



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

TÍTULO DE LA TESIS

Respuesta del cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*) a diferentes partes del canto: evaluando la información sobre identidad de especie

Tesis que para obtener el título de

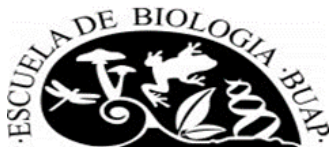
BIÓLOGA

PRESENTA:

LILIAN GABRIELA CRISANTO TÉLLEZ

ASESOR DE LA TESIS:

Dr. ALEJANDRO A. RÍOS CHELÉN



Julio-2016

ÍNDICE.

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
1. EL ESTUDIO DE LA BIOACÚSTICA	6
2. ESTUDIO DE LA BIOACÚSTICA EN AVES Y NOMENCLATURA DEL CANTO DE LAS AVES	7
2.1. FUNCIÓN Y MECANISMO DE PRODUCCIÓN DE VOCALIZACIONES EN AVES	10
2.1.2 AVES OSCINAS.....	13
2.1.3 AVES SUBOSCINAS	13
3. ESTADO DE CONOCIMIENTO DEL CARDENALITO (<i>Pyrocephalus rubicus</i>).....	15
ANTECEDENTES	18
JUSTIFICACIÓN.....	21
HIPÓTESIS	22
OBJETIVOS.....	22
Objetivo general	22
Objetivos particulares	22
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
ÁREA DE ESTUDIO	23
CLIMA	24
HIDROLOGÍA.....	24
VEGETACIÓN	24
DISEÑO DE MUESTREO	25
DISEÑO EXPERIMENTAL	29
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
RESULTADOS.....	33
COMPARACIÓN ENTRE LAS TASAS DE RESPUESTA DURANTE EL PRE- PLAYBACK vs PLAYBACK+POST-PLAYBACK	33
RESPUESTA INTRA-INDIVIDUAL ANTE LAS DIFERENTES PARTES DEL CANTO	38

RESPUESTA INTER-INDIVIDUAL ANTE LAS DIFERENTES PARTE DEL CANTO	41
DISCUSIÓN.	44
RESPUESTA INTRA-INDIVIDUAL.....	44
RESPUESTA INTER-INDIVIDUAL.....	47
CONCLUSIÓN.	51
ANEXO 1.....	52
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	52
LITERATURA CITADA.....	54

RESUMEN

Los cantos de las aves pueden dar información sobre la identidad individual pero también sobre identidad de especie; este último aspecto resulta relevante en interacciones inter-específicas de macho-macho (e.g. durante competencia por recursos) o macho-hembra (e.g. durante la reproducción para evitar apareamientos entre individuos de diferentes especies que podrían resultar en híbridos no fértiles)

En individuos de cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*) se han descrito variantes en su único tipo de canto, gracias a la estructura que consta de una primera parte conformada por un número variable de elementos introductorios y una segunda parte con dos elementos medios, uno de alta frecuencia y uno terminal (4 elementos en total en la segunda parte del canto). En el cardenalito las diferencias intra e inter-individuales dependen del número de elementos introductorios, y de los atributos en la frecuencia del canto.

En este estudio evaluamos la información sobre identidad de especie contenida en cada parte del canto (primera y segunda parte). El experimento se hizo en el periodo de reproducción en los territorios de 15 individuos, registrando la conducta basal durante y después de los tratamientos. Los individuos de cardenalito se expusieron a diferentes partes de canto utilizando los tratamientos de canto completo, primera parte del canto y segunda parte del canto, con una variación en el número de elementos introductorios; la conducta de los individuos que se registró fue el número de cantos, llamados, vuelos de alimentación y vuelos de percha. Finalmente los resultados fueron analizados utilizando modelos lineales generalizados.

Los individuos llamaron y volaron como respuesta al canto completo, pero también a cada parte del canto. Concluimos que el canto completo, así como cada parte del canto por separado confiere información sobre identidad de especie.

Por otro lado, los cardenalitos llamaron más ante la primera parte del canto que a la segunda parte, e incluso que al canto completo; esto ocurrió cuando los tratamientos provenían de cantos con 4 elementos introductorios. Esta diferencia en la respuesta no fue la misma cuando los cardenalitos escucharon tratamientos provenientes de cantos con 5 y 6 elementos introductorios. Por lo tanto la diferencia en la respuesta de los cardenalitos depende del número de elementos introductorios. Interpretamos este resultado como que los cardenalitos perciben las primeras partes del canto de 4 elementos introductorios como más amenazantes que las segundas partes e incluso que al canto completo.

INTRODUCCIÓN

1. EL ESTUDIO DE LA BIOACÚSTICA

Las diferentes especies animales se han adaptado a una gama de hábitats que difieren en sus ambientes acústicos, condiciones climatológicas y estructuras físicas. Se piensa que los sonidos (e.g. vocalizaciones) que los animales emiten están adaptados a estos ambientes de manera que la comunicación entre individuos de la misma o diferente especie, es eficaz. Esta comunicación entre individuos de una misma especie permite el definir un territorio, la búsqueda de pareja y modular las interacciones sociales (Fletcher, 2004; Catchpole & Slater, 2008).

La bioacústica es el estudio de la comunicación de los animales a través de señales sonoras, siendo de principal interés, la producción, transmisión y recepción de sonidos biológicos (Villareal, 2014); esta disciplina se ha desarrollado notablemente a partir de la mitad del siglo pasado, gracias a la creación de tecnologías capaces de almacenar, reproducir y analizar los sonidos.

En estudios acerca de la diversidad de especies la bioacústica se utiliza como herramienta para la identificación de ellas usando grabaciones (Baptista & Gaunt, 1997). Dentro del ámbito de la conservación, la bioacústica puede emplearse para evaluar el efecto de la contaminación por ruido causado por factores antropogénicos (alarmas, tráfico de vehículos automotores, etc.) u otros factores asociados con zonas urbanas (e.g. luz artificial nocturna), en la riqueza y abundancia de especies (Baptista & Gaunt, 1997; Ríos-Chelén *et al.*, 2012)

La mayoría de los estudios realizados en bioacústica se enfocan en la investigación vinculada con la conducta y la sistemática, desarrollada en cuatro grupos principales de organismos que emplean señales acústicas para comunicarse: insectos, anfibios, mamíferos y aves (Baptista & Gaunt, 1997; Riede, 1998; Turbado, 1999; Beecher & Brenowitz, 2002; Ríos- Chelén & Macías Garcia, 2007; Ey & Fischer, 2012). Sin embargo, hay cada vez más estudios en peces (e.g. Radford *et al.*, 2014)

2. ESTUDIO DE LA BIOACÚSTICA EN AVES Y NOMENCLATURA DEL CANTO DE LAS AVES

Los primeros estudios de acústica en aves fueron con individuos cautivos, cuando Daines Barrington en 1773, observó que las aves juveniles practicaban sus cantos continuamente los que les permite desarrollar su canto (Villareal, 2014). No se tenían las herramientas suficientes para comprobar y cuantificar el grado de variación presente en el canto; hasta la invención del espectrógrafo se pudo medir de manera gráfica el sonido y detallar la complejidad estructural del canto en las aves (Villareal, 2014).

En 1975 Shiovitz inició el trabajo de estandarizar los términos para describir las unidades de los componentes de los cantos de aves; propuso unidades del canto en función de su duración y los métodos utilizados por los investigadores para identificarlas. Shiovitz describió la estructura que conforma al canto, conformado por sílabas, que son una repetición constante de unidades, y que a su vez pueden formar “frases”, dando variación en el canto (Thomson *et al.*, 1994).

Después que Shiovitz buscó una nomenclatura para el canto de las aves, Thomson y colaboradores (1994) retomaron sus estudios, describiendo a las sílabas como la unidad que se encuentra dentro de la frase, donde las sílabas se organizan en una serie de sílabas similares, y las frases están agrupadas en “cantos”, los cantos se identifican por las pausas entre ellos, y el orden de estos varía (Figura 1).

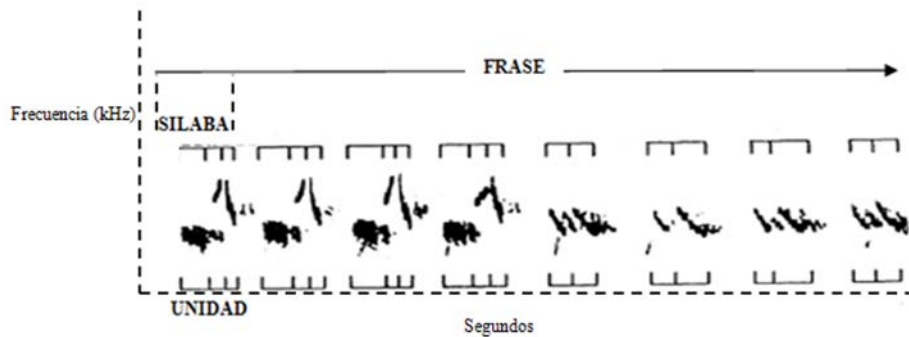


Figura 1. Visualización del canto de *Mimus polyglottos* (modificado de Thompson et al., 1994.) Se observan las unidades que conforman a las silabas y una frase conformada por silabas.

Catchpole & Slater (2008) describen a la sílaba como unidad fundamental y las variaciones en su estructura puede ser muy simples o muy complejas; la complejidad se presenta a partir del número de estructuras pequeñas llamados elementos o notas. La definición de un elemento es simplemente una línea continua en un sonograma, como se ilustra en la Figura 2. Cantos, sílabas y elementos también pueden ser definidas por los intervalos de tiempo que los separan.

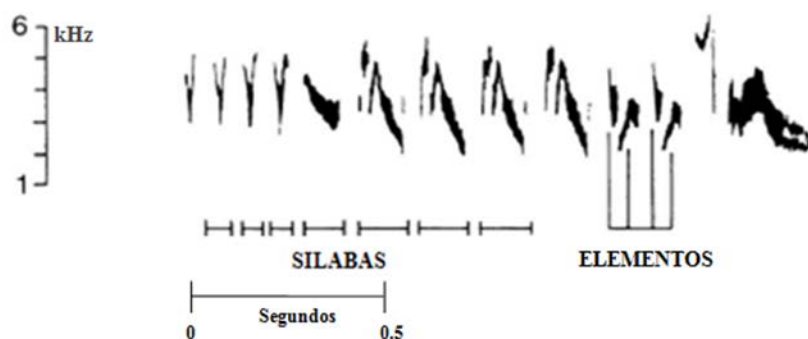


Figura 2. Visualización del canto de *Fringilla coelebs*, modificado y tomado de Slater & Ince, 1979.

El canto de las aves está compuesto por diversas características que lo hacen un modelo para el entendimiento de la comunicación y conducta; existen dos tipos de sonidos vocales: cantos y llamados (Catchpole & Slater, 2008). En algunas aves (aves oscinas, eg. psitaciformes y apodiformes los cantos son producto del aprendizaje; en otras (e.g. suboscinas) los cantos se desarrollan sin la necesidad de un proceso de aprendizaje. Las dos funciones principales de los cantos son atracción de pareja y defensa del territorio; y en general tienen una estructura mucho más compleja que los llamados. Los cantos son principalmente producidos por los machos en época reproductiva en especies que habitan zonas templadas; en zonas tropicales es común que las hembras también canten. Los llamados por otro lado, tienen un carácter acústico más sencillo, puesto que solo se componen de pequeñas notas simples y silabas, son producidos por machos y hembras a lo largo del año (Catchpole & Slater, 2008).

El intervalo de frecuencia de los cantos de una gran cantidad de aves se encuentra aproximadamente entre los 700 Hz y 2200 Hz según Fletcher (2004). La estructura acústica de algunas vocalizaciones está caracterizada por una frecuencia de origen, denominada como “frecuencia fundamental” o primer armónico y un conjunto de frecuencias múltiplos de ésta, denominados “armónicos”.

Una de las características de las vocalizaciones en los animales es la intensidad o amplitud (dB), la cual depende del tamaño del individuo, intención conductual y distancia entre el emisor y el receptor (Brumm & Salter, 2006; Catchpole & Slater, 2008). Otras características importantes de las vocalizaciones son: la frecuencia mínima, frecuencia máxima y duración de la señal (Figura 3).



Figura 3. Visualización de una silaba, imagen tomada de Slater & Ince, 1979 modificada.

2.1. FUNCIÓN Y MECANISMO DE PRODUCCIÓN DE VOCALIZACIONES EN AVES

El canto en las aves cumple diferentes funciones, algunas de estas son la defensa de su pareja o territorio ante cualquier enemigo, como un atractivo sexual en la búsqueda de pareja y la identificación de la misma (Catchpole & Slater, 2008). La presencia del canto entre las diferentes especies de aves es una característica muy importante, así como las variaciones sutiles que se encuentran entre los individuos de una especie, permitiendo un mecanismo de aislamiento reproductivo por excelencia (Navarro & Benítez, 2001). La comunicación por medio de vocalizaciones en aves gregarias permite una comunicación constante con todo el grupo, transmitiendo información a otros individuos acerca de los lugares donde hay recursos, y sirven de alarma ante la presencia de un depredador, entre otras funciones (Navarro & Benítez, 2001). Por otro lado el llamado es una vocalización simple, dada por uno u otro sexo; entre los llamados están aquellos de alarma, en vuelo, de aviso o patrullaje. No obstante, la dicotomía en el canto y el llamado es hasta cierto punto arbitraria (Grill, 2006).

El canto en las aves presentan variaciones entre especies gracias a la complejidad de algunos órganos, como la siringe, que juega un papel importante en la producción de sonido al haber compresión y descompresión por los músculos asociados, además de contar con dos componentes básicos como los pulmones muscularmente comprimidos y los sacos aéreos que proporcionan suministro de aire (Fletcher, 2004; Villareal, 2014).

La siringe es la estructura morfológica de las aves especializadas en producir el canto, (Grill, 2006; Catchpole & Slater, 2008) (Figura 4) formada principalmente por los cartílagos traqueales y bronquiales, los cuales se ensanchan para formar una caja de resonancia, unidos a estos cartílagos se encuentran varios músculos externos, los cuales tienen la función de dilatar o reducir la luz del tubo de la siringe con el objeto de regular el aire. Por la parte interna de los bronquios se encuentran uno o dos pares de membranas vibrátiles llamadas membranas timpánicas, las cuales dependiendo de su grosor y apertura, vibran de modo diferencial para producir los distintos sonidos (Catchpole & Saler, 2008). La modulación de la frecuencia, la amplitud, o ambas en la señal de sonido en un rango de tiempo se consigue a través de cambios en el diámetro de la vía de paso y la tensión de la membrana timpánica (Figura 5) (Grill, 2006).

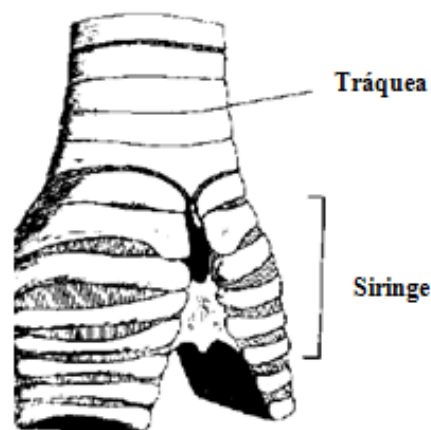


Figura 4. Siringe presente en aves, localizada debajo de la tráquea (modificada de Grill, 2006).

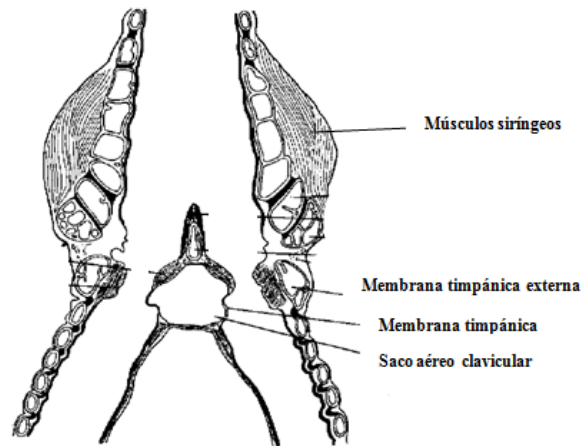


Figura 5. Estructura de la siringe y los músculos que la conforman (modificada de Grill, 2006).

La relación entre el número de músculos y aros cartilagosos asociados al sistema fónico le da complejidad al canto; se sabe que la mayoría de las aves cuentan con siringes de baja complejidad, por lo que su vocalización generalmente es muy simple, ya que únicamente tienen un par de músculos unidos a la siringe, mientras que algunos ordenes como los Apodiformes y Paseriformes primitivos tienen dos pares. Por último las aves canoras (Paseriformes) más complejas pueden llegar a tener hasta nueve pares.

La cantidad y complejidad de los músculos asociados a la siringe, fue uno de los factores por el cual Sibley & More (1990) dividieron el Orden Passeriformes en dos grupos, los Oscinos (Passeri) y los Suboscinos (Tyranni), siendo los Oscinos el grupo que mayor cantidad de músculos asociados a la siringe, ya que pueden tener más de 7 músculos y los Suboscinos que cuenta con menor cantidad de músculos (menos de 7).

2.1.2 AVES OSCINAS

Las aves oscinas generalmente producen sonidos o cantos complejos, por ello son conocidas como las verdaderas aves canoras, el aprendizaje del canto tiene un papel importante en el desarrollo de los cantos de los oscinos, además de la estructura cerebral subyacente (Catchpole & Slater, 2008).

El proceso de aprendizaje del canto en los oscinos varía entre especies, pero en todos los casos involucra dos fases generales: la memorización; y el ensayo (Kroodsma, 1982; Beecher & Brenowitz, 2005; Sung y Park, 2005; Villareal, 2004). El aprendizaje del canto ocurre en las diferentes etapas en la vida de los individuos desde los primeros meses de vida, durante el primer año, o durante toda la vida. Durante el ensayo del canto los individuos aprenden a partir de modelos externos, haciendo pequeños cambios e improvisaciones del modelo o inventando cantos con mínima referencia al modelo externo (Brenowitz & Beecher, 2005).

La presencia generalizada de aprendizaje entre los oscinos ha favorecido la adaptación social o adaptación al hábitat a través de una variedad de medios: la necesidad de adaptabilidad entre vecinos, la ventaja de hacer coincidir las características sonoras para el hábitat y la variación en el atractivo por la atracción de hembras, etc (Beecher & Brenowitz, 2005).

2.1.3 AVES SUBOSCINAS

Los suboscinos son un grupo que se distribuye principalmente en Centro y Sur de América, abarcan unas 1,000 especies de Paseriformes; su estudio ha sido menos extenso, que el de los oscinos pero el trabajo que se ha llevado a cabo en ellos sugiere que sus cantos por lo general no son aprendidos (Kroodsma, 2004). Así, desarrollan su canto sin tener un modelo externo, cantando de forma innata; estudios hechos tomando crías de especies suboscinas como son algunos papamoscas, han demostrado que a pesar de escuchar el canto grabado de otras

especies ellos produjeron el canto de su propia especie (Kroodsma, 1984; Catchpole & Slater, 2008). Se podría argumentar que el control vocal de los subscinos es menos dependiente de la retroalimentación auditiva, y de esta forma no se lleva a cabo un aprendizaje del canto (Kroodsma & Konishi, 1991).

Estudios han demostrado que algunas especies suboscinas pueden discriminar a otros machos por medio del canto (Catchpole & Slater, 2008). Las variaciones dentro del canto en los machos se pueden presentar mediante la producción de un repertorio de diferentes tipos de cantos o variaciones en un mismo tipo de canto.

Las diferencias en la calidad del macho podrían reflejarse de forma individual en las características específicas de las canciones y de las distintas condiciones en las que se puede encontrar el individuo (Martín-Vivaldi et al., 1999; Catchpole, 2000; Ríos-Chelén *et al*, 2005).

En especies que carecen de un repertorio de tipos de cantos puede haber modificaciones en la estructura del único tipo de canto (Rehsteiner *et al.*, 1998; Ríos-Chelén *et al*, 2005), como puede ser la variación en la duración del canto (adición de elementos), utilizado como un medio para dar información sobre la identidad y la calidad del individuo al atraer pareja o para defender su territorio durante las interacciones sociales (Wasserman & Cigliano, 1991; Ríos-Chelén *et al*, 2005).

Las especies que presentan un solo tipo de canto pueden presentar la variación de frecuencia o duración no solo para la diferenciación de individuos en una población dentro de una zona, sino también de poblaciones asentadas en otras zonas geográficas (Lovel & Lein, 2003). Estudios hechos en *Empidonax alnorum*, que presenta un solo tipo de canto, han demostrado que esta especie tiene la capacidad de discriminar entre vecinos y extraños por medio del canto (Lovell & Lein, 2004). Por lo tanto, especies con variación limitada en las características del canto pueden transmitir información a sus congéneres machos y tener una función intra-sexual (Lovell y Lein, 2004; Ríos-Chelén *et al*, 2008). Así, es importante la variación presente en un solo tipo de canto, de ello puede depender la diferencia

entre un individuo y el resto de los machos, pudiendo dar información sobre la calidad del emisor (Rivera-Cáceres *et al.*, 2011).

En el caso de especies suboscinas como el cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*), los cantos con más elementos introductorios pueden ser interpretados como más amenazantes: los machos responden con más fuerza a cantos más largos en comparación a los cortos, demostrando una discriminación entre cantos que difieren en duración (Ríos-Chelén *et al.*, 2005). De esta forma se demuestra que en esta especie la longitud del canto, transmite información relevante durante interacciones macho-macho (Ríos-Chelén & Macías Garcia, 2007).

3. ESTADO DE CONOCIMIENTO DEL CARDENALITO (*Pyrocephalus rubinus*)

La especie *Pyrocephalus rubinus* es suboscina y pertenece a la familia Tyrannidae; esta especie presenta un solo tipo de canto, mientras que los llamados se componen de un solo elemento o nota (Figura 6). El llamado se presenta en ambos sexos, en machos es utilizado en forma de amenaza ante otros individuos, alarma y para el combate; por último otra de las funciones del llamado es para la copulación atrayendo hembras para los encuentros sexuales (Wolf & Jons, 2000; Smith, 1967).

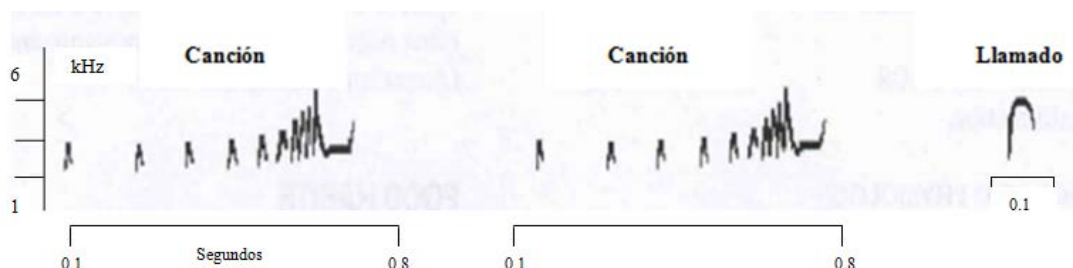


Figura 6. Representación del canto y llamado de *Pyrocephalus rubinus* en un sonograma, modificado y tomado de Wolf & Jons, 2000.

El canto de *Pyrocephalus rubinus* es utilizado para el cuidado y defensa del territorio; la estructura del canto está dividido en dos secciones, la primera parte de la canción la conforma una serie de elementos introductorios (aproximadamente de 3 a 9 elementos introductorios), cuya frecuencia es modulada en forma de V inversa, mientras que la segunda parte se encuentra fija por 4 elementos finales (2 elementos medios, uno de alta frecuencia y uno terminal), contada a partir del final del canto hasta donde termina la primera parte de la canción (Figura 7) (Ríos-Chelén *et al*, 2005).

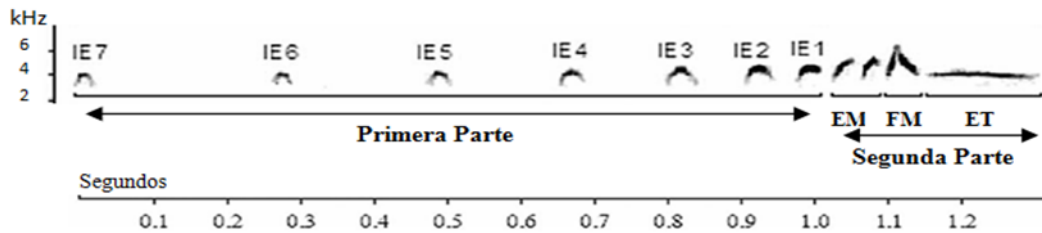


Figura 7. Estructura del canto de *Pyrocephalus rubinus* ; IE (Elementos Introductorios, variable en número), 2 EM (2 Elementos Medios), FM (Elemento con Frecuencia Máxima), ET (Elemento Terminal), modificado y tomado de Ríos-Chelén *et al*, 2005.

El canto en los cardenalitos también puede ser emitido cuando vuelan; este canto es similar al que producen de forma normal al cantar desde la percha (Smith 1967, 1970), pero a menudo se compone también de un llamado inicial (Ríos-Chelén & Macías García, 2004).

En el cardenalito las diferencias intra e inter-individuales en el canto se relaciona con: el número de elementos introductorios, atributos de la frecuencia (Hz), la tasa de elementos (número de elementos/longitud del canto) y la frecuencia pico (Ríos-Chelén *et al.*, 2005). Estas variaciones podrían ser necesarias para la elección de pareja, y atributos con el número de elementos introductorios cumplen una función durante interacciones intra-sexuales por la defensa del territorio: cantos

más largos (con más elementos introductorios) parecen ser interpretados como más amenazantes (Ríos-Chelén & Macías Garcia, 2007).

Los atributos del canto varían en la temporada reproductiva (antes vs. después de empezar la construcción del nido). La tasa y duración del canto (i.e. número de elementos introductorios) aumenta después de empezada la construcción del nido, posiblemente como señal del cuidado del territorio o la hembra ante vecinos y extraños (Ríos-Chelén *et al.*, 2005). Aunque no hay estudios sobre la función sexual del canto, estos cambios en la canción también podrían ser utilizados por las hembras para evaluar parejas potenciales (Ríos-Chelén *et al.*, 2005)

Finalmente los estudios en la especie *Pyrocephalus rubinus* brindan información acerca de la variación intra-específica presente en un suboscino; trabajos hechos con el cardenalito brindan información sobre una posible plasticidad en el canto ante factores ambientales que requieren de una modificación en el canto del individuo.

ANTECEDENTES

Tubaro (1999) reconoció el trabajo de la Bioacústica como un aporte de importancia para la sistemática y la conservación de las especies, particularmente en el caso de las aves se destaca el uso de los cantos en la diagnosis de nuevas especie; su metodología se basó en el “Playback” (reproduciendo cantos por medio de una bocina) para atraer a las especies e identificarlas.

En el orden Passeriformes, la clasificación de Suboscinos y Oscinos hecha por Sibley & Ahlquist (1990) se fundamentó por la complejidad de la siringe, órgano que permite la generación del sonido en las aves; más tarde se ha visto respaldada por otros atributos anatómicos y neuronales, además de los estudios moleculares filogenéticos moleculares.

Las especies de aves oscinas y suboscinas que presentan un tipo de canto pueden presentar una modificación en la estructura del canto a nivel individual (Rehsteiner *et al.*, 1998); un ejemplo de este caso es la especie oscina *Erithacus rubecula*, que, cantan cantos más cortos en un contexto intra-sexual y cantos más largos durante interacciones con hembras (Hoelzel, 1986). Otra de las modificaciones que se pueden observar en especies con un solo tipo de canto puede ser el aumento en la frecuencia de cantos, y que puede variar entre individuos.

Las características en las estructura del canto presente en las aves han permitido a las especies un mayor éxito reproductivo y la adaptación a nuevo hábitats. Estudios realizados en los cantos de las aves brindan información acerca de la diversidad en cantos y las modificaciones que pueden presentar en su estructura.

Lambrechts (1996) sugirió que los cantos de alta frecuencia, siendo estos más agudos implican un gasto energético mayor comparados con cantos de frecuencias más bajas; por lo tanto aunque hay evidencia de que un cambio de frecuencia en la canción está involucrado en la capacidad competitiva, no siempre es clara esta asociación. Una relación entre los niveles de testosterona y la producción del canto también podrían dar como resultado una mayor agresividad en el individuo u otros aspectos de calidad.

Además del cambio de frecuencia en el canto, pueden considerarse otras características distintivas del individuo que se relacionen con atraer pareja o para demostrar una actitud amenazante ante otro macho. Por ejemplo al comienzo del canto se pueden presentar una serie de notas complejas, esta característica parece ser importante en la elección de pareja para las hembras de ciertas especies (Moller *et al.* 1998). Del mismo modo, Rehsteiner y colaboradores (1998) describieron que un elemento específico en el canto es importante en defensa del territorio en algunas especies.

El tamaño del repertorio puede referirse al número de diferentes tipos de sílabas en un canto o al número de diferentes tipos de cantos que produce un macho. Existen estudios que afirman la preferencia de las hembras por machos con un repertorio mayor o cantos complejos (revisión en Catchpole 1986; Catchpole & Slater, 2008).

Las aves suboscinas pueden presentar un repertorio o en algunos casos un solo tipo de canto; Kroodsma (1984) describió un solo tipo de canto para la especie *Empidonax alnorum* perteneciente a la familia Tyrannidae; en esta especie se observó la capacidad de discriminación entre vecinos (Kroodsma, 1984).

En el caso de *Pyrocephalus rubinus*, el estudio de Ríos-Chelén y colaboradores (2005) mostró que de un conjunto de atributos considerados, la longitud del canto (número de elementos introductorios) fue el que más variación mostró entre individuos; otros atributos del canto variaron en mayor o menor medida entre individuos. En este mismo estudio se encontró que los machos de

Pyrocephalus rubinus aumentan la tasa de cantos y la longitud del canto después del inicio de la construcción del nido comparado con un periodo previo a la construcción, lo que podría significar que aumentan longitud de canto cuando su pareja es fértil.

Otras características descritas en *Pyrocephalus rubinus* en relación a su canto y conducta fueron las de Smith (1970), describiendo el despliegue aéreo acompañado de cantos como método de proclamación territorial y la tasa de llamados como un método de alerta dentro del territorio y patrullaje.

JUSTIFICACIÓN

El estudio de la comunicación entre las especies de aves facilita nuestra comprensión sobre la importancia de las señales acústicas para la supervivencia y reproducción de los individuos. Al mismo tiempo, las investigaciones sobre la comunicación intra-específica presente en *Pyrocephalus rubinus* es importante ya que permite comprender las relaciones sociales y el comportamiento presente en especies con repertorios de un solo tipo de canto.

La comunicación acústica juega un papel importante en la supervivencia y reproducción de los individuos, como el cuidado del territorio y protección del nido de miembros de la misma y otras especies (e.g. parasitismo). Finalmente el canto de las aves es esencial para el reconocimiento entre especies ya que si este reconocimiento no es eficiente puede ocurrir hibridación entre especies hermanas. Esta problemática es de importancia ecológica, ya que produce una reducción en la variabilidad o fertilidad entre individuos de las especies hermanas debido a una incompatibilidad genética (Vabishchevich & Formozov, 2010; McCarthy, 2006).

El conocimiento de los atributos del canto que confieren información sobre identidad de especie es esencial para poder entender mejor las interacciones inter-específicas que mantienen a las especies en aislamiento reproductivo. Así, estos estudios generan información sobre interacciones vocales y su impacto en la adecuación.

HIPÓTESIS

Si cada parte del canto (primera parte y segunda parte) del cardenalito por si sola da información sobre identidad de especie, los cardenalitos responderán de forma agonista (llamando y volando) cuando escuchen reproducciones de la primera y segunda parte del canto, así como del canto completo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar si las diferentes partes del canto (Primera parte del canto-elementos introductorios, segunda parte del canto- elementos medios, de alta frecuencia y terminal), en forma separada, brindan una variación en la respuesta de los individuos.

Objetivos particulares

Mediante un experimento de playback determinar si los individuos responden de forma territorial a los tratamientos de canto completo, primera parte y segunda parte, y si estas respuestas difirieren entre tratamientos.

Determinar si los individuos responden de manera diferente a las variaciones en las primeras partes del canto únicamente (4, 5 y 6 Elementos Introductorios).

Determinar si los individuos responden de manera diferente a posibles variaciones en las segundas partes del canto únicamente (derivadas de cantos de 4, 5 y 6 Elementos Introductorios).

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El experimento fue realizado en Parque de la Amistad San Diego Metepec ubicado en La Loma Xicohtencatl, Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, a un costado del campus de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UAT). En el bosque se pueden encontrar caminos, hechos para las personas que acuden a hacer ejercicio o caminatas matutinas. Las coordenadas geográficas son, 19° 18' 5.9" latitud norte y 98° 14' 16.42" longitud oeste, con una altitud de 2300 msnm. (Figura 9)

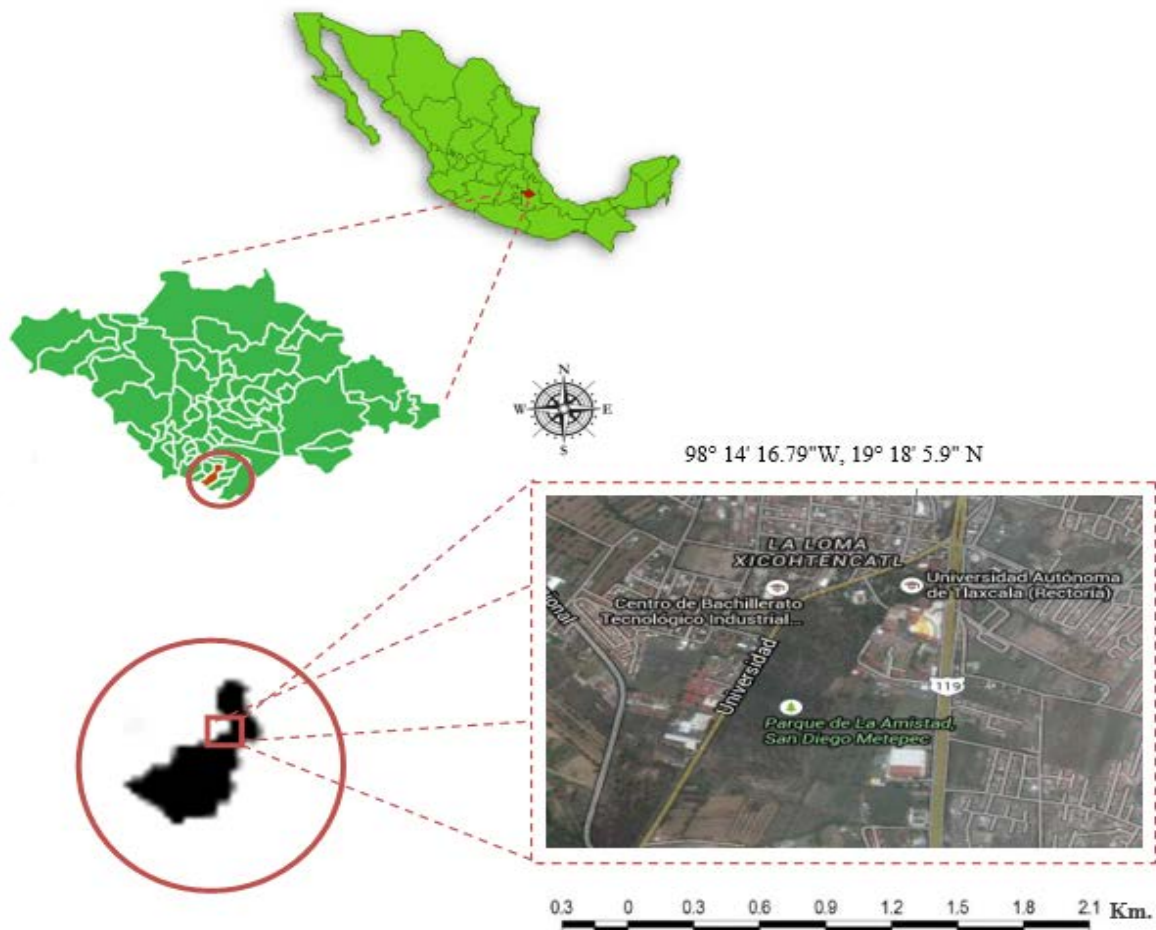


Figura 9. Zona de estudio “Parque de la Amistad”, San Diego Metepec, Tlaxcala de Xicohtencatl, Tlaxcala.

CLIMA

De acuerdo con los datos de INEGI (2010), el 99.2% de la superficie del estado presenta clima templado subhúmedo, de igual forma para el municipio prevalece el clima templado sub-húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 14°C, la temperatura máxima promedio es alrededor de 25°C y se presenta en los meses de abril y mayo. La temperatura mínima promedio es de 1.5°C en el mes de enero. La precipitación media anual es de 800 a 1,000 mm.

HIDROLOGÍA

La única corriente de importancia que recorre el municipio es el Río Zahuapan, que lo atraviesa en la zona norte por un cauce de 6.6 kilómetros de longitud y en sentido noreste-suroeste. Todo el territorio municipal forma parte de la Cuenca del río Atoyac y de la Región hidrológica del Balsas.

VEGETACIÓN

El bosque está compuesto principalmente de *Pinus* sp. y *Eucalyptus* sp. con algunos parches de claros y pastizales.

DISEÑO DE MUESTREO

El trabajo de campo inició el 23 de abril de 2015 y finalizó el 9 de mayo del mismo año, el horario que se utilizó fue de las 8:00 a.m. a 12:00 p.m.; las horas de trabajo están basadas en los tiempos de actividades matutinas de la especie (Ríos-Chelén & Macías García, 2007). Los tratamientos que se utilizaron para el experimento fueron hechos a partir de grabaciones de machos de *Pyrocephalus rubinus* presentes en este parque en el año 2001 (grabados por Ríos-Chelén en 2015). Se tomó en cuenta la variación de elementos introductorios que se presenta en el canto de esta especie (Ríos-Chelén *et al.*, 2005), por lo que se utilizaron cantos de 4, 5 y 6 elementos introductorios (Figura 10). De esta forma se hicieron 3 grupos para cada una de estas variantes, cada grupo con 5 réplicas provenientes de cantos de machos diferentes.

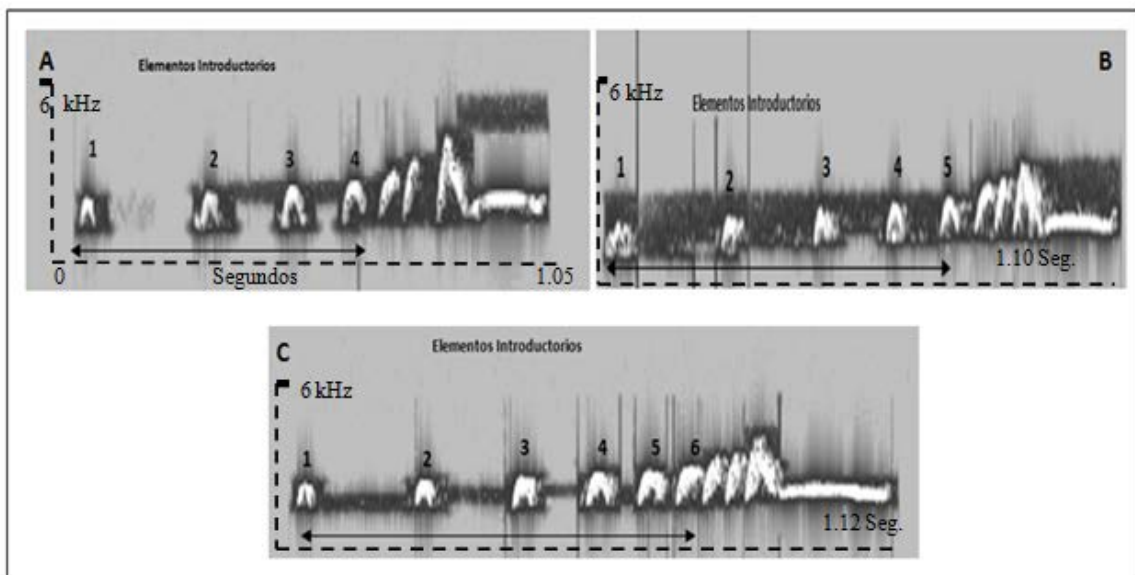


Figura 10. Espectrogramas del canto de *Pyrocephalus rubinus*, grabados por Ríos-Chelén en el 2001 y utilizados para este experimento. Visualización en el programa Audacity versión 20.4. Se observan las variaciones de Elementos Introductorios (EI) que pueden presentar (A=4EI, B=5EI y C=6EI).

Además de las variaciones de duración de canto (4, 5 y 6 Elementos Introditorios), se tomó en cuenta la estructura del canto y se dividió en tres tratamientos, los cuales fueron: Canto Completo (CC), 1era Parte (1P), compuesta por los elementos introductorios y 2da. Parte (2P) donde están los elementos medios y finales (Figura 11). Un canto completo fue separado en dos para hacer los otros dos tratamientos: primera parte y segunda parte. Así cada macho fue expuesto a un canto completo, una primera parte y segunda parte provenientes del mismo canto; para preparar los tratamientos se usaron 15 cantos provenientes de machos diferentes a los que fueron expuestos los 15 machos focales.

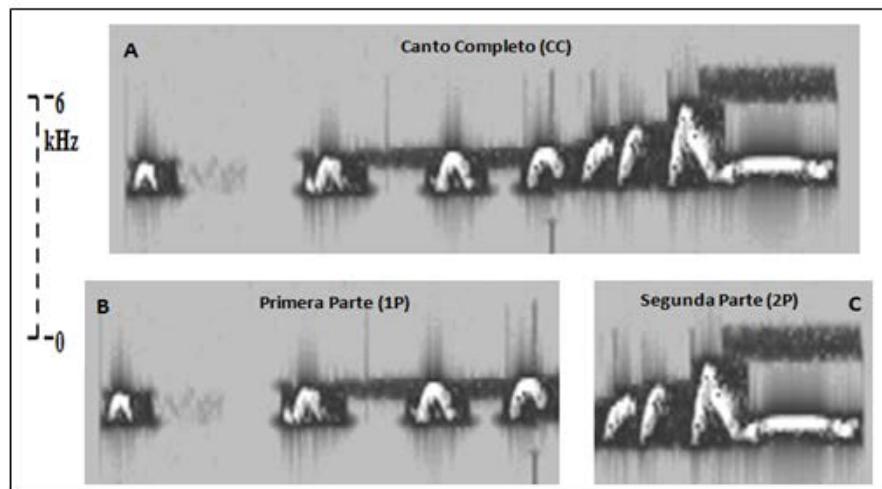


Figura 11. Espectrograma del canto de *Pyrocephalus rubinus*, grabados por Ríos-Chelén en el 2001 y utilizados para este experimento, visualización en el programa Audacity versión 20.4. Ejemplificación de la división que se hizo en los cantos, obteniendo 3 tratamientos A= CC, B= 1P y C= 2P

Las pistas que fueron reproducidas durante el experimento fueron hechas en Audacity versión 20.4; su estructura fue de un minuto de silencio (Pre-playback), un minuto de Playback y un minuto posterior de silencio (Post-Playback) (Ríos-Chelén & Macías-García, 2007). El minuto de playback contenía 5 grupos de cantos (canto completo o partes del canto, dependiendo del tratamiento), con 4 cantos en cada uno; así cada tratamiento duró en total 3 minutos (Figura 12).

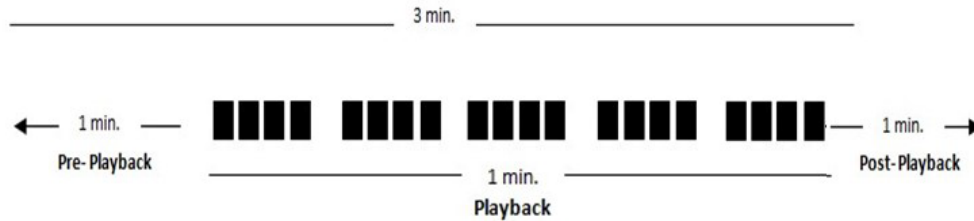


Figura 12. Ejemplo de pista que se hizo para el experimento, la duración de cada una fue de 3 minutos, el cual contenía 1 min. de silencio (Pre-Playback), 1min. de Playback y 1min. de silencio, Post-Playback. En el minuto de reproducción de canto (Playback) se organizaron 5 grupos con 4 cantos cada uno. Cada rectángulo representa un canto.

La tasa de reproducción de cantos durante el minuto de playback fue de 20 cantos por minuto, esta tasa se encuentra dentro del rango natural de la especie y es adecuada para producir respuestas territoriales (Ríos-Chelén *et al.*, 2005; Ríos-Chelén & Macías Garcia, 2007).

Con la asignación de 3 grupos que corresponde a las variaciones de elementos introductorios (4EI, 5EI y 6EI) y un patrón de 3 pistas para cada parte de la estructura del canto (1P, 2P y CC) por individuo, se realizaron un total de 45 pistas para 15 individuos (se asignó ese número de individuos ya que se había tomado en cuenta el número de territorios activos en el sitio de estudio).

Las pistas se limpiaron de los ruidos externos que presentaban las grabaciones, en el programa Raven Pro™ v. 1.3 (Cornell Laboratory of Ornithology), se visualizaron en el programa Audacity versión 20.4, donde las pistas fueron normalizadas y se les aplicó Fade In y Fade Out en cada canto presente en la pista para suavizar su entrada y salida.

Los cantos se ajustaron a un volumen de 65 a 70 dB, medidos a una distancia de 8 metros, intensidad adecuada para producir respuestas territoriales en los cardenalitos (Ríos-Chelén & Macías García, 2007). Para obtener esos parámetros dentro de los tratamientos, se utilizó un medidor de sonido (Sonómetro, SEW™2310 SL, rango, 30–130 dB; frequency weighting: A; respuesta lenta). El método para obtener los decibeles consistió en reproducir cada pista a un metro de altura y ocho metros de distancia entre el sonómetro y la bocina; se ajustó el volumen de la bocina a los decibeles dentro del parámetro ya establecido.

Se localizaron los territorios activos de la especie, donde 15 machos fueron sometidos al experimento simulando un intruso en el territorio del macho focal. Para hacer la simulación del macho intruso en el territorio del individuo experimental se colocó una bocina amarrada a un tronco con una distancia de un metro entre el suelo y el tronco. Para reproducir los tratamientos se utilizó un walkman modelo NWD-B103F marca Sony, conectado por un cable a una bocina Mineroff SME-AFS, la reproducción se llevó a cabo a 8 metros de distancia entre la bocina y el reproductor para evitar o reducir la perturbación por la presencia humana hacia los individuos del estudio.

La organización para acudir a los territorios fue de manera aleatoria y al someter a un individuo al experimento, se evitó probar a cualquiera de sus vecinos durante ese día. El orden de exposición al canto completo, primera parte y segunda parte del canto varió entre individuos de manera que la probabilidad de que escucharan alguno de los tres tratamientos en primer, segundo y tercer lugar fuera la misma (Tabla 1).

Tabla 1. Representación de las 6 posibles combinaciones del orden al que fueron expuestos los machos a los 3 tratamientos; CC (Canto Completo), 1P (Primera Parte), 2P (Segunda Parte). El orden de exposición es de izquierda a derecha

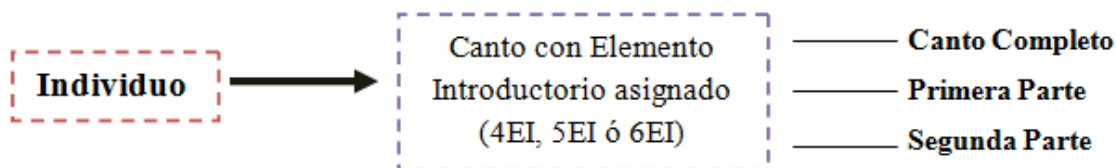
CC	1P	2P
1P	2P	CC
2P	1P	CC
1P	CC	2P
2P	CC	1P
CC	2P	1P

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se obtuvieron 3 grupos de cantos con diferente número de elementos introductorios (grupo 1: canto de 4 elementos introductorios, grupo 2: canto con 5 elementos introductorios, y grupo 3: cantos con 6 elementos introductorios): cada grupo fue usado para experimentar con 5 machos diferentes, la asignación de cada macho a un grupo en particular fue aleatoria.

Grupos: 4 Elementos Introductorios	5 Elementos Introductorios	6 Elementos Introductorios
Machos: 5 individuos	5 individuos	5 individuos

La canción asignada a cada individuo fue dividida en los tratamientos de canto completo, 1ra parte y 2da parte; el individuo focal fue expuesto a cada uno de estos tratamientos. El tiempo de espera entre cada reproducción de los tratamientos fue mínimo de 10 min.



Así, cada uno de los 15 individuos escuchó los tratamientos de CC, 1P y 2P, pero cada grupo de 5 machos fue expuesto a esos tratamientos provenientes de cantos con 4, 5 o 6 elementos introductorios.

Se registró la conducta de los individuos durante el Pre-Playback, el Playback y el Post-Playback (Tabla 2); las conductas más evidentes durante interacciones agonistas entre cardenalitos, y aquellas que fueron tomadas en cuenta para los análisis, fueron el número de llamados y vuelos de percha a percha (Ríos-Chelén & Macías Garcia, 2007)

Tabla 2. Hoja de registro que se utilizó para anotar la conducta de los individuos; ejemplificación en el llenado del tratamiento, 2P (Segunda Parte) y 4EI (4Elementos Introdutorios). V.P. (Vuelos de Percha a Percha), V.A. (Vuelos de Alimentación). Se registró el número de llamados y vuelos de percha a percha en cada minuto del tratamiento (Pre-Playback, Playback y Post-Playback); originalmente también se anotaron los cantos y vuelos de alimentación pero después se descartaron ya que no fue una conducta representativa (ver texto), de igual forma se anotó si el individuo produjo un vuelo de mariposa (conocido también como vuelo de despliegue.

Territorio:

Tratamiento: 2P (4EI)

Fecha:

No. de vecinos:

Hora de Inicio:

Hora final:

PRE-PLAYBACK				PLAYBACK				POST-PLAYBACK			
Cantos	Llamados	V.P.	V.A.	Cantos	Llamados	V.P.	V.A.	Cantos	Llamados	V.P.	V.A.
Observaciones: V. de mariposa											

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar los datos se obtuvieron la tasa de comportamiento (e.g. número de llamados/ minuto), durante el Pre-Playback, y la suma de las tasas durante el Playback+ Post-Playback. La tasa de comportamiento durante el minuto de Pre-Playback se restó a la tasa de comportamiento durante los minutos de Playback y Post-Playback para obtener una diferencia de respuesta conductual (i.e. (tasa de conducta en Playback + Post-Playback) – tasa de conducta en Pre-Playback). Esta diferencia en respuesta fue comparada entre los diferentes tratamientos; el siguiente esquema representa cómo se hizo:

TASAS DE COMPORTAMIENTO:

TASA EN PRE-PLAYBACK = **A**

TASA EN PLAYBACK + TASA EN POST-PLAYBACK = **B**

DIFERENCIA (Δ): **B-A**

Se hizo una suma total de vocalizaciones (llamados / cantos) y de vuelos (alimentación / percha), para visualizar el porcentaje de cada conducta; descartando los cantos y vuelos de alimentación por el bajo porcentaje que se obtuvo.

- De las 225 vocalizaciones totales solo 22 (9.7%) eran cantos
- De los 297 vuelos totales solo el 28 (9.4%) fueron de alimentación

Se hizo una base de datos con los datos obtenidos de las tasas de conducta y las diferencias (Δ), además de los vuelos totales y las vocalizaciones totales.

Los paquetes estadísticos utilizados para analizar fueron SigmaPlot (versión 2.03) y SPSS (versión 10.0.1), los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Kolgomorov–Smirnof.

PRUEBAS ESTADÍSTICAS

- Se hizo una prueba de Wilcoxon para medidas repetidas (Kolmogorov-Smirnov, $P < 0.05$) para hacer una comparación entre las tasas de respuesta en llamados durante el Pre-Playback vs. Playback+Post-Playback. Para la respuesta en los vuelos de percha a percha se utilizaron pruebas de T pareadas (Kolmogorov-Smirnov, $P > 0.05$).
- Se hizo una ANOVA de medidas repetidas para hacer una comparación intra-individual; es decir, se comparó la respuesta del mismo individuo ante las diferentes parte del canto:
Donde la variable independiente fue el tratamiento (CC, 1P y 2P) y las variables dependientes fueron la diferencia en tasa de llamados y la diferencia en tasa de vuelos de percha.
La variación presente en los tratamientos entre individuos fue el número de elementos introductorios en los cantos (4, 5 y 6 EI)
- Una segunda prueba fue una ANOVA de una vía, donde la variable independiente fue el número de elementos introductorios (4, 5 o 6 EI) y las variables dependientes fueron las diferencias en las tasas de llamados y vuelos de percha.
- La prueba post-hoc utilizada fue Student-Newman-Keuls Method.

RESULTADOS.

COMPARACIÓN ENTRE LAS TASAS DE RESPUESTA DURANTE EL PRE-PLAYBACK vs PLAYBACK+POST-PLAYBACK

LLAMADOS

Cuando los cardenalitos fueron expuestos a cantos completos respondieron más durante el Playback + Post-Playback que durante Pre-Playback (Prueba de Wilcoxon, $Z = -3.185$, $P = 0.001$; Figura 13). Se obtuvo el mismo resultado cuando los individuos fueron expuestos a primeras partes del canto (Prueba de Wilcoxon, $Z = -3.417$, $P = 0.001$; Figura 14) y a segundas partes del canto (Prueba de Wilcoxon, $Z = -3.192$, $P = 0.001$; Figura 15).

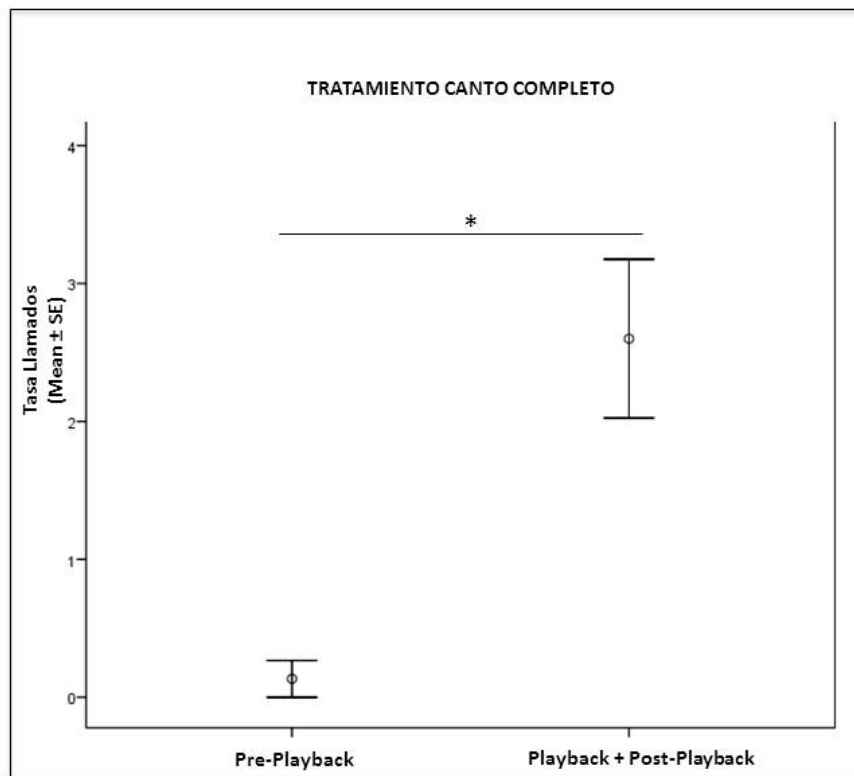


Figura 13. Respuesta significativa para el aumento de llamados de los cardenalitos durante Playback+Post-Playback que para el Pre-Playback, en los tratamientos de canto completo.

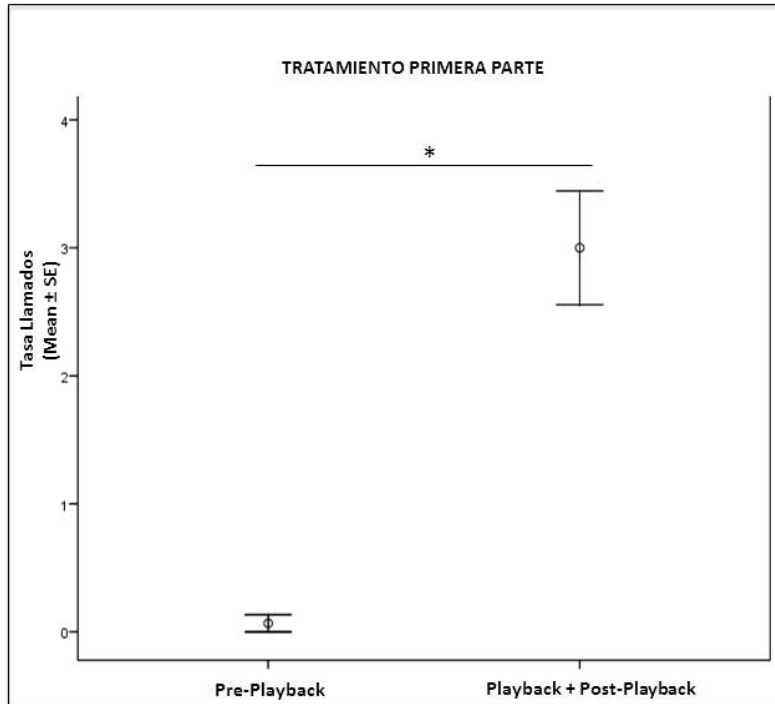


Figura 14. Respuesta significativa para el aumento de llamados de los cardenalitos durante Playback+Post-Playback que para el Pre-Playback, en el tratamiento de la primera parte del canto.

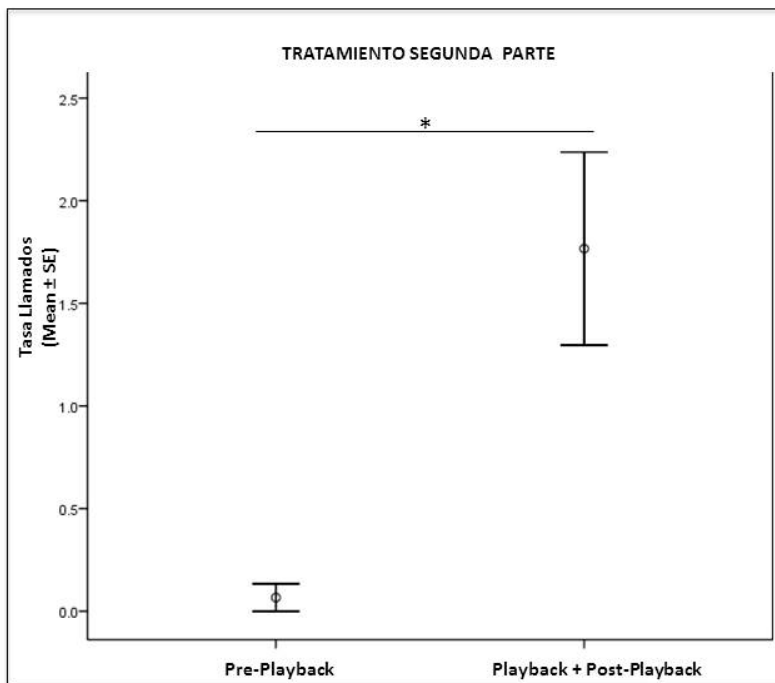


Figura 15. Respuesta significativa para el aumento de llamados de los cardenalitos durante Playback+Post-Playback que para el Pre-Playback, en el tratamiento de segunda parte del canto.

VUELOS DE PERCHA A PERCHA

Cuando los cardenalitos fueron expuestos a cantos completos, la tasa de vuelos fue mayor durante Play + Post-Playback que durante Pre-Playback (Prueba de T pareada, $t = -4.34$, $gl = 14$, $P = 0.001$; Figura 15). Se obtuvo el mismo resultado cuando los individuos fueron expuestos a primeras partes del canto (Prueba de T pareada, $t = -3.074$, $P = 0.008$; Figura 17) y a segundas partes del canto (Prueba de T pareada, $t = -3.151$, $P = 0.007$; Figura 18).

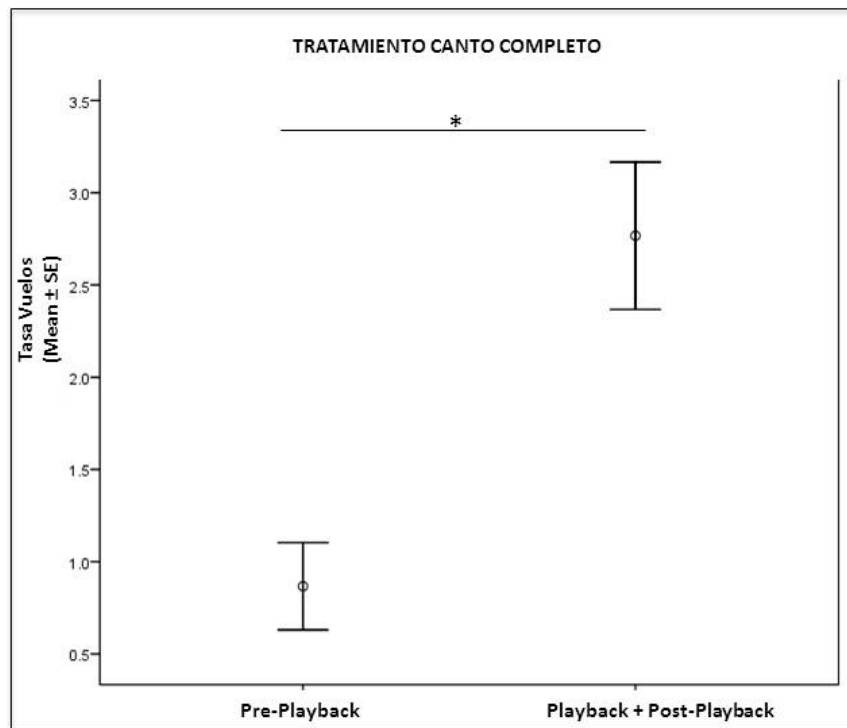


Figura 16. Respuesta significativa para el aumento de vuelos de percha a percha de los cardenalitos durante Playback+Post-Playback que para el Pre-Playback, en los tratamientos de canto completo.

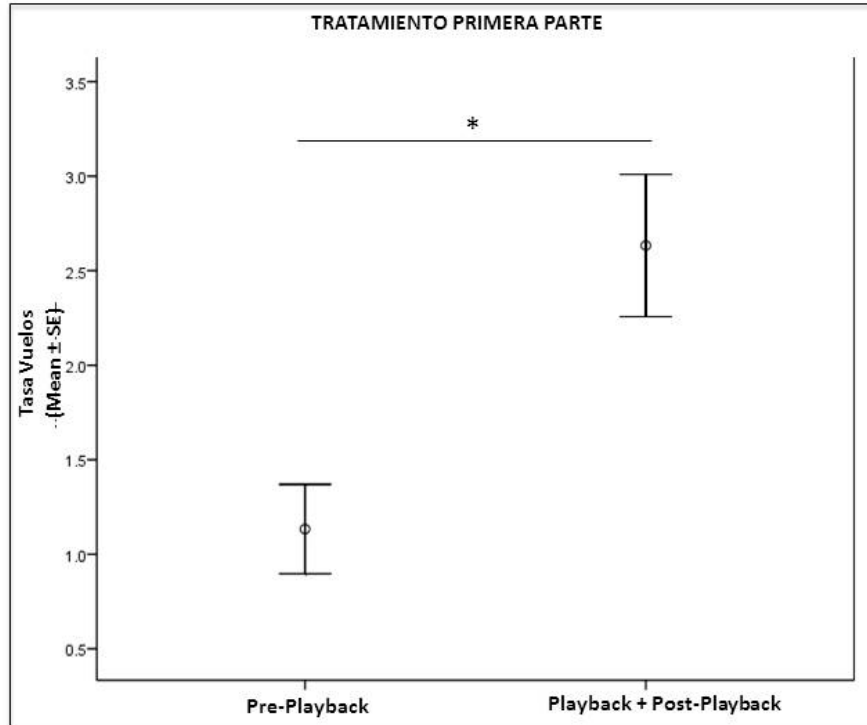


Figura 17. Respuesta significativa para el aumento de vuelos de percha a percha de los cardenalitos durante Playback+Post-Playback que para el Pre-Playback, en los tratamientos de las primeras partes del canto.

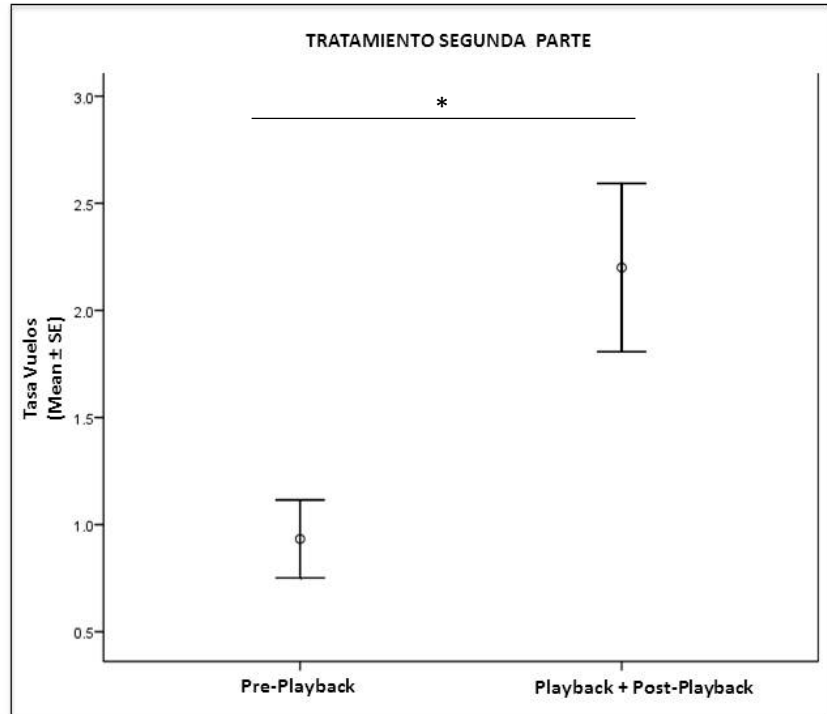


Figura 18. Respuesta significativa para el aumento de vuelos de percha a percha de los cardenalitos durante Playback+Post-Playback que para el Pre-Playback, en los tratamientos de las segundas partes del canto.

Los resultados entre la comparación de las tasas de respuesta durante el Pre-Playback contra el Playback + Post-Playback muestran que los cardenalitos respondieron con llamados y vuelos cuando escucharon cantos completos, pero también cuando escucharon sólo la primera parte y sólo la segunda parte de los cantos.

RESPUESTA INTRA-INDIVIDUAL ANTE LAS DIFERENTES PARTES DEL CANTO

LLAMADOS Y VUELOS

Se obtuvo una respuesta cuadrática en relación a la respuesta en llamados ante las partes del canto (RMANOVA: $F_1 = 11.05$, $P = 0.006$, Figura 19) y una interacción significativa entre esta respuesta y el número de elementos introductorios (4, 5 o 6 elementos introductorios) de los cantos (RMANOVA: $F_2 = 7.23$, $P = 0.009$).

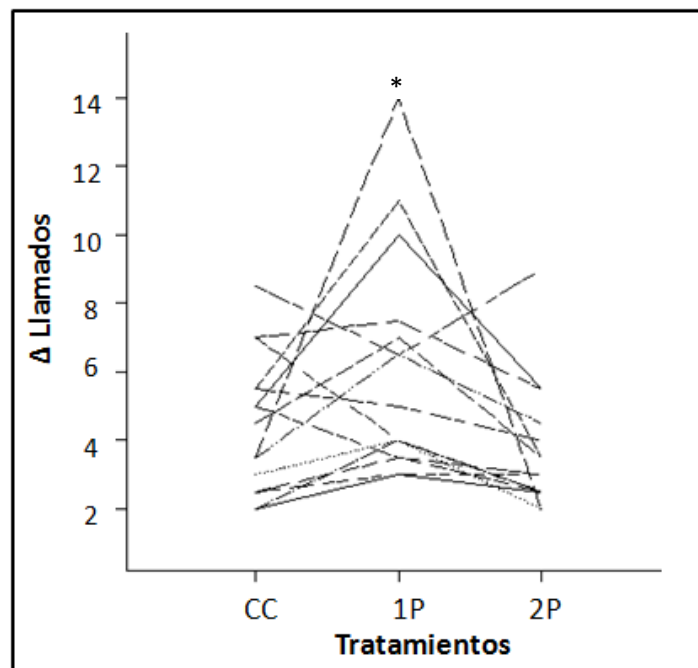


Figura 19. Respuesta cuadrática significativa a la diferencia (Δ) en la tasa de llamados a los tratamientos del canto (CC= Canto Completo, 1P= Primera Parte y 2P= Segunda Parte). Cada línea representa a cada uno de los 15 individuos sometidos al experimento.

La prueba post-hoc de Student-Newman-Keuls (S-N-K) dio como resultado que los cardenalitos llamaron más ante la primera parte del canto que a la segunda parte canto e incluso al canto completo (Figura 19). Cuando sólo se tomaron en cuenta los cantos con 4 elementos introductorios se observó el mismo patrón: respondieron más al

escuchar la primera parte del canto que al canto completo y a la segunda parte del canto (RMANOVA: $F_{4, 2} = 10.062$, $P = 0.007$); Figura 20).

Cuando se analizaron sólo los cantos con 5 elementos introductorios, la respuesta de los cardenalitos no difirió entre tratamientos (RMANOVA: $F_{4, 2} = 1.000$, $P = 0.410$, Figura 21); de la misma forma al analizar sólo los cantos de 6 elementos introductorios no difirió entre los tratamientos (ANOVAMR: $F_{4, 2} = 0.831$, $P = 0.470$, Figura 22); los cardenalitos no respondieron de manera diferente a los tratamientos (CC, 1P y 2P) que presentaban 5 y 6 elementos introductorios.

La respuesta en vuelos no mostró diferencias significativas (ANOVA MR: $F_1 = 0.024$, $P = 0.879$).

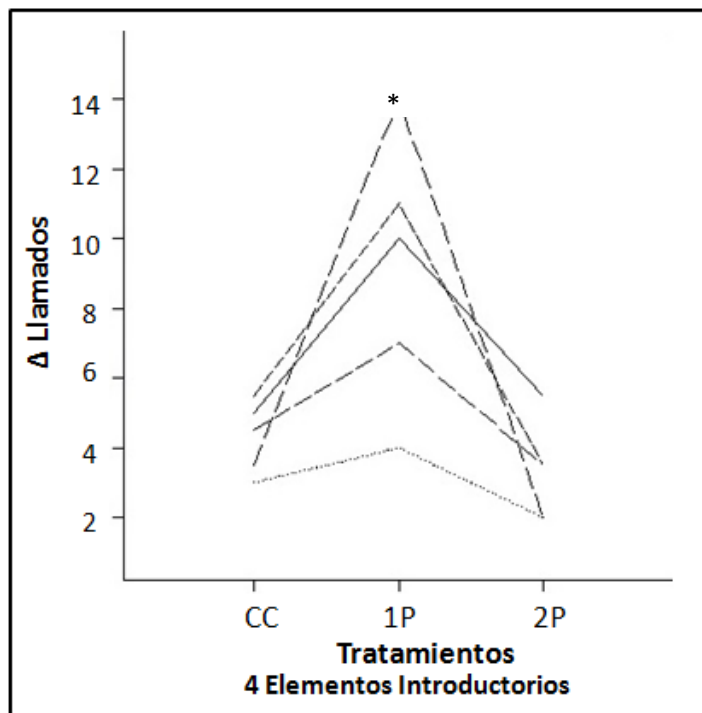


Figura 20. Respuesta significativa entre la diferencia (Δ) de llamados relacionada a la primera parte (1P) del canto cuando se tienen 4 elementos introductorios; para los tratamientos de canto completo (CC) y segunda parte (2P) no se obtuvieron diferencias significativas. Cada línea representada en la gráfica corresponde a cada uno de los individuos.

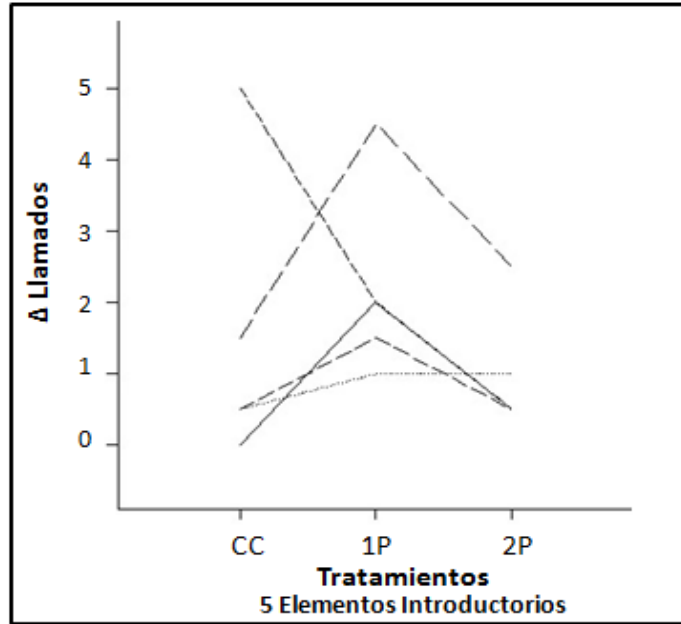


Figura 21. Respuesta no significativa en la diferencia (Δ) de llamados ante los tratamientos de canto completo, primera parte y segunda parte del canto (CC, 1P y 2P) sólo con 5 elementos introductorios. Cada línea representada en la gráfica corresponde a cada uno de los individuos.

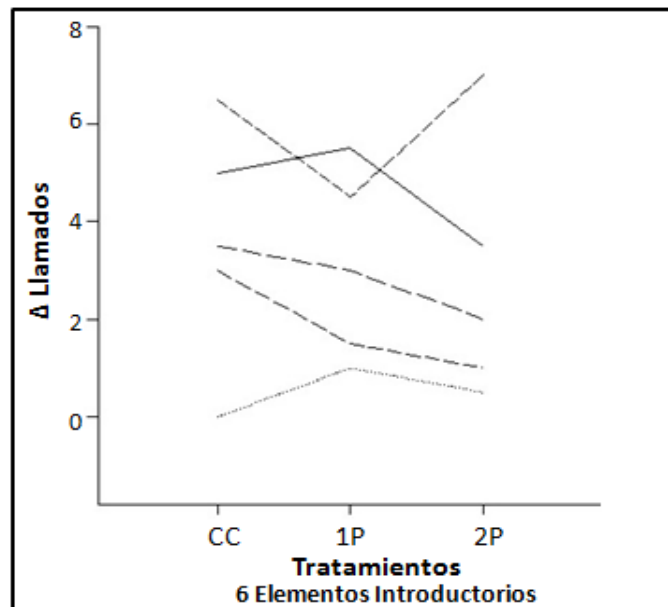


Figura 22. Respuesta no significativa en la diferencia (Δ) de llamados ante los tratamientos de canto completo, primera parte y segunda parte del canto (CC, 1P y 2P) sólo con 6 elementos introductorios. Cada línea representada en la gráfica corresponde a cada uno de los individuos.

RESPUESTA INTER-INDIVIDUAL ANTE LAS DIFERENTES PARTE DEL CANTO

LLAMADOS Y VUELOS

Los cardenalitos no responden de manera diferente al ser expuestos a cantos completos con diferente números de elementos introductorios (ANOVA, $F= 1.51$, $df= 2$, $P= 0.259$, Figura 23). De igual forma al ser expuestos a segundas partes del canto provenientes de cantos con diferente número de elementos introductorios la respuesta no difirió (ANOVA, $F= 1.44$, $df= 2$, $P=0.274$, Figura 24). Sin embargo, los cardenalitos respondieron de forma diferente (llamados) ante las primeras partes del canto que diferían en el número de elementos introductorios (ANOVA, $F= 5.27$, $df= 2$, $P= 0.023$, Figura 25). La prueba post-hoc de Student-Newman-Keuls, mostró que los cardenalitos llaman más ante primeras partes del canto con 4 elementos introductorios que ante primeras partes de canto con 5 y 6 elementos.

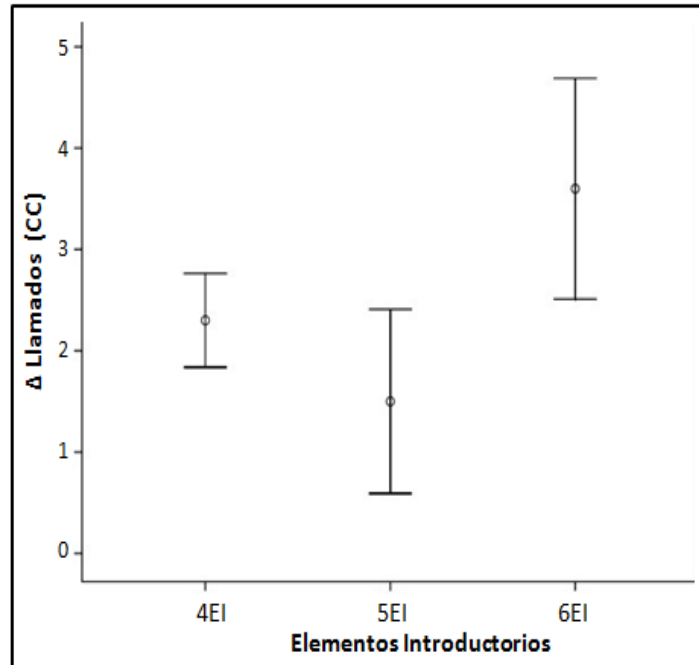


Figura 23. Respuesta no significativa en la comparación de los llamados entre individuos ante el canto completo proveniente de 4, 5 y 6 elementos introductorios (EI).

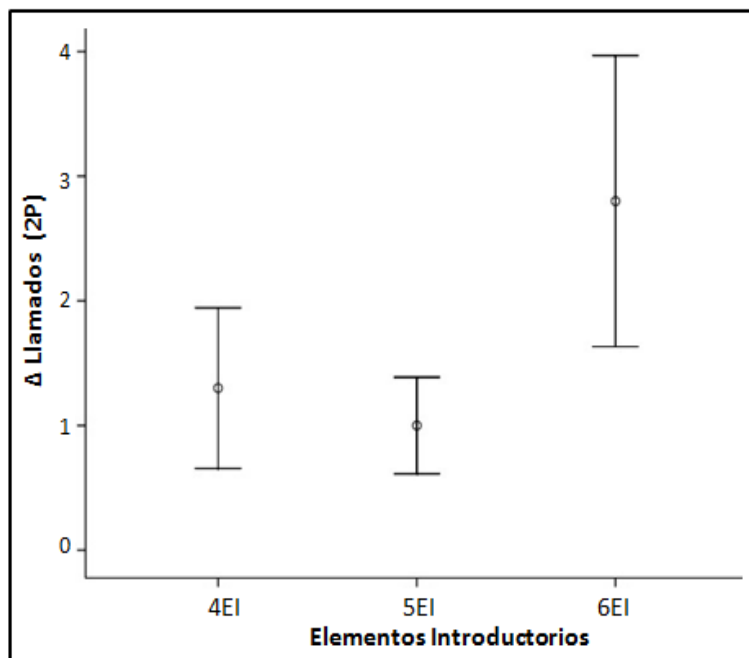


Figura 24. Respuesta no significativa en la comparación de los llamados entre individuos ante la segunda parte del canto proveniente de 4, 5 y 6 elementos introductorios (EI).

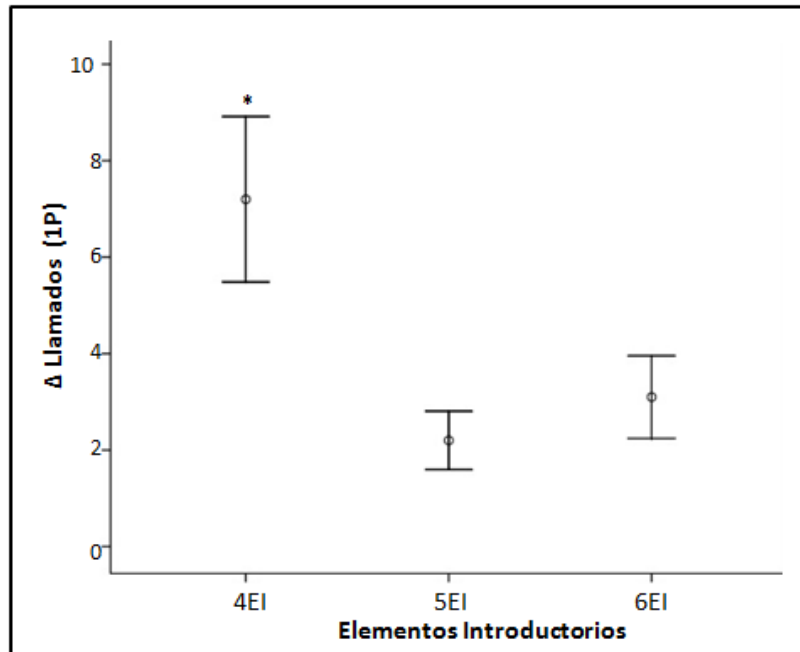


Figura 25. Respuesta significativa mayor en llamados y entre individuos, ante la primera parte del canto con 4 elementos introductorios, que ante primeras partes del canto con 5 y 6 elementos introductorios (EI).

La respuesta en vuelos no difirió al ser expuestos a cantos completos con diferente número de elementos introductorios ($F= 0.99$, $df= 2$, $P=0.399$), de la misma forma para las primeras partes del canto con diferentes número de elementos introductorios ($F=2.08$, $df=2$, $P= 0.167$), o a segundas partes del canto provenientes de cantos con diferente número de elementos introductorios ($F=0.63$, $df= 2$, $P=0.548$).

DISCUSIÓN.

En los resultados obtenidos de la comparación entre las tasas de respuesta durante el Pre-Playback y el Playback+Post-playback, se obtuvo una mayor respuesta en llamados y vuelos de percha a percha durante y después de la reproducción de los tratamientos (Playback+Post-playback) que antes de la exposición a los cantos. Por lo tanto los cardenalitos respondieron con llamados y vuelos ante la reproducción de los tratamientos utilizados, es decir, que hubo una respuesta por parte de los individuos al escuchar cantos completos, pero también cuando escucharon sólo la primera parte y sólo la segunda parte de los cantos.

Esto sugiere que los cardenalitos perciben los cantos completos, las primeras partes y las segundas partes como provenientes de otros cardenalitos: las primeras partes y segundas partes por si solas parecen contener información sobre identidad de especie.

RESPUESTA INTRA-INDIVIDUAL

La respuesta en llamados fue la conducta más registrada, esta se puede interpretar como amenazante ante los individuos del experimento; Rivera-Cáceres y colaboradores (2011) sugieren que los machos de *Pyrocephalus rubinus* usan los llamados en lugar de cantos ante situaciones más amenazantes.

Se obtuvo una mayor respuesta en llamados en la primera parte (1P) del canto, que al canto completo y a la segunda parte del canto, cuando se tienen 4 elementos introductorios. Para el caso de 5 y 6 elementos introductorios con cada una de las partes del canto (CC, 1P y 2P) no se obtuvo una respuesta diferente.

Estos resultados sugieren que la segunda parte del canto podría funcionar como un atenuador de la agresión, al responder más a las primeras partes del canto

(que carecían de segunda parte) que a cantos completos y a la segunda parte; sin embargo, de ser así, este atenuador parece ocurrir solo cuando se trata de cantos cortos de 4 elementos introductorios. Con cantos más largos de 5 y de 6 elementos introductorios, que parecen ser interpretados como señales más agresivas (Ríos-Chelén *et al.*, 2005), el factor de atenuación parece ser neutralizado.

Otro factor que se puede tomar en consideración para los resultados obtenidos en este experimento es la presencia del periodo de construcción del nido y anidación; en este estudio no se registraron observaciones de presencia de nidos o construcción de los mismos, a pesar de hacer las pruebas durante la época de reproducción del cardenalito. En el estudio de Ríos-Chelén & Macías Garcia (2007) con individuos de cardenalito se registró que las canciones más largas (con más elementos introductorias) pueden ser interpretados por los machos territoriales como más amenazante especialmente después de la aparición de la construcción del nido. La respuesta del individuo dentro de su territorio se ve intensificada (vuelan en vez de llamar) ante la presencia de un intruso después de la construcción de nido. Así, la paternidad podría verse priorizada mediante la defensa del territorio; mientras que antes de la construcción del nido los individuos llevaron a cabo la delimitación de sus territorios, por lo que la proclamación y defensa del mismo se ve interpretada con respuestas en el aumento de llamados (Ríos-Chelén & Macías Garcia, 2007).

Ríos-Chelén & Macías Garcia (2007) concluyen que la percepción de los individuos a las variantes en la longitud del canto cambia con la época de reproducción y la respuesta de llamados es mayor antes de la construcción del nido. Por último describieron la respuesta de llamado como señal de advertencia para repeler intrusos antes de la construcción del nido y el cambio en la respuesta de llamado fue sustituido por el vuelo (búsqueda de intrusos) después de la construcción del nido. Esta última pauta acerca del vuelo se puede relacionar con nuestros resultados, ya que no encontramos diferencias significativas para la respuesta del vuelo en este estudio, lo cual podría deberse a que durante nuestro experimento los individuos aún no estaban en el periodo de creación de nido, o

teníamos una mezcla de individuos antes de la construcción del nido y otros machos en una etapa posterior a empezada la construcción, lo que podría confundir nuestros resultados; sin embargo no podemos saber si este fue el caso, ya que no se registró ninguna observación de creación de nido entre los individuos de estudio.

Los resultados obtenidos para conocer la respuesta intra-individual del cardenalito recae principalmente de la separación del canto (canto completo, primera parte y segunda parte del canto) para los tratamientos, lo cual da información acerca de la parte del canto que brinda identidad de especie. La respuesta significativa en la primera parte del canto es de importancia, ya que de acuerdo a la literatura en esta parte se localiza la variación que pueden presentar de manera individual en los cardenalitos (Ríos-Chelén *et al.*, 2005). En otras especies, cada parte de la estructura del canto contiene información sobre el mensaje que brinda el emisor; Brenowitz (1982) describe a los caracteres introductorios como de importancia para el desempeño en el papel de reconocimiento individual, ya que pueden representar la variabilidad individual o como nota de alerta en cantos degradados por la distancia.

Por último, no solo se debe tomar en cuenta el estudio durante la época de reproducción, sino también la localización de las actividades de la pareja dentro del territorio para poder hacer una relación entre el estado de alerta que se puede encontrar el macho por la creación del nido y que tan amenazante pudiera ser un intruso dentro del territorio. Las características ambientales y las condiciones temporales (aspectos ambientales acústicos y selección sexual en los individuos) se han tomado en cuenta para tratar de comprender las variaciones que se pueden encontrar en el canto de las aves y las situaciones en las que se pudiesen presentar algún tipo de variación en el canto (Brenowitz, 1983); por ejemplo, se han hecho estudios para evaluar la importancia del traslape de épocas de reproducción en especies con cantos similares, la discriminación entre individuos del mismo género, la distancia que se presenta entre territorios que pudiesen intervenir en la comunicación, además del ruido que se puede presentar como interruptor y distorsionador del canto entre individuos (Brenowitz, 1983; Cure *et al.*, 2012).

RESPUESTA INTER-INDIVIDUAL

Para encontrar una relación inter-individual los cardenalitos fueron sometidos a los 3 tratamientos del canto (canto completo, primera y segunda parte del canto) evaluando la respuesta ante la variación de elementos introductorios. Los individuos expuestos a primeras partes del canto respondieron más cuando estas partes tenían 4 elementos introductorios que cuando tenían 5 o 6. Por otro lado, las gráficas mostraron una ligera tendencia (no significativa) a llamar más ante cantos completos con 6 elementos introductorios; y segundas partes provenientes de cantos con 6 EI, que solo con 4 o 5 EI. Las primeras partes del canto parecen ser más amenazantes cuando tiene 4 EI, en vez de 5 y 6 EI, pero no así los cantos completos de diferente longitud.

Obtener una mayor respuesta por parte de los cardenalitos ante primeras partes de 4 elementos introductorios que ante primeras partes de 5 o 6 elementos, respalda la idea de que perciben primeras partes con 4 elementos introductorios como más amenazantes que primeras partes con 5 o 6 elementos. Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad de que podría ser al revés: primeras partes con 4 elementos menos amenazantes que primeras partes con 5 o 6 elementos.

Cualquiera que sea el caso, los resultados muestran que los cardenalitos discriminan entre primeras partes con diferente número de elementos introductorios, probablemente porque el número de elementos introductorios es el atributo del canto clave que da información sobre el nivel de amenaza de intrusos (este estudio). El estudio previo de Ríos-Chelén & Macías Garcia (2007) mostró que los cardenalitos responden diferencialmente ante cantos con diferente longitud, pero no separó un posible efecto de otras variables acústicas potencialmente correlacionadas con el número de elementos introductorios. Responder apropiadamente a diferentes niveles de amenaza puede reducir el costo energético asociado a la defensa del territorio (Briefer *et al.*, 2009).

El experimento hecho por Lattin & Ritchison (2009) con la especie *Passerina caerulea*, describe un incremento en la respuesta de los individuos a cantos con una mayor duración, siendo interpretados como más amenazantes. Mientras que un estudio hecho con individuos de ambos sexos de la especie *Acrocephalus arundinaceus* (Catchpole *et al.*, 1986) fueron sometidos al Playback de dos tipos de cantos (largos y cortos), teniendo como resultado que las hembras respondieron únicamente a cantos más largos, de esta forma se concluyó que los cantos más largos tienen una función sexual, por lo que esta variación en la duración podría ser resultado de la selección inter-sexual a través de la elección femenina. Los autores llegaron a la conclusión que los individuos interpretan los cantos cortos como más agresivos; de esta forma los resultados obtenidos por Catchpole y colaboradores (1986) son similares a lo que encontramos en el presente estudio.

Los resultados obtenidos en este estudio van en contra de lo obtenido por Ríos-Chelén & Macías Garcia en el 2007, que obtuvieron por parte de los cardenalitos una mayor respuesta en a los cantos completos con un mayor número de elementos introductorio, mientras que en el presente estudio obtuvimos una respuesta mayor a primeras partes con un menor número de elementos. En el presente estudio se encontró una diferencia significativa ante primeras partes con un número variable de elementos, mientras que en el estudio de Ríos-Chelén & Macías Garcia (2007) la diferencia conductual ocurrió ante cantos completos. En esta tesis encontramos una tendencia no significativa a llamar más ante cantos completos con 6 elementos, que ante cantos completos más cortos, lo que va de acuerdo a lo reportado por Ríos-Chelén & Macías Garcia (2007). Es posible que esta diferencia no llegara a ser significativa ya que en el presente estudio, utilizamos solo 5 machos por tratamiento para esta comparación. Ríos-Chelén y colaboradores (2005) encontraron que los cardenalitos aumentan el número de elementos introductorios después de la construcción del nido. Este comportamiento se puede deber a las relaciones extramaritales que presentan los cardenalitos, ya que algunos individuos fueron encontrados en los territorios vecinos durante las mañanas en el día y se sabe que en esta especie puede ocurrir reproducción extra-pareja (Ríos-Chelén *et al.*, 2008). Cantar cantos más largos podría estar relacionado con un

aumento en la defensa del territorio o de la paternidad, y particularmente después del inicio en la construcción del nido, cuando las posibilidades de infidelidad y pérdida del territorio podrían ser de alto costo para un individuo (Ríos-Chelén *et al.*, 2005). De esta forma, es de importancia el conocimiento de las actividades realizadas en la época de reproducción para poder hacer una asociación entre la conducta de los individuos y las actividades con pareja y de esta forma comprender la respuesta que dieron ante el experimento.

La respuesta en vuelos no difirió al ser expuestos a cantos completos con diferente número de elementos introductorios, ni al ser expuestos a primeras partes con diferente número de elementos; ni a segundas partes provenientes de cantos con número variable de elementos. En el experimento hecho por Ríos-Chelén & Macías García (2007), los cardenalitos respondieron con vuelos a cantos más largos que cortos durante la construcción del nido; los autores interpretaron la respuesta en vuelos como la búsqueda de intrusos después de la construcción del nido. La actividad de vuelo (búsqueda de un intruso) podría ser una conducta más agresiva que una respuesta en llamados (Ríos-Chelén & Macías-García, 2007). De acuerdo a la falta de una diferencia significativa en la conducta de vuelo en nuestro experimento podría darnos un indicio de la falta de interés de los individuos en la búsqueda de los intrusos dentro de sus territorios.

Finalmente los resultados obtenidos para las dos pruebas entre las relaciones intra e inter- individual en este experimento nos brinda información acerca de la discriminación entre cantos, ya que sí hubo una respuesta ante las diferentes partes del canto, este resultado se encuentra en las primeras partes del canto en ambas pruebas hechas. La primera parte del canto fue donde se puede encontrar una mayor variación del canto entre machos de cardenalito (Ríos-Chelén *et al.*, 2005).

La conducta de los cardenalitos en este experimento fue significativa únicamente para los llamados. Esta respuesta se puede relacionar con interacciones de defensa del territorio previas a la construcción del nido (Ríos-Chelén & Macías García, 2007); por otro lado, Rivera-Cáceres y colaboradores

(2011) sugieren que los machos de *Pyrocephalus rubinus* usan los llamados en lugar de cantos ante situaciones más amenazantes. Por último la presencia de modificaciones en el canto o repertorio se ve presente durante la época de reproducción. Estas variaciones se observan en diversas especies en cambios en la duración del canto y aumento en la frecuencia del canto hasta anexos de sílabas en los repertorios (Rehsteiner, 1998; Ríos-Chelén & Macías Garcia, 2007; Vargas-Castro, 2013). De acuerdo a lo mencionado anteriormente, es de importancia el conocimiento acerca de las etapas de reproducción en relación al experimento, para poder describir mejor estos escenarios en comparación con la conducta y la forma de reaccionar de los individuos, ante situaciones estresantes como lo pudieron ser los tratamientos a los que fueron expuestos.

CONCLUSIÓN.

Los cardenalitos respondieron más con vuelos y llamados durante y después de la reproducción de los tratamientos (Playback+Post-Playback) que durante el Pre-Playback. Todos los individuos respondieron a los tratamientos sin importar el orden en que se encontrara el canto completo o alguna de las partes del canto (primera y segunda parte). Estos resultados sugieren que los cardenalitos reconocen el canto como perteneciente a su especie, aun cuando solo escuchen la primera o segunda parte del mismo. Es decir, la primera y segunda parte del canto transmiten por sí solas información sobre identidad de especie.

Los cardenalitos respondieron más con llamados a las primeras partes del canto que al canto completo y que a las segundas partes del canto. Esto ocurrió cuando los tratamientos provenían de cantos con 4 elementos introductorios; la diferencia en respuesta se desvaneció cuando los tratamientos provenían de cantos con 5 o 6 elementos introductorios. Estos resultados sugieren que en cantos con 4 elementos introductorios, la segunda parte funciona como un atenuador de grado de amenaza percibido por los individuos, no así con cantos de 5 o 6 elementos introductorios.

Los cardenalitos incrementaron el número de llamados más al escuchar primeras partes con 4 EI, que al escuchar primeras partes con 5 o 6 EI. Esto sugiere que las primeras partes con 4EI son interpretadas como más amenazantes que primeras partes con 5 o 6 elementos introductorios.

Finalmente se recomienda un experimento con una misma metodología pero tomando en consideración en qué parte de la época de reproducción se encuentra el individuo, para de esta forma relacionar posibles escenarios reproductivos con la conducta de los individuos y tener una idea más clara de la interpretación de la respuesta de los machos a las diferentes partes del canto.

ANEXO 1.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Pyrocephalus rubinus (Boddaert, 1783), conocido comúnmente como cardenalito, pertenece al orden Paseriformes y está ubicado en la familia Tyrannidae (Figura 8)



Figura 8. Fotografía tomada y donada por Sandra José Ramírez, 2015. Individuos de la especie *Pyrocephalus rubinus*, del lado izquierdo se encuentra la hembra y del lado derecho el macho.

Mide entre 13 y 14 cm y pesa aproximadamente 14 gramos. Presenta dimorfismo sexual. El macho se caracteriza por tener un pecho de color rojo intenso y un copete en la cabeza del mismo color, mientras que su espalda, cola y alas tienen a ser color marrón; esta coloración llega hasta la altura de la nuca y hacia los lados, cubriendo los ojos como un antifaz. Las hembras presentan un color marrón suave y su vientre puede variar entre una gama de colores rosados o anaranjados (Wolf & Jons, 2000). Durante el período reproductivo el macho adquiere coloración roja brillante y después de la reproducción parte de sus plumas se hacen castañas u opacas, características del descanso sexual.

Esta especie se distribuye desde Estados Unidos hasta el norte de Chile y Argentina; habita en campos abiertos, montes, entre la vegetación acuática y en las orillas de los bosques. Su dieta está basada principalmente de insectos y algunos artrópodos (Wolf & Jons, 2000), caza mediante una observación desde la percha y vuela para atrapar su alimento.

El canto que presenta esta especie se describe como único en su repertorio y también presenta un llamado. La hembra incuba de 2 a 3 huevos que tardan en eclosionar aprox. 14 días. Durante la época reproductiva, los machos suelen volar por arriba del dosel de los arboles aproximadamente hasta 20 metros, haciendo un despliegue mientras cantan (Smith, 1967; Wolf & Jons, 2000); este tipo de vuelo puede observarse entre los meses de marzo y agosto (Ríos-Chelén & Macías-García, 2004). La función de este vuelo parece ser la de “proclamar” el territorio (Smith, 1967).

LITERATURA CITADA.

Arizmendi C. 2003. Estableciendo prioridades para la conservación de las aves, en H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.), Conservación de aves: experiencias en México. CIPAMEX-Conabio-NFWF, México, pp. 133-149.

Baptista, L. F. & Gaunt, S. L. 1997. Bioacoustics as a tool in conservation studies. In: Behavioral Approaches to Conservation in the Wild: 212-242 (J. R. Clemmons and R. Buchholz, Eds.). Cambridge: Cambridge University Press.

Baptista, L.F. & Schuchmann K.L. 1990. Song learning in the Anna Hummingbird (*Calypte anna*). Ethology 84:15-26.

Baptista, L.F. & Trail P.W. 1992. The role of song in the evolution of passerine diversity. Systematic Biology 41:242–247.

Beecher M. D. & Brenowitz E.A. 2005. Functional aspects of song learning in songbirds. TRENDS In ecology and evolution. Vol. 20 No.3

Brenowitz. E. A. 1982. Long-Range Communication of Species Identity by Song in the Red-Winged Blackbird. Behav Ecol and Sociobiol. 10: 29-38

Brenowitz. E. A. 1983. The contribution of temporal song cues to species recognition in the red-winged blackbird. Anim. Behav. 31: 1116-1127

Briefer E., Aubin T. & Rybak F. 2009. Response to displaced neighbors in a territorial songbird with a large repertoire. Naturwissenschaften. 96:1067–1077.

Brumm H. & Slater P. 2006. Animals can vary signal amplitude with receiver distance: evidence from zebra finch song. Animal Behavioural. 72, 699-705

Catchpole C.K. 1986. Song repertoires and reproductive success in the great reed warbler, *Acrocephalus arundinaceus*. Behavioural Ecology & Sociobiology 19:439–445.

Catchpole. C. K. 2000. Sexual selection and the evolution of song and brain structure in *Acrocephalus* warblers. *Adv. Study Behavioural*. 20, 45–97.

Catchpole C. K. & Slater P. J. 2008. Bird song: Biological themes and variations. Second edition. Cambridge University Press. New York USA.

Doutrelant C., Leitaó A., Otter K., Lambrechts M.M. 2000. Effect of blue tit song syntax on great tit territorial responsiveness – an experimental test of the character shift hypothesis. *Behav Ecol Sociobiol* 48:119–124

Escalante P., Navarro-Sigüenza A. G. & Peterson A. T. 1993. A Escalante, P., A.G. Navarro-Sigüenza y A.T. Peterson. 1993. A geographic, historical, and ecological analysis of avian diversity in Mexico, en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Biological diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press, Nueva York, pp. 281-307.

Ey E. & Fischer J. 2012. The “acoustic adaptation hypothesis”—a review of the evidence from birds, anurans and mammals. *Journal Bioacoustics*. Pages 21-48. Volume 19, Issue 1-2

Fletcher-Neville H., 2004. A simple frequency-sealling rule for animal communication. *Journal Acoustics Society*. Vol. 115, no. 5, p. 1.

Fitzsimmons L. P., Barker N. K. & Mennill D. J. 2008. Individual Variation and Leek-based Vocal Distinctiveness in Songs of the Screaming Piha (*Lipaugus vociferans*), a Suboscine Songbird. *The American Ornithologists' Union*. 125(4):908–914.

Gill F. B. 2006. “Ornithology”. Third editions. Audubon Society. Editorial Freeman and Company. New York. USA.

Hiebert S. M., P.K. Stoddard & P. Races. 1989. Repertoire size, territory acquisition and reproductive success in the song sparrow. *Animal Behavior* 37:266–273.

Hoelzel, A. R. 1986. Song characteristics and response to playback of male and female robins *Erithacus rubecula*. *Ibis* 128, 113–127.

Krebs, J., 1977. Song and territory in the Great tit *Parus major*. In: Evolutionary ecology: 47-62 (B. Stonehouse & C. Perrins, eds.). London: Macmillan.

Kroodsma D. E. 1984. Songs of the alder flycatcher (*Empidonax alnorum*) and willow flycatcher (*Empidonax traillii*) are innate. *Auk*, 101 13–24.

Kroodsma D. E. & Baylis, J. R. 1982. A world survey of evidence for vocal learning in birds. In: Acoustic Communication in Birds (ed. D. E. Kroodsma & E. H. Miller), pp. 311–37. New York: Academic Press.

Kroodsma D. E. & Konishi, M. 1991. A suboscine bird (eastern phoebe, *Sayornis phoebe*) develops normal song without auditory feedback. — *Anim. Behav.* 42: 477-487.

Kroodsma D. 2004. The diversity and plasticity of birdsong. Chapter 4. Nature's Music: The Science of Birdsong. Marler P. & Slabbekoorn H.. Elsevier Academic Press.

Lattin C. & Ritchison G. 2009. Intra- and intersexual functions of singing by male blue grosbeaks: the role of within-song variation. *The Wilson Journal of Ornithology*, 121(4), 714e721

Lambrechts, M. M. 1996. Organization of birdsong and constraints on performance. In: Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds, D.E. Kroodsma & E.H. Miller (eds.), pp. 305–320. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Lovell M.S.F. & Lein, M. R. 2003. Neighbor-stranger discrimination by song in a suboscine bird, the alder flycatcher, *Empidonax alnorum*. *Behav. Ecol.* 15: 799-804.

McCarthy E. M. 2006. Handbook of Avian Hybrids of the World. Oxford.

Marler P. & Slabbekoorn H. 2004. Nature's Music: The Science of Birdsong. Elsevier Academic Press.

Marler, P. 1970. A comparative approach to vocal learning: song development in White-crowned Sparrows. *Journal of Comparative and Physiological Psychology Monograph* 71: 1-25.

Martín-Vivaldi M., Palomino J. J., Soler M. & Martínez, J.G. 1999. Song strophe-length and reproductive success in a non-passerine bird, the hoopoe *Upupa epos*.—*Ibis* 141: 670-679.

Moller A. P., Saino G., Taramino P., Galeotti & S. Ferrario. 1998. Paternity and multiple signaling: Effects of a secondary sexual character and song on paternity in the barn swallow. *American Naturalist* 151:236–242.

Navarro A. & Benítez H. 2001. *El dominio del aire*, 2ª edición. México: FCE, SEP, Colección Ciencia para todos- CONACyT.

Navarro A.G. Peterson A.T. & Gordillo-Martínez A. 2003. Museums working together: The atlas of the birds of Mexico , en N. Collar, C. Fisher y C. Feare (eds.), *Why Museums Matter: Avian Archives in an Age of Extinction*. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 123A:207-225.

Navarro-Sigüenza A. G., Rebón-Gallardo M. F., Gordillo-Martínez A., Townsend-Peterson A., Berlanga-García H. & Sánchez-González L. A. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl.85: S476-S495.

Radford A.N., Kerridge E. & Simpson S. D. Acoustic communication in a noisy world: can fish compete with anthropogenic noise? 2014. *Behavioral Ecology*. 25,1022-1330.

Rehsteiner U., Geisser H. & Reyer, H. U. 1999. Singing and mating success in water pipits: one specific song element makes all the difference. —*Anim. Behav.* 55: 1471-1481.

Riede K. Acoustic monitoring of Orthoptera and its potential for conservation. 1998. *Journal of Insect Conservation*. Volume 2, Issue 3, pp 217-223

Ríos-Chelén A. A., Macías-García C. & Riebel K. 2005. Variation in the song of a sub-oscine, the vermilion flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*). *Behavior* 142, 1121-1138.

Ríos-Chelén A. A. & Macías García C. 2007: Responses of a sub-oscine bird during playback: effects of different song variants and breeding period. *Behav. Processes* 74, 319—325

Ríos-Chelén A. A., Graves J. A., Torres R., Serrano-Pinto M., D'Alba L. & Macías García. 2008. Intra-specific brood parasitism revealed by DNA micro-satellite analyses in a sub-oscine bird, the vermilion flycatcher. *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 21-3.

Ríos-Chelén A. A., Quirós-Guerrero E. Gil D. & Macías García C. 2012. Dealing with urban noise: vermilion flycatchers sing longer songs in noisier territories. *Behaviour Ecology Socio.biol.* 67:145–152.

Rivera-Cáceres K., Macías-García C., Quirós-Guerrero E. & Ríos-Chelén A.A. 2011. An interactive playback experiment shows song bout size discrimination in the sub-oscine vermilion flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*). *Ethology* 117, 1120–1127.

Sibley C. G. & Monroe B. L. 1990. *Distribution and taxonomy of the birds of the world*. Yale University Press. New Haven, Connecticut.

Smith W. J. 1967. Displays of the Vermilion Flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*). *Condor* 69:601 605.

Smith W. J. 1970. Courtship and territorial displaying in the Vermilion Flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*). *Condor* 72:488-491.

Smith W.J. & Smith, A.M. 1992. Behavioural information provided by two song forms of the eastern kingbird, *T. tyrannus*.—*Behavior* 120: 90-102.

Thomson S., LeDoux K. & Moody K. 1994. A System for describing birds song units. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*. Vol.5. no.4 pp. 267 279.

Tubaro P. L. 1999. Bioacústica aplicada a la sistemática, conservación y manejo de poblaciones naturales de aves. *Etology*. 7:19-32

Vabishchevich A. P. & Formozov N. A. 2010. Song variability in Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca*: impact of the sympatry with Collared Flycatchers *F. albicollis*. *Acta Ornithol.* 45: 189–202.

Villareal-Olvera E.T. 2014. Identificación del canto de *Turdus migratorius* utilizando un modelo acústico estadístico. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México (TESIS DE LICENCIATURA).

Vargas-Castro L. E. 2013. Plasticidad del canto del yigüirro (*Turdus grayi*) durante y entre épocas reproductivas sucesivas. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Universidad de Costa Rica.

Wasserman F.E. & Cigliano, J.A. 1991. Song output and stimulation of the female in White-throated sparrows. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 29: 55-59.

Wolf B. O. & Jones S. L. 2000. Vermilion Flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*). *The Birds of North America*, no. 484.