantos analizados coincide con el de individuos muestreados.

TROGLODYTES AEDON

Para esta especie no se obtuvieron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas. Los valores del test de Mann-Whitney para las variables fueron: duración del canto (Mann-Whitney: $U = 11$, $p = 0,754$), duración de la primera sección del canto (Mann-Whitney: $U = 12$, $p = 0,916$), duración de la segunda sección del canto (Mann-Whitney: $U = 7$, $p = 0,25$), número de sílabas (Mann-Whitney: $U = 4,5$, $p = 0,094$), número de tipos de sílabas (Mann-Whitney: $U = 10,5$, $p = 0,676$), frecuencia máxima (Mann-Whitney: $U = 11$, $p = 0,754$), frecuencia mínima (Mann-Whitney: $U = 6$, $p = 0,174$), frecuencia enfatizada (Mann-Whitney: $U = 10$, $p = 0,601$) y ancho de banda (Mann-Whitney: $U = 10$, $p = 0,601$). El único valor que se puede destacar que se aproxima a ser significativo es el número de sílabas, con un valor de $p = 0,094$.

ZONOTRICHIA CAPENSIS

Para el Chingolo se obtuvieron diferencias significativas en 5 de las 8 variables analizadas. Los valores del test de Mann-Whitney para todas las variables fueron: duración del canto (Mann-Whitney: $U = 66$, $p = 0,005$), número de elementos (Mann-Whitney: $U = 64$, $p = 0,004$), duración de cada elemento (Mann-Whitney: $U = 121$, $p = 0,333$), intervalo entre elementos (Mann-Whitney: $U = 73$, $p = 0,01$), frecuencia máxima (Mann-Whitney: $U = 48$, $p = 0,001$), frecuencia mínima (Mann-Whitney: $U = 118,5$, $p = 0,294$), frecuencia enfatizada (Mann-Whitney: $U = 129$, $p = 0,484$) y ancho de banda (Mann-Whitney: $U = 48$, $p = 0,001$). En la Figura 15 se detallan los gráficos de box plot obtenidos para las variables que resultaron ser significativamente diferentes entre los dos ambientes.

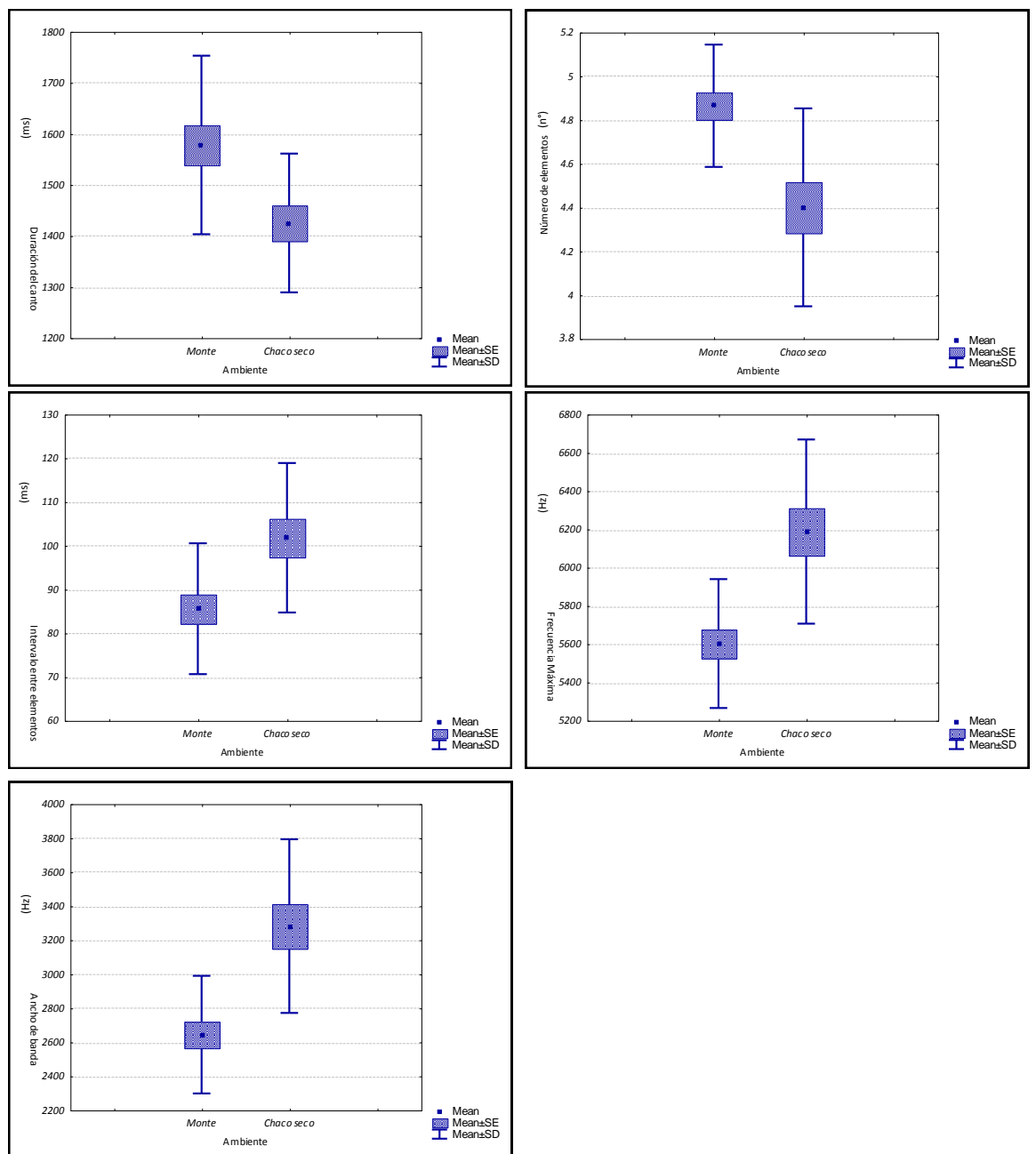


Figura 15. Gráficos de box-plot de las variables medidas para *Z. capensis* que resultaron significativamente diferentes.

En la tabla 8 se muestra un cuadro comparativo de los resultados obtenidos para las variables de *Z. capensis* en las que se obtuvieron diferencias significativas en relación a lo que propone la HAA.

Tabla 8. Cuadro comparativo de las variables significativamente diferentes para *Z. capensis* en relación a lo que propone Morton (1975) con su hipótesis de Adaptación acústica (Esperado) y los resultados obtenidos por el presente estudio (Obtenido). El signo positivo (+) indica mayor valor de la variable; el signo negativo (-) indica menor valor; los colores verde y rojo destacan la adecuación o no de los resultados con lo propuesto por la HAA respectivamente.

Variable	Monte (abierto)		Chaco Seco (cerrado)	
	Esperado	Obtenido	Esperado	Obtenido
<i>Temporales</i>				
Duración del canto	+	+	-	-
Número de elementos	+	+	-	-
Intervalo entre elementos	-	-	+	+
<i>De frecuencia</i>				
Frecuencia máxima	+	-	-	+
Ancho de banda	+	-	-	+

ESTRUCTURA VEGETAL

Para el Parque Provincial “Presidente Sarmiento” la vegetación dominante corresponde a vegetación típica del humedal y relictos del monte. Se obtuvieron un total de 12 especies (tener en cuenta que solo se discriminaron por especie las plantas superiores a 1,5 m), de las cuales las más frecuentes fueron Tamarindo (*Tamarix gallica*), Sauce Criollo (*Salix humboldtiana*), Carrizo (*Phragmites australis*), Caña de Castilla (*Arundo donax*), Chilca (*Baccharis salicifolia*) y el Pájaro Bobo (*Tessaria absinthioides*). Para el Parque Natural “Valle Fértil” la vegetación fue más diversa, se obtuvieron un total de 22 especies, de las cuales las más representativas fueron la Jarilla (*Larrea divaricata*), Algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*), Garabato (*Acacia furcatispina*), Tala (*Celtis tala*), Tusca (*Acacia aroma*) y Espinillo (*Acacia caven*).

Se realizó un test de ANOVA a dos vías para ver si tanto el ambiente como los grupos funcionales tenían influencia sobre la cobertura vegetal y la altura de la vegetación. Tanto para la cobertura vegetal como para la altura se encontraron diferencias significativas para el factor Grupo Funcional y la interacción de ambos factores (Tabla 9).

Tabla 9. ANOVA a dos vías con dos factores, ambiente y grupo funcional para las variables Cobertura vegetal y Altura. No se tuvo en cuenta el grupo funcional cactáceas.

Factores	Cobertura vegetal		Altura	
	F	p	F	p
Ambiente	2,545	0,118	0,001	0,973
Grupo funcional	3,052	0,038	31,433	0,000
Ambiente x Grupo funcional	7,905	0,000	2,955	0,04

Los grupos funcionales utilizados en los análisis fueron 4: Herbáceas, gramíneas, árboles y arbustos. Se descartaron las cactáceas ya que únicamente se encontró un ejemplar en la totalidad de las transectas realizadas. En la Figura 16 se presenta un gráfico de barras en donde se muestra los valores de cobertura vegetal y altura obtenidos para los diferentes grupos funcionales en ambos ambientes.

Se observan diferencias en las coberturas de los diferentes grupos funcionales. Las gramíneas solo se encontraron presentes en el Monte, las herbáceas si bien estuvieron presentes en ambos ambientes, la cobertura fue mayor en el Monte ($65,77 \pm 40,07$ %) con una altura promedio de 1,36 m. Con respecto a los arbustos, en el ambiente Monte solo se encontraron en una zona de relicto de la vegetación típica de monte, mientras que en el Chaco Seco, este fue un grupo funcional con gran cobertura y altura ($3,29 \pm 1,84$ m), además, cabe destacar que este grupo funcional cuenta con ramas de diversos diámetros que complejizan aún más el ambiente para la propagación de la señal acústica.

Con relación a los árboles la cobertura fue mucho mayor para el Chaco Seco ($81,59 \pm 34,84$ %). No se obtuvieron diferencias significativas entre ambos ambientes tanto para el DAP (GLM: $W = 1,740$, $p = 0,187$) como para la altura de los troncos (GLM: $W = 2,192$, $p = 0,139$). Si se obtuvieron diferencias significativas para el número de árboles entre los dos ambientes (test de bondad de ajuste: $\chi^2 = 21,536$; $p < 0,01$), siendo mayor la cantidad de árboles presentes en el Chaco Seco que en el Monte. En el Monte al ser una zona de humedal los árboles estuvieron representados únicamente por *S. humboldtiana* y ejemplares de *T. gallica* de pequeño porte (Tabla 10).

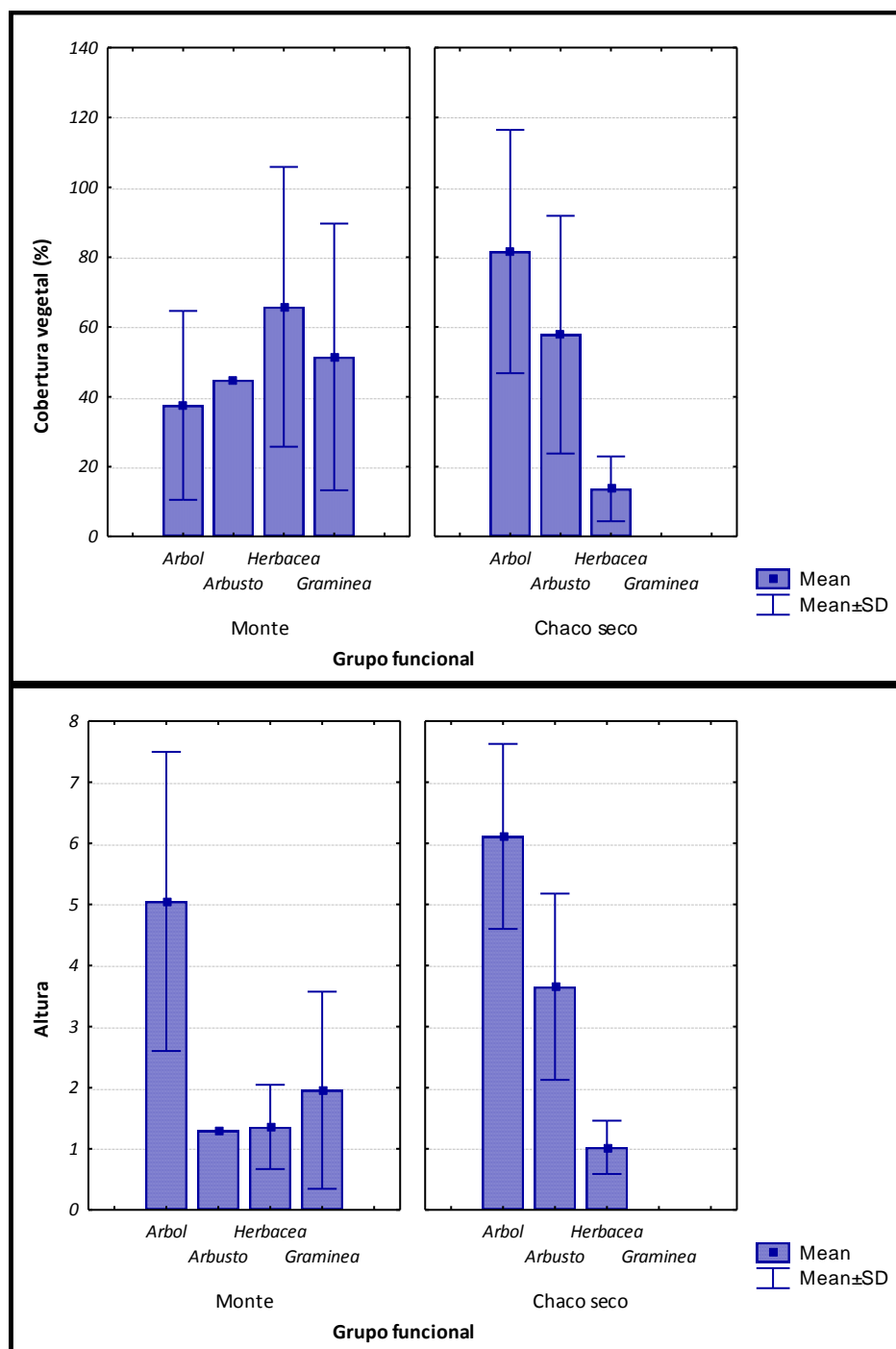


Figura 16. Gráfico de barras para los grupos funcionales en ambos ambientes en relación a la cobertura vegetal y la altura. Nótese la diferencia entre los ambientes para los grupos funcionales gramínea y herbácea por un lado y arbusto y árbol por otro.

Tabla 10. Estadística descriptiva de los grupos funcionales para ambos ambientes. Se detallan la cobertura y la altura como media \pm desviación estándar. Las barras horizontales en Gramínea indican la ausencia de datos en ese ambiente.

Grupo Funcional	Monte		Chaco Seco	
	Cobertura (%)	Altura (m)	Cobertura (%)	Altura (m)
Árbol	37,53 \pm 27,04 (n = 7)	5,05 \pm 2,45	81,59 \pm 34,84 (n = 10)	6,11 \pm 1,51
Arbusto	44,83 (n = 1)	1,3	52,02 \pm 36,94 (n = 10)	3,29 \pm 1,84
Herbácea	65,77 \pm 40,07 (n = 9)	1,36 \pm 0,69	13,63 \pm 9,28 (n = 9)	1,02 \pm 0,44
Gramínea	51,4 \pm 38,2 (n = 7)	1,96 \pm 1,61	—	—

RELACIÓN ENTRE VARIABLES DEL CANTO Y CARACTERÍSTICAS MICROCLIMÁTICAS

Se aplicaron correlaciones de Spearman entre las variables del canto de las 4 especies y las variables micro-climáticas temperatura y humedad relativa. Para *Z. capensis* y *T. aedon* se tuvieron en cuenta los individuos de ambos ambientes tanto en conjunto como por separado, y para *S. aurantiirostris* y *T. amaurochalinus* los individuos del ambiente donde se los registró.

Se obtuvieron escasas relaciones, en la mayoría de los casos relaciones débiles y únicamente con respecto a la humedad relativa. Se detallan en la Tabla 11 las correlaciones significativas obtenidas para las cuatro especies y en la Figura 17 los diagramas de dispersión obtenidos para cada una de las correlaciones.

Tabla 11. Correlaciones de Spearman, mostrando únicamente las variables para las que se obtuvo un valor significativo ($p < 0,05$). Para *Z. capensis* y *T. aedon* las correlaciones se obtuvieron teniendo en cuenta los individuos de ambos ambientes en conjunto.

Especie	Variable del canto	Humedad relativa	
		R	p
<i>Z. capensis</i>	Intervalos entre elementos	-0,377	0,025
	Frecuencia máxima	-0,396	0,019
	Frecuencia mínima	0,418	0,012
	Ancho de banda	-0,436	0,009
<i>T. aedon</i>	Número de sílabas	-0,665	0,036
<i>S. aurantiirostris</i>	Frecuencia enfatizada	0,582	0,023
<i>T. amaurochalinus</i>	Número de sílabas	0,802	0,017

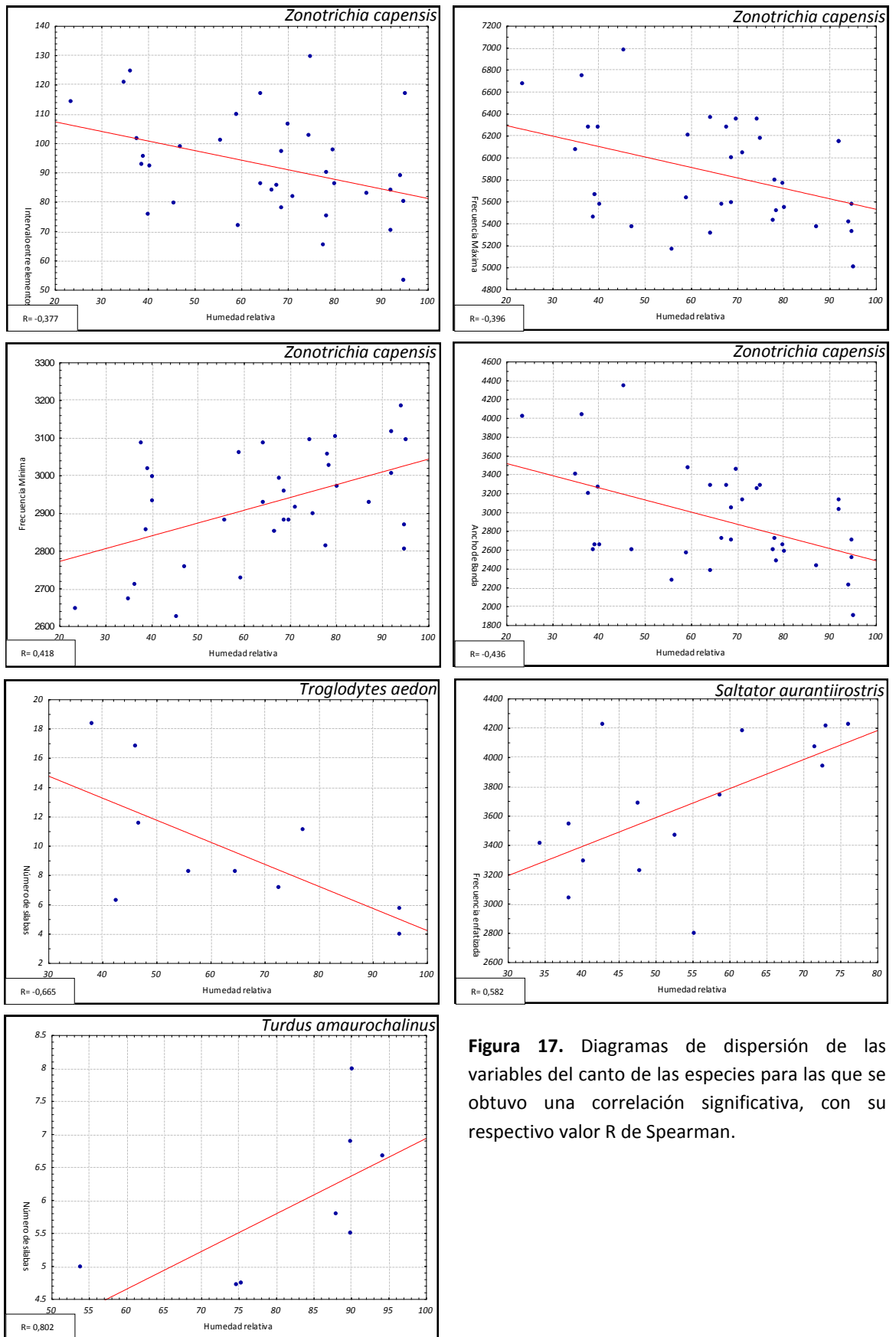


Figura 17. Diagramas de dispersión de las variables del canto de las especies para las que se obtuvo una correlación significativa, con su respectivo valor R de Spearman.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En el presente estudio se describe por primera vez el canto de *T. amaurochalinus* para la avifauna de Argentina y el de *T. aedon* y *S. aurantirostris* para la provincia de San Juan. Además se aportan nuevos datos sobre el dialecto de *Z. capensis* en esta área del país y su relación con la HAA, tema conflictivo hasta el presente. La descripción de los cantos sirve como base para futuros trabajos e investigaciones. Por ejemplo, aplicación de la HAA para las especies *S. aurantirostris* y *T. amaurochalinus* con cantos que se pudiesen obtener de otros ambientes, ya sean o no de ambientes propios de nuestra provincia; datos que sirven como base para estudios en los que se evalúa la HAA de forma interespecífica, abarcando toda la avifauna de ambientes diferentes (Wiley, 1991; Blumstein y Turner, 2005; Agnihotri, 2006; Tubaro y Lijtmaer, 2006) como así también datos que se pueden aplicar a investigaciones en donde lo que se busca es ver como actualmente la contaminación sonora de las ciudades puede afectar el canto de las aves (Luther y Baptista, 2009).

En *S. aurantirostris*, se considera que los resultados obtenidos para el Chaco Seco (ambiente que ha sido considerado como cerrado), presenta tanto valores semejantes como diferentes a los obtenidos por Tubaro y Lijtmaer (2006) y Mason (2012). Puede destacarse la diferente duración de los cantos, probablemente producto del diferente número de notas que los componen, siendo el presente estudio el que ha tenido los menores valores para ambas variables, las cuales si se comparan únicamente con el trabajo de Tubaro y Lijtmaer (2006), reflejarían una tendencia a apoyar la HAA (ver Tabla 2). La frecuencia mínima obtenida para *S. aurantirostris* en Valle Fértil es más similar a la obtenida por Tubaro y Lijtmaer (2006) en un ambiente que consideraron abierto que a la obtenida por Mason (2012) en lo que consideró un ambiente cerrado (ver Tabla 2). También se puede destacar que el menor ancho de banda fue obtenido por Tubaro y Lijtmaer (2006) en lo que consideraron un ambiente abierto, lo que estaría en contradicción con lo que predice la HAA.

En relación a estas comparaciones, cabe agregar que los autores mencionados tuvieron un enfoque interespecífico para poner a prueba la HAA, lo que implica que no han trabajado únicamente con *S. aurantirostris* como especie de estudio. Tubaro y Lijtmaer (2006) no especifican el origen de los cantos y consideran a dicha zona un ambiente abierto y al

matorral un ambiente mixto y nosotros. Así, hemos considerado al monte (matorral) como un ambiente abierto.

Además, el estudio de Mason (2012) es muy amplio en cuanto a la cantidad de especies y ambientes estudiados, que de todos los ambientes destacados para *S. aurantirostris* como cerrados, algunos podrían bien formar parte de la categoría abiertos (por ejemplo, matorral árido). Por estas circunstancias hay que tener prudencia a la hora de realizar comparaciones con dichos estudios, pero los resultados obtenidos bien pueden servir como parámetro para futuros trabajos específicos con la especie.

Lamentablemente la información actual acerca del canto de *T. amaurochalinus*, no nos permite realizar comparaciones con otros trabajos similares debido a su inexistencia. Como se destacó para *T. amaurochalinus* no se encontraron diferencias significativas en la composición de sílabas compartidas y no compartidas que componen el repertorio de los individuos (ver Figura 10), contrario a lo que obtuvo Vargas-Castro (2012) para *Turdus grayi*, en el que el repertorio se encontró conformado por mayor cantidad de sílabas no compartidas. La estructura del canto al estar conformada por sílabas compartidas y no compartidas, implica por un lado que las sílabas no compartidas podrían servir para el reconocimiento individual de las aves (Falls, 1982), mientras que la presencia de sílabas compartidas daría cuenta del aprendizaje social entre machos vecinos (Beecher y Burt, 2004).

Como se destacó en los resultados *T. amaurochalinus* presentó un tamaño de repertorio de entre 9 y 40 sílabas diferentes, lo que supera el límite superior de los repertorios obtenidos en otros turdidos, el cual está comprendido de 6 a 25 tipos de sílabas (Johnson, 2006; Toru, 2006; Vargas-Castro, 2012).

En relación al canto de *T. aedon* su división en dos secciones se asemeja a lo obtenido en otros estudios (Kroodsma, 1973; Tubaro, 1990). El hecho de que la primer sección del canto presenta baja amplitud e intensidad, lo que impidió un análisis detallado de la misma, podría deberse a que está dirigida a la pareja, la cual probablemente se encontrara en las proximidades (Platt y Ficken, 1987).

El tamaño de repertorio de sílabas obtenido para los dos ambientes (20 y 21 tipos de sílabas de 5 individuos en cada ambiente) es similar al obtenido por Platt y Ficken (1987), (26 tipos de sílabas para un estudio de 4 individuos), teniendo en cuenta que en ambos estudios únicamente se consideró la segunda sección del canto y el número de individuos fue similar.

Debido a que esta especie tiene un amplio repertorio el aumento del tamaño muestral debería aumentar significativamente el repertorio de tipo de sílabas, así lo refleja lo obtenido por Kroodsma (1973), con repertorios de 37 a 90 tipos de sílabas.

T. aedon como todo passeriforme oscine tiene aprendizaje del canto, el mismo puede darse por imitación o por improvisación, o un conjunto de ambos (Nottebohm, 1970). En este caso, al igual que lo obtenido por Kroodsma (1973), Platt y Ficken (1987) y Tubaro (1990) se encontraron sílabas compartidas entre los individuos en ambos ambientes, lo que indicaría al menos en cierto grado el aprendizaje por imitación en la especie. Kroodsma (1973) no solo destaca el aprendizaje por imitación de la especie sino que también encontró que algunos ejemplares de *T. aedon* imitaban algunos cantos de *Thryomanes bewickii* en áreas donde ambas especies tenían sus territorios solapados y los ejemplares de *T. aedon* se encontraban aislados.

Para esta especie no se obtuvieron diferencias significativas en la puesta a prueba de la HAA. El resultado particular que se puede destacar es el obtenido para el número de sílabas (Mann-Whitney: $U = 4,5$, $p = 0,094$), cuya tendencia de todas maneras, opuesto a lo que propone la HAA es mayor en el Chaco Seco (ambiente cerrado) que en el Monte (ambiente abierto). Tubaro (1990) observa una diferencia en el número medio de tipos de sílabas por canto y una tendencia en la variación de ciertas variables (número de tipo de sílabas, canto más corto y mayor separación temporal de las sílabas) para la misma especie entre los dos ambientes de su estudio, las cuales argumenta podrían ser el resultado de la relación con ciertas características del hábitat, pero al igual que en el presente estudio, destaca que el bajo número de individuos registrados en cada ambiente, podría ser una causa por la cual no se observen diferencias significativas. Por otro lado, al igual que Tubaro (1990) y Platt y Ficken (1987) se encontraron sílabas compartidas entre los individuos que lejos de estar distribuidas al azar en la estructura del canto, siempre se encontraron en la misma posición, al inicio o al final de la sección del canto.

Si bien en el presente estudio no se ha determinado la frecuencia de cambio de canto en cada ejemplar, se ha podido observar este fenómeno en las secuencias de canto de algunas grabaciones, por lo que al igual que lo que propone Kroodsma (1977) y Tubaro (1990), *T. aedon* se puede considerar una especie que tiene “variación eventual” del canto, es decir, repite un determinado número de veces el mismo canto y luego lo cambia por otro de su repertorio (Marler y Slabbekoorn, 2004).

El Chingolo ha recibido mucha atención y estudio por parte de investigadores a nivel mundial en materia de bioacústica, es una especie considerada como referente en la literatura (Marler y Slabbekoorn, 2004). Si bien su distribución es muy amplia (desde el sur de México hasta Tierra del Fuego, Argentina), particularmente en nuestro país se ha comprobado que la especie presenta características distintivas respecto a la estructura de su canto (Handford, 2005). Este passeriforme presenta dialectos, es decir, variaciones del canto entre diferentes poblaciones (Nottebohm, 1969), pero por sobre todo tiene la particularidad que dichas variaciones están relacionadas con las características de los hábitats donde se lo encuentra.

El canto del Chingolo se divide en dos secciones, la introducción y el trino. La introducción puede variar de un individuo a otro, mientras que las características del trino se mantienen estables en grandes áreas homogéneas, únicamente variando entre hábitats, originando así los diferentes dialectos (Nottebohm, 1969; Handford, 1981).

La especie ha sido estudiada tanto en el este del país (Nottebohm, 1969; Tubaro et al., 1993; Tubaro y Segura 1994; Kopuchian, 2004; Lijtmaer y Tubaro 2007), como en el oeste (King, 1972; Handford 1981, Handford, 1988, Handford y Loughheed, 1991). Centrándonos en el oeste, los estudios revelan una asociación de las características del trino con las características del hábitat como lo propone la HAA, es decir, trinos con intervalos entre elementos más largos en ambientes cerrados, con respecto a los abiertos. Siguiendo esta regla, el Monte parece ser un área particular donde aparecen inconsistencias, es decir, el canto no presenta las características que se esperarían encontrar. Debido a esta dificultad, los resultados se basan en parámetros obtenidos del canto completo de los ejemplares. De las 5 variables para las que se obtuvieron diferencias significativas, las que estarían apoyando la hipótesis son las 3 variables temporales de la estructura del canto, es decir, se obtuvo mayor duración del canto, mayor número de elementos y menor intervalo entre elementos para el Monte (ambiente abierto) que para el Chaco Seco (ambiente cerrado). Por otro lado las variables de frecuencia para las cuales se obtuvieron diferencias significativas son opuestas a lo que propone Morton (1975), es decir la frecuencia máxima y el ancho de banda fueron mayores en el ambiente cerrado (ver Tabla 8).

Los resultados obtenidos en las variables de frecuencia para *Z. capensis* son opuestos a lo que propone la HAA, pero contribuyen a aportar evidencias de que los resultados en estas variables pueden ser diversos y que no se corresponden con las características del hábitat de

forma tan consistente como sí se observa para las variables temporales de la estructura del canto. Por ejemplo, los trabajos de Lijtmaer y Tubaro (2007) y Kopuchian et al. (2004) obtienen diferencias en determinadas variables de frecuencia entre los ambientes que apoyan lo que predice la HAA, mientras que los trabajos de Nottebohm (1975), Handford y Loughheed (1991) y Tubaro y Segura (1994) obtienen resultados opuestos a la HAA. Handford y Loughheed (1991) encontraron menor ancho de banda en dialectos con menor intervalo de trino, en el presente estudio, el menor ancho de banda coincidió con el menor intervalo entre elementos. Esta relación que se da entre las variables podría indicar que las variables de frecuencia de la estructura del canto se encuentren limitadas por las variables temporales, pudiendo por ejemplo ser el resultado de limitaciones fisiológicas (Podos, 1997). Lo esperado en un ambiente abierto donde el efecto del viento genera ruido de baja frecuencia, sería que la especie presente cantos de frecuencia más alta, sin embargo, los resultados aquí obtenidos, al igual que los de Handford (1991) muestran lo opuesto. Una explicación que los resultados sean opuestos a lo esperado podría deberse a que, como lo argumenta Handford (1988), otra variable esté jugando un papel importante. Así, la avifauna del ambiente, al presentar diferencias en las especies que la componen podría generar diferencias en las presiones selectivas sobre el canto de la especie.

Los resultados obtenidos en las variables temporales coinciden con los resultados propuestos por la HAA. Si bien Handford (com. pers.) considera al canto en los dos ambientes estudiados como “dialecto de Monte Norteño” (la división con el dialecto Chaqueño que él propone se encuentra más al este de nuestro sitio de muestreo, en la provincia de La Rioja), los resultados demuestran que aun así existen diferencias entre ambos ambientes. Los datos aportan consistencia a los resultados previos obtenidos, en lo que respecta al menos a las variables temporales, la estructura del canto se relaciona con las características del hábitat a la escala estudiada (Nottebohm, 1969; Handford, 1991). Un caso que se puede destacar es el obtenido por Tubaro y Segura (1994) y Lijtmaer y Tubaro (2007) que encontraron en la provincia de La Pampa el canto con intervalo de trino más largo en el ambiente abierto, es decir, un patrón inverso al esperado para la especie. Los autores argumentan que podría ser el resultado de los fuertes vientos en dicho ambiente lo que genera el canto observado.

Como se destacó anteriormente, la otra inconsistencia en el sistema de dialectos de la especie es la presencia del canto “anómalo” en el área de Monte. Esta merece especial

atención por ser la zona donde se desarrolló el presente estudio. Los cantos obtenidos al igual que lo descrito por Handford (1981; 1988; 1991) son cantos que a diferencia del resto de los dialectos no coincide con las características del hábitat. En un hábitat donde lo esperado serían trinos con intervalos entre notas cortas, lo que se observan son trinos con intervalos entre notas muy largos, tanto que pareciera que el canto no presenta trino, o genera incertidumbre a la hora de delimitar claramente las dos partes (introducción y trino) . Handford (1991) explica esta anomalía a través de lo que llama un fenómeno de “fenocopia comportamental”, esto es, la adquisición durante la ontogenia del individuo de un fenotipo comportamental. Para el caso del presente estudio donde el Monte entra en contacto con el Chaco (ambiente con intervalos de trino relativamente lento), el fenómeno se daría por un desaceleramiento del trino. Handford (2005) también propone que el canto del Chingolo en el Monte podría deberse a que originalmente, antes de la explotación europea, existían muchos bosques en galería de algarrobos, bajo esas circunstancias el canto si coincidiría con las características del hábitat. Esta propuesta pareciera poco probable ya que si bien la presencia de árboles pudiese haber sido mucho mayor, la característica estructural dominante del monte (hábitat arbustivo) se mantiene en la actualidad y debería ser el componente primordial en modelar los cantos.

Por último para el Chingolo ha de destacarse que Handford (1988), Handford y Loughheed (1991) y Kopuchian (2004) encontraron que el dialecto de las poblaciones parece estar asociada a la vegetación original del lugar, ya que las características del canto coinciden con la misma más que con la vegetación actual. Que el dialecto siga siendo el de la vegetación original explican, podría deberse a que la densidad poblacional aumenta en gran medida en los ambientes modificados, esto lleva a que los individuos estén más cercanos entre si haciendo que los cantos viajen menores distancias entre el emisor y sus vecinos, disminuyendo así las presiones selectivas para la disminución de la degradación del canto por el ambiente. Estos resultados apoyan la elección del Parque “Presidente Sarmiento” como sitio de muestreo para el monte.

Con respecto a las variables microclimáticas, si bien en la teoría la humedad debería mejorar la propagación de la señal acústica (Wiley y Richards, 1982), no hay trabajos realizados con aves donde se demuestre una relación directa entre las características del canto y la variación de los parámetros microclimáticos.

En tanto que, se han encontrado efectos de la temperatura en el llamado de algunos mamíferos (Larom et al., 1997), los resultados obtenidos pueden servir como base para realizar trabajos específicos estudiando la relación que podría existir entre las variaciones del canto y las características microclimáticas.

Con respecto a los ambientes ha de destacarse que los investigadores que realizan trabajos sobre la HAA solo clasifican los ambientes como “abiertos” y “cerrados” en base a categorizaciones generales (por ejemplo, regiones fitogeográficas). Mientras que en el presente estudio se ha descrito y diferenciado la estructura vegetal de los 2 ambientes. Debido a que las conclusiones que se han obtenido en la temática son muchas veces dispares o poco concluyentes, hacer un mayor hincapié en la diferenciación de los ambientes, sobre todo en casos donde las diferencias no son tan contrastantes, podría ayudar a obtener conclusiones más acotadas y quizás encontrar relaciones particulares entre las características estructurales de la vegetación y la variación de los cantos (Kopuchian, 2004). Otro aspecto positivo de caracterizar el ambiente sería el poder generar la medición estandarizada de ciertos parámetros (por ejemplo, algunos de los analizados en el presente estudio), lo que permitiría comparaciones más exhaustivas y concisas entre trabajos de diferentes autores, considerando así de la misma manera un ambiente cerrado, mixto o abierto.

En conclusión se ha obtenido un apoyo parcial para la HAA, sin embargo como se ha visto, el alcance de la misma puede variar con las especies analizadas, los ambientes en los que se trabaje, y el enfoque de estudio utilizado. Ha de tenerse en cuenta que el canto es un fenómeno complejo y es por ello que muchas veces no se lo puede explicar únicamente por medio del modelo que propone dicha hipótesis, ya que existe una trama compleja de factores entre los que se encuentran la relación con predadores, parásitos, costo energético y ruido ambiental entre otros, que moldean la evolución acústica del canto de las aves.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham E.**, del Valle H.F., Roig F., Torres L., Ares J.O., Coronato F. y Godagnone R. 2009. Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 73:144–153.
- Adobe Systems Incorporated.** 2007. Adobe Audition (Version 3.0) [Computer software]. San José, California, USA.
- Agnihotri S.** 2006. Habitats and Song Structure: Testing the Acoustic Adaptation Hypothesis. Master of Science Wildlife Biology and Conservation. The Manipal Academy of Higher Education (Deemed University). Pp. 80.
- Alvarez J.A.**, Villagra P.E., Cony M.A., Cesca E.M. y Boninsegna J.A. 2006. Estructura y estado de conservación de los bosques de *Prosopis flexuosa* D.C. (Fabaceae, subfamilia: Mimosoideae) en el noreste de Mendoza (Argentina). *Revista Chilena de Historia Natural*, 79:75–87.
- Amaya E.**, Benegas L. y Albrieu C. 2011. Tierra del Fuego, aves, Argentina. 1ª Ed. Editorial Utopías; Editora Cultural Tierra del Fuego. Tierra del Fuego, Argentina. Pp 336.
- Andresen J.W.** y McCormick J. 1962. An evaluation of devices for estimation of free cover. *Broteria Série Trimestral Ciências Naturais*, 31(1):15–30.
- Administración de Parques Nacionales.** 1999. Sistema de Información sobre Biodiversidad. www.sib.gov.ar (Consultado el 4/02/2013).
- Beecher M.** y Burt J. 2004. The role of social interaction in bird song learning. *Current Directions in Psychological Science*, 13:224–228.
- 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>.
- Blumstein D.T.** y Turner A.C., 2005. Can the acoustic adaptation hypothesis predict the structure of Australian birdsong?. *Acta ethologica*, 15:35–44.
- Boncoraglio G.** y Saino N. 2007. Habitat structure and the evolution of bird song: a meta-analysis of the evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Functional Ecology*, 21:134–142.

- Brown** A., Martínez Ortiz U., Acerbi M. y Corcuera J. 2006. La Situación Ambiental Argentina 2005. 1ª Ed. Editorial Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, Argentina. Pp. 587.
- Brumm** H. y Naguib M. 2009. Environmental Acoustics and the Evolution of Bird Song. En: Advances in the Study of Behavior. Vocal Communication in Birds and Mammals. Volumen 40. Naguib M., Janik V.M., Zuberbühler K., Clayton N.S. (Eds.). Editorial El Sevier. California, USA. Pp. 1–26.
- Cabrera** A. 1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia de agricultura y jardinería. Tomo II, Fascículo 1. Editorial ACME. Buenos Aires, Argentina. Pp. 85.
- Calí** R., Unterkofler D., Martínez F. y Raggio J. 2008. Aves silvestres de Mendoza, Argentina. 1ª Ed. Editorial YPF. Buenos Aires, Argentina. Pp. 250.
- Catchpole** C.K. y Slater P.J.B. 2008. The Study of Bird Song. En Bird song: Biological themes and variations. Cathpole C.K. y Slater P.J.B. (Eds.). Editorial Cambridge University Press. New York, USA. Pp. 1–18.
- Collins** S. 2004. Vocal fighting and flirting: the functions of birdsong. En: Nature's Music: The Science of Birdsong. Marler P. y Slabbekoorn H. (Eds.). Editorial El Sevier. California, USA. Pp. 39–79.
- Conti** G., Enrico L. y Casanoves F. 2013. Shrub biomass estimation in the semiarid Chaco forest: a contribution to the quantification of an underrated carbon stock. *Annals of Forest Science*, 70(5):515–524.
- Dalmasso** A., Márquez J. y Hadad M. 2007. Vegetación de la Quebrada del Visco, Valle Fértil-San Juan. *Multequina*, 16:161–166.
- Doutrelant** C., Leitao A., Giorgi M. y Lambrechts M.M. 1999. Geographical variation in blue tit song, the result of an adjustment to vegetation type?. *Behaviour*, 136:481–493.
- Falls** J.B. 1982. Individual recognition by sound in birds. En: Acoustic communication in birds. Volumen 2. Song learning and its consequences. Kroodsma D.E. y Miller E.H. (Eds.). Editorial Academic Press, New York, USA. Pp. 237–278.
- Handford** P. 1981. Vegetational Correlates of Variation in the song of *Zonotrichia capensis*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 8:203–206.
- Handford** P. 1988. Trill rate in the Rufous-collared sparrow, *Zonotrichia capensis*, in northwestern Argentina. *Canadian Journal of Zoology*, 66:2658–2670.

- Handford** P. 2005. Latin Accents: Song Dialects of a South American Sparrow. En: Birding. Volumen 37, Número 5. Ted Floyd (Ed.). Editorial American Birding Association, USA. Pp. 510–519.
- Handford** P. y Loughheed S.C. 1991. Variation in duration and frequency characters in the song of the rufous-collared sparrow, *Zonotrichia capensis*, with respect to habitat, trill dialects and body size. *The Condor*, 93:644–658.
- Johnson** S. 2006. Do American Robins acquire songs by both imitating and inventing?. *Wilson Journal of Ornithology*, 118:341–352.
- King** J. R. 1972. Variation in the song of the rufous-collared sparrow, *Zonotrichia capensis*, in northwestern Argentina. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 30:344–373.
- Krebs** C.J. 1999. Ecological methodology. 2nd. Ed. Editorial A. Wesley Longman, New York, USA. Pp. 620.
- Kroodsma** D.E. 1973. Coexistence of Bewick's wrens and House wrens in Oregon. *Auk*, 90:341–352.
- Kroodsma** D.E. 1977. Correlates of song organization among North American wrens. *The American Naturalist*, 109:995–1008.
- Larom** D., Garstang M., Payne K., Raspet R. y Lindeque M. 1997. The influence of surface atmospheric conditions on the range and area reached by animal vocalizations. *Journal of Experimental Biology*, 200:421–31.
- Lijtmaer** D.A. y Tubaro P.L. 2007. A reversed pattern of association between song dialects and habitat in the rufous-collared sparrow. *The Condor*, 109:658–667.
- Luther** D. y Baptista L. 2009. Urban noise and the cultural evolution of birds songs. *Proceedings of The Royal Society*, 277:469–473.
- Maestre** F.T. y Escudero A. 2009. Is the patch size distribution of vegetation a suitable indicator of desertification processes?. *Ecology*, 90:1729–1735.
- Márquez** J. 1999. Las Áreas protegidas de la Provincia de San Juan. *Multequina*, 8:1–10.
- Marler** P. y Slabbekoorn H. 2004. Nature's Music: The Science of Birdsong. Editorial El Sevier. California, USA. Pp. 532.
- Mason** N. 2012. Song complexity and its evolutionary correlates across a continent-wide radiation of songbirds. Master of Science in Biology. Faculty of San Diego State University. Pp. 90.

- Morton** E.S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *American Naturalist*, 08:17–34.
- Nottebohm** F. 1969. The song of the chingolo, *Zonotrichia capensis*, in Argentina: Description and evaluation of a system of dialects. *The Condor*, 71:299–315.
- Nottebohm** F. 1970. Ontogeny of bird song. *Science*, 167:950–956.
- Olrog** C. y Capllonch P. 1986. Bio-ornitología Argentina. Historia Natural. Editorial ZETA. Corrientes, Argentina. Pp. 41.
- Ontario Woodlot Association.** 2003. Kemptville, Ontario. http://www.ontariowoodlot.com/pdf_older/simple_tools_measuring.pdf. (Consultado el 4/02/2013).
- Patricelli** G.L. y Blickley J.L. 2006. Avian communication in urban noise: Causes and consequences of vocal adjustment. *The Auk*, 123:639–649.
- Platt** M.E. y Ficken M.S. 1987. Organization of singing in House Wrens. *Journal of Field Ornithology*, 58(2):190–197.
- Podós** J. 1997. A performance constraint on the evolution of trilled vocalizations in a songbird family (Passeriformes: Emberizidae). *Evolution*, 51:537–551.
- Rothstein** S.I. y Fleischer R.C. 1987. Vocal dialects and their possible relation to honest status signalling in the brown-headed cowbird. *The Condor*, 89:1–23.
- Shy** E. 1984. The structure of Song and Its Geographical Variation in the Scarlet Tanager (*Piranga olivacea*). *American Midland Naturalist*, 112:119–130.
- Simmons** A.M. 2003. Perspectives and Progress in Animal Acoustic Communication. En: Acoustic Communication. Simmons A.M., Popper A.N. y Fay R.R. (Eds). Editorial Springer. New Cork, USA. Pp. 1–14.
- Slabbekoorn** H. 2004. Singing in the wild: The ecology of birdsong. En: Nature's Music: The Science of Birdsong. Marler P. y Slabbekoorn, H. (Eds.). Editorial El Sevier. San Diego, USA. Pp. 181–208.
- Sokal** R.R. y Rohlf F.J. 1999. Introducción a la bioestadística. Editorial Reverté, S. A. Barcelona, España. Pp. 380.
- Statsoft** Inc. 2004. STATISTICA: Data analysis software system (Version 7). www.statsoft.com.

- Torrella** A.T. y Adamolí J. 2005. Situación ambiental en la ecoregión del Chaco Seco. En: Brown A., U. Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (Eds.). La situación ambiental de Argentina, 2005. Editorial Fundación vida silvestre, Buenos Aires, Argentina. Pp. 74–100.
- Toru** I. 2006. Song structure, song repertoire and individual identification by song of the Grey Thrush *Turdus cardis*. *Journal of the Yamashina Institute for Ornithology*, 37:113–136.
- Tubaro** P.L. 1990. Song description of the House Wren (*Troglodytes aedon*) in two populations of eastern Argentina, and some indirect evidences of imitative vocal learning. *Hornero*, 013(2):111–116.
- Tubaro** P.L. y Lijtmaer D.A. 2006. Environmental correlates of song structure in forest grosbeaks and saltators. *The Condor*, 108:120–129.
- Vargas-Castro** L.E., Sánchez N.V. y Barrantes G. 2012. Repertoire Size and syllable sharing in the song of the Clay-Colored Thrush (*Turdus grayi*). *The Wilson Journal of Ornithology*, 124(3):446–453.
- Warren** P.S., Katti M., Ermann M. y Brazel A. 2006. Urban bioacoustics: It's not just noise. *Animal Behaviour*, 71:491–502.
- Wiley** R.H. 1991. Associations of song properties with habitats for territorial oscine birds eastern North America. *The American Naturalist*, 138:973–993.
- Wiley** R.H. y Richards D.G. 1978. Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalizations. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 3:69–94.
- Wiley** R.H. y Richards D.G. 1982. Adaptations for acoustic communication in birds: sound transmission and signal detection. En: *Acoustic Communication in Birds*, Vol. 2. Kroodsma, D.E., Miller, E.H. (Eds.). Editorial Academic Press. New York, USA. Pp. 131–181.
- Zar** J.H. 1984. Biostatistical analysis. 2nd Edition. Englewood Cliffs, NJ Prentice-Hall. Pp. 130.