

ANÁLISIS DEL CANTO Y COMPORTAMIENTO DE *Sicalis flaveola* (Aves: Thraupidae) EN UN GRADIENTE DE RUIDO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE ARMENIA, QUINDÍO

Melanie Alexandra Reyes Cabezas

Ana María Riveros Bonilla

Autores

Sergio Losada-Prado Ph.D

Director

Álvaro Botero-Botero M.sc

Codirector

Universidad del Quindío

Facultad de Educación

Licenciatura en Biología y Educación Ambiental

Armenia, Quindío

2019

**ANÁLISIS DEL CANTO Y COMPORTAMIENTO DE *Sicalis flaveola* (Aves:
Thraupidae) EN UN GRADIENTE DE RUIDO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE
ARMENIA, QUINDÍO**

Melanie Alexandra Reyes Cabezas

Ana María Riveros Bonilla

Autores

**Trabajo de investigación presentado para optar el título de
Licenciada en Biología y Educación Ambiental**

Sergio Losada-Prado Ph.D

Director

Álvaro Botero-Botero M.sc

Codirector

Universidad del Quindío

Facultad de Educación

Licenciatura en Biología y Educación Ambiental

Armenia, Quindío

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

*Este trabajo lo queremos dedicar a nuestras familias,
quienes con todo su apoyo han ayudado a lograr terminar
esta importante fase de nuestro proceso de formación personal y profesional.*

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a:

Al Profesor Sergio Losada Prado por darnos los conocimientos necesarios para llevar a cabo este trabajo.

Al profesor Álvaro Botero-Botero por darnos su apoyo moral e incondicional, además por brindarnos sus conocimientos en las asignaturas cursadas y para la realización de este trabajo.

A las Instituciones educativas, Rufino Sur, Sede Madre Marcelina, INEM José Celestino Mutis Sede Principal, Hojas Anchas Sede La Pola, General Santander y Universidad del Quindío que nos abrieron un espacio para realizar las socializaciones de los resultados.

Al programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental (Profesores y Compañeros) por habernos acompañado en todo nuestro proceso educativo.

1. TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
1. TABLA DE CONTENIDO.....	6
2. LISTA DE FIGURAS.....	8
3. LISTA DE TABLAS.....	9
4. RESUMEN.....	10
Palabra claves: Vocalización, aves, urbanización.....	10
5. INTRODUCCIÓN.....	11
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
7. JUSTIFICACIÓN.....	14
8. OBJETIVOS.....	15
8.1. Objetivo general.....	15
8.2. Objetivos específicos.....	15
9. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL.....	16
9.1. Vocalizaciones.....	16
9.2. Contaminación acústica y ruido vehicular.....	16
9.3. Comportamiento.....	17
10. ANTECEDENTES.....	18
11. METODOLOGÍA.....	21
11.1. Área de estudio.....	21
11.2. Determinación de la intensidad de ruido para selección de zonas de muestreo.....	21
11.3. Fase de Campo.....	22
11.3.1. Grabación de los cantos.....	22
11.3.2. Comportamiento de las aves.....	23
11.3.3 Descripción de las actividades.....	23
11.4. Urbanizando el aula.....	24
11.5. Análisis de datos.....	24
12. RESULTADOS.....	26

12.1.	Determinación de la intensidad de ruido para selección de zonas de muestreo	26
12.2.	Análisis del canto	26
12.3.	Comportamiento de las aves	30
12.3.1.	Efecto del ruido vehicular sobre el comportamiento del canario común ¡Error! Marcador no definido.	
12.4.	Urbanizando el aula.....	32
13.	DISCUSIÓN.....	34
14.	CONCLUSIONES.....	38
15.	RECOMENDACIONES	39
16.	BIBLIOGRAFÍA.....	40

2. LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación del Área de Estudio.....	22
Figura 2.	Variables bioacústicas para el análisis del canto de <i>s. flaveola</i>	25
Figura 3.	Espectrogramas del canto de <i>S. flaveola</i> en el gradiente de ruido vehicular	27
Figura 4.	Diagrama de cajas de las variables bioacústicas del canto de <i>Sicalis flaveola</i> . A. Duración del canto. B. Numero de notas. C. Frecuencia mínima. D. Frecuencia máxima. E. Rango de frecuencia.	28
Figura 5.	Análisis de componentes principales para las variables bioacústicas del canto de <i>S. flaveola</i>	29
Figura 6.	Grafica de barras para la frecuencia de cantos de <i>S. Flaveola</i> en los distintos tratamientos (zonas de alto, medio y bajo ruido).....	30
Figura 7.	Patrón de actividad de <i>Sicalis flaveola</i> .DES: descanso, DS-VUE: desplazamiento por vuelo, DS-CAM: desplazamiento por caminata, AL: alimentación, AC: acicalamiento, VO: vocalización.....	31
Figura 8.	Registro fotográfico de la actividad urbanizando el aula.....	33

3. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Prueba de comparación múltiple LSD Fisher entre tratamientos de intensidad de ruido evaluados en la ciudad de Armenia.....	26
Tabla 2. Valores -P de la prueba de Kruskal-Wallis de las actividades frente a localidades	31

4. RESUMEN

Las aves que usan los cantos como medio de comunicación intra e interespecífica constituyen una de las clases más afectadas por la contaminación acústica, ya que el ruido puede enmascarar el canto o disminuyendo la eficacia de estos. Este estudio estimó el efecto del ruido vehicular sobre las vocalizaciones y el comportamiento de *Sicalis flaveola* en Armenia Quindío. Se obtuvieron 120 grabaciones en tres sitios de muestreo (Avenida Bolívar (alta), Conjunto residencial (media) y Finca Villa Rosa (baja) intensidad de ruido) con un equipo de bioacústica y simultáneamente se realizó el registro continuo del comportamiento del canario. Se evidenció un efecto directo de ruido vehicular sobre *S. flaveola* dado que, en el área de más intensidad de ruido, los cantos son cortos y la actividad empieza en la madrugada cuando la ciudad está tranquila frente a la zona de baja intensidad; además, en esta zona el canario utiliza más el vuelo como mecanismo de desplazamiento mientras que en la zona baja se desplaza por caminata. Los datos obtenidos ponen de manifiesto que existe un efecto en el canto y comportamiento de la especie estudiada, es común que en las áreas urbanas las especies silvestres se adapten a los sitios perturbados acústicamente.

Palabra claves: Vocalización, aves, urbanización.

5. INTRODUCCIÓN

Actualmente el crecimiento poblacional ha generado un impacto en la expansión urbanística, que incluye aumento en los niveles de ruido vehicular, ampliación de infraestructura, fragmentación de los ecosistemas entre otros; a partir de esto se ha desencadenado una serie de efectos negativos para las especies de animales y plantas que habitan dentro de la ciudad (Brumm, 2013). La ciudad de Armenia no es ajena a dicha problemática, puesto que presenta contaminación por ruido automotor; los buses, camiones y motocicletas son las principales fuentes móviles que aportan a los altos niveles de presión sonora en la ciudad especialmente en la zona urbana (Beltrán & Beltrán, 2006).

Los cambios producidos por el urbanismo obligan a las especies de animales y plantas a adaptarse a las nuevas condiciones o a desaparecer (Aragón, 2013). Las aves debido a su recepción de sonidos para su comunicación intra e interespecífica y demás actividades cotidianas (Ruiz, Rubines & Lahoz, 2006), constituyen una de las clases más afectadas por este problema, reportándose que el ruido antropogénico puede enmascarar los efectos acústicos, disminuyendo la eficacia de los llamados de alerta, señales de defensa territorial y apareamiento (Slabbekoorn & Peet, 2003; Slabbekoorn & den Boer-Visser, 2006), lo cual trae consecuencias demográficas graves como cambios en la abundancia y en la estructura de la comunidad (Francis, Ortega & Cruz, 2009). El ruido antropogénico intenso es no solo un potencial enmascarador de señales, sino que también podría representar una amenaza para la salud de las aves, similar a los efectos graves que tiene en los seres humanos (Brumm, 2013).

Las funciones principales de los cantos de las aves son, la defensa del territorio y la reproducción, las presiones evolutivas llevaron a la gran diversidad que se puede observar en los cantos de las diferentes especies de todo el mundo (Catchpole & Slater, 2008).

Por otro lado, el canario coronado (Orden passeriformes; Thraupidae: *Sicalis flaveola*) es una especie muy común dentro de la ciudad, es conspicua y de fácil observación además tiene registro para el departamento del Quindío (Hilty & Brown, 2001). Además, son organismos que desempeñan un papel ecológico fundamental, puesto que cumplen funciones como controladores de poblaciones de insectos, dispersores de semillas y polinizadores (Kattan, Serrano & Aparicio, 1996). Así, el objetivo de este estudio fue analizar el canto y comportamiento de *Sicalis flaveola* en un gradiente de ruido vehicular en la ciudad de Armenia Quindío.

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cambios producidos por el urbanismo obligan a las especies de animales y plantas a adaptarse a las nuevas condiciones o a desaparecer (Aragón, 2013). Las modificaciones en los ambientes urbanos, que van de la mano con el crecimiento urbanístico, tienen efectos negativos para las comunidades de aves urbanas, como la pérdida de lugares para la nidificación, aumento en el número de depredadores, proliferación de los campos electromagnéticos, incremento en los niveles de contaminación atmosférica y acústica (Aragón, 2013).

En la ciudad de Armenia, los buses, camiones y motos son las principales fuentes móviles que aportan a los altos niveles de presión sonora en la ciudad especialmente en la zona urbana (Beltrán & Beltrán, 2006). En los últimos seis años se ha evidenciado un incremento exponencial de un 108% de vehículos matriculados en la ciudad (SETTA, 2017), característica que ha acrecentado los problemas de transporte, tráfico y movilidad, ocasionando frecuentemente condiciones severas de embotellamiento.

Por la problemática expuesta anteriormente, es necesario identificar las consecuencias del ruido vehicular sobre especies silvestres en la ciudad de Armenia. Para lo cual, es fundamental analizar el impacto sobre las vocalizaciones de las aves y los patrones comportamentales que éste genera sobre las especies. Por esta razón, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el impacto del ruido vehicular sobre el canto y comportamiento de la especie *Sicalis flaveola* en ambientes de ruido vehicular en la zona norte de la ciudad de Armenia Quindío?

7. JUSTIFICACIÓN

La contaminación acústica afecta a las aves y produce consecuencias como: respuestas de estrés, cambios en la respuesta a estímulos, compromete el éxito reproductivo de los individuos, cambios en la comunicación vocal, pérdida de la capacidad de oír los depredadores y otros sonidos importantes (Ortega, 2012).

Las aves debido a su recepción de sonidos para su comunicación intra e interespecífica y demás actividades cotidianas (Ruiz, Rubines & Lahoz, 2006), constituyen una de las clases más afectadas por este problema, reportándose que el ruido antropogénico puede enmascarar los efectos acústicos, disminuyendo la eficacia de los llamados de alerta, señales de defensa territorial y apareamiento (Slabbekoorn & Peet, 2003; Slabbekoorn & den Boer-Visser, 2006), lo cual trae consecuencias demográficas graves como cambios en la abundancia y en la estructura de la comunidad (Francis, Ortega & Cruz, 2009).

De acuerdo con lo anterior, realizar este estudio es fundamental porque brindará información sobre el impacto que tiene el ruido vehicular en la vocalización y comportamiento de la especie *Sicalis flaveola*. Además, aportará nuevo conocimiento en el área bioacústica y ayudará a dar elementos de juicio para conservar la avifauna de la ciudad de Armenia. El estudio podría abrir espacio a nuevas investigaciones de más profundidad, en la misma especie, o en otras especies de aves urbanas. Los resultados servirán de apoyo a entidades dedicadas a la conservación de especies de aves y la comunidad estudiantil y científica para promover estrategias que sensibilicen a la población frente a la generación de ruido vehicular.

8. OBJETIVOS

8.1. Objetivo general

Analizar el canto y comportamiento de *Sicalis flaveola* en un gradiente de ruido vehicular en la ciudad de Armenia-Quindío.

8.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la intensidad de ruido en las zonas de muestreo.
- Describir las características estructurales y temporales del canto de *S. flaveola* en un gradiente de ruido vehicular (alto, medio y bajo) en la ciudad de Armenia-Quindío.
- Analizar el comportamiento de *S. flaveola* en presencia y ausencia de ruido vehicular.
- Socializar los resultados con estudiantes en cinco instituciones educativas del departamento del Quindío.

9. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

9.1. Vocalizaciones

Cuando un ave vocaliza, produce un sonido que sirve para comunicarse con otros miembros de su especie, este canto es una estructura especial utilizado únicamente en la comunicación, finalmente denominado una señal (Catchpole & Slater, 2008). Las funciones más conocidas de estas señales son de carácter sexual, pues implican varios procesos comportamentales como la atracción y selección de pareja, o el mantenimiento y defensa de un territorio (Chu & Blumstein, 2011).

Por lo general las vocalizaciones de las aves se pueden dividir en el canto y la llamada; el canto está constituido por sonidos complejos, melódicos y de gran alcance, mientras que las llamadas están conformadas por sonidos cortos, simples, emitiendo de una a dos notas (Martínez, DeClerck, Florian & Estrada, 2002).

Otra forma de clasificar las vocalizaciones de las aves, son las conocidas como oscines y suboscines, estas son una subdivisión del orden paseriforme la cual se basa en el aprendizaje o imitación de sus cantos, los oscines son aquellas aves que generalmente aprenden otros cantos diferentes a los heredados por sus padres y los suboscines no tienen dicha capacidad (Catchpole & Slater, 2008).

9.2. Contaminación acústica y ruido vehicular

La contaminación acústica se define como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el ambiente (Martínez & Peters, 2015).

El ruido proveniente del transporte vehicular constituye la principal fuente emisora de la contaminación acústica en las ciudades (oscila entre 80 y 90 decibeles [dB]), producto de la necesidad de movilización diaria de millones de personas a la escuela o al trabajo, además de los requerimientos de transporte para soporte del sistema industrial, comercial, de servicios y administrativo; por otro lado, la contaminación acústica proveniente del ruido vehicular se ha expandido en el tiempo y el espacio como consecuencia del desarrollo urbano y vial, ocasionando alteraciones para la fauna silvestre (Gandía, 2003).

9.3. Comportamiento

Aborda el estudio de la conducta espontánea de los animales en su medio natural, considerando que la conducta es un conjunto de rasgos fenotípicos que están influenciados por factores genéticos y son fruto de la selección natural (Sánchez *et al.* 2014). Todos los animales poseen patrones motores innatos y propios de cada especie, que interactúan con la experiencia y el aprendizaje para formar la conducta, según el grado de desarrollo de la especie animal y su evolución cerebral, será el tipo de patrones de conducta que dominen su comportamiento, se basa en pautas genéticas latentes que son desencadenadas por sucesos o estímulos del ambiente (Martín, 2016).

Los patrones de conducta son segmentos organizados de comportamiento con una función especial, su naturaleza es determinada por herencia, pero puede ser modificada por entrenamiento y aprendizaje; los patrones de comportamiento están relacionados a la anatomía fundamental y a los procesos de vida del animal, siendo extremadamente estables bajo condiciones de domesticación y aún de intensa selección (Martín, 2016).

10. ANTECEDENTES

Terán (2009), determinó relaciones existentes entre variables del paisaje urbano como la vegetación, la configuración espacial de la ciudad, el ruido y la densidad demográfica, con la estructura y composición de la comunidad de aves de la ciudad de Bogotá, obteniendo como resultado que entre mayor porcentaje de área urbana, vías y densidad demográfica hay menor riqueza de aves; en general todas las variables evaluadas influyen en la composición y estructura de la avifauna como lo son la riqueza o la frecuencia de aparición de especies en la ciudad de Bogotá.

Brumm, (2004), evaluó el impacto del ruido de fondo ambiental en el desempeño de las vocalizaciones territoriales en *Luscinia megarhynchos* en Berlín (Alemania), encontró que los machos de esta especie en los niveles de mayor presión sonora cantaban con niveles de sonido más altos; Sugiriendo que la amplitud vocal dependiente del ruido en el entorno natural de un animal. Los resultados obtenidos demuestran que las aves intentaron mitigar las deficiencias en su comunicación causadas por el ruido de enmascaramiento. afectará considerablemente la ecología del comportamiento de los machos cantores.

Por otro lado, Pacheco-Vargas & Losada-Prado (2015), realizaron una descripción del canto de las especies *Cyclarhis gujanensis* e *Hylophilus flavipes* en respuesta al ruido producido por el tráfico vehicular. Ellos encontraron que *H. flavipes* emite cantos con una frecuencia mayor cuando se en lugares cercanos a una carretera; mientras que *C. gujanensis* tiende a presentar esta respuesta., *H. flavipes* genera cantos más largos, con mayor cantidad de notas y con una duración entre notas más corta cuando los individuos se ubican en lugares donde la intensidad del ruido está por debajo de los 40 dB.

León, Beltzer & Quiroga (2014), plantean que los ecosistemas urbanos y suburbanos son áreas transformadas por las actividades antrópicas que sustentan una importante diversidad biológica. Ellos estudiaron las vocalizaciones de *S. flaveola* en dos sitios con diferentes grados de contaminación acústica asociados al río Paraná Medio (Argentina). El área con mayor contaminación acústica registró trinos más breves con frecuencias, máximas y mínimas más elevadas; así como un preludeo con frecuencias máximas más bajas. Los datos constituyen el primer aporte a la estructura de la vocalización del canario coronado en las áreas de estudio y brinda evidencias sobre las modificaciones que sufren por la contaminación acústica. Ninguna de las hipótesis explicativas conocidas contempla por sí sola las modificaciones encontradas; lo que les permitió decir que esta especie ajusta sus vocalizaciones a la contaminación acústica de diversas maneras simultáneamente según las posibilidades intrínsecas de la especie.

Pacheco-Vargas (2016), describió las variaciones en la estructura temporal y espectral de los cantos de tres especies de aves *Saltator striatipectus*, *Thamnophilus doliatus* y *Troglodytes aedon* en gradientes de ruido (alto, medio y bajo) en el bosque premontano en el centro y norte del Tolima, además evaluó las variaciones en la tasa de canto de las tres especies por efecto del ruido; que la estructura temporal del canto de la especie *S. striatipectus* varía a través del gradiente de ruido, mientras que los cantos de las especies *T. doliatus* y *T. aedon* no cambia ante este factor. Por otro lado, apreció la variable tasa de canto como un nuevo factor importante para este estudio halló que la especie *S. striatipectus* varía a través del gradiente de ruido, mientras esta variable en *T. doliatus* y *T. aedon* no cambia.

Mendoza y Arce-Plata (2012), analizaron las frecuencias máximas y distancia entre notas para 160 cantos de la especie *Pitangus sulphuratus*, dentro y entre zonas urbanas y

suburbanas del municipio de Cali (Colombia). Al comparar el canto entre poblaciones, hallaron una diferenciación entre zonas urbanas y suburbanas, frecuencias más altas para las dos primeras notas del canto en zonas urbanas respecto a las suburbanas, suponiendo así una adaptación para que las interacciones sociales de la especie, resulten poco afectadas por el ruido resultante de las actividades antropogénicas.

11. METODOLOGÍA

11.1. Área de estudio

Armenia es la capital del departamento del Quindío y está ubicada a 4°32' N y 75°41' O; a 1.483 msnm. El municipio tiene una superficie de 11.713 ha de las cuales, 2.800 ha se encuentran en zona urbana (POT del municipio de Armenia 1999) con una población de 287.306 habitantes, de los cuales el 97,5% vive en la urbe en doce comunas distribuidas entre 294 barrios y conjuntos residenciales (Departamento Administrativo de Planeación, 2008).

Este estudio se llevó a cabo en tres localidades con diferentes niveles de intensidad de ruido en la ciudad de Armenia, las cuales fueron la Avenida Bolívar desde la calle 22N hasta calle 16N (zona de alta intensidad), Conjunto Residencial María Cristina (zona de intensidad media) y Finca Villa Rosa (zona de baja intensidad) (Figura 1).

11.2. Determinación de la intensidad de ruido para selección de zonas de muestreo

Previamente se realizó un premuestreo para identificar los niveles de ruido vehicular en cada lugar y se verificó que existieran diferencias estadísticamente significativas entre dichos niveles en las tres áreas fijadas para este análisis.

En cada una de las áreas se midieron los niveles de intensidad de ruido vehicular en una franja horaria desde las 4:00 hasta las 17:00 horas a lo largo de un transecto, en cada hora se midieron tres veces los decibles de ruido durante cinco minutos empleando un sonómetro ubicándolo a tres metros del suelo.

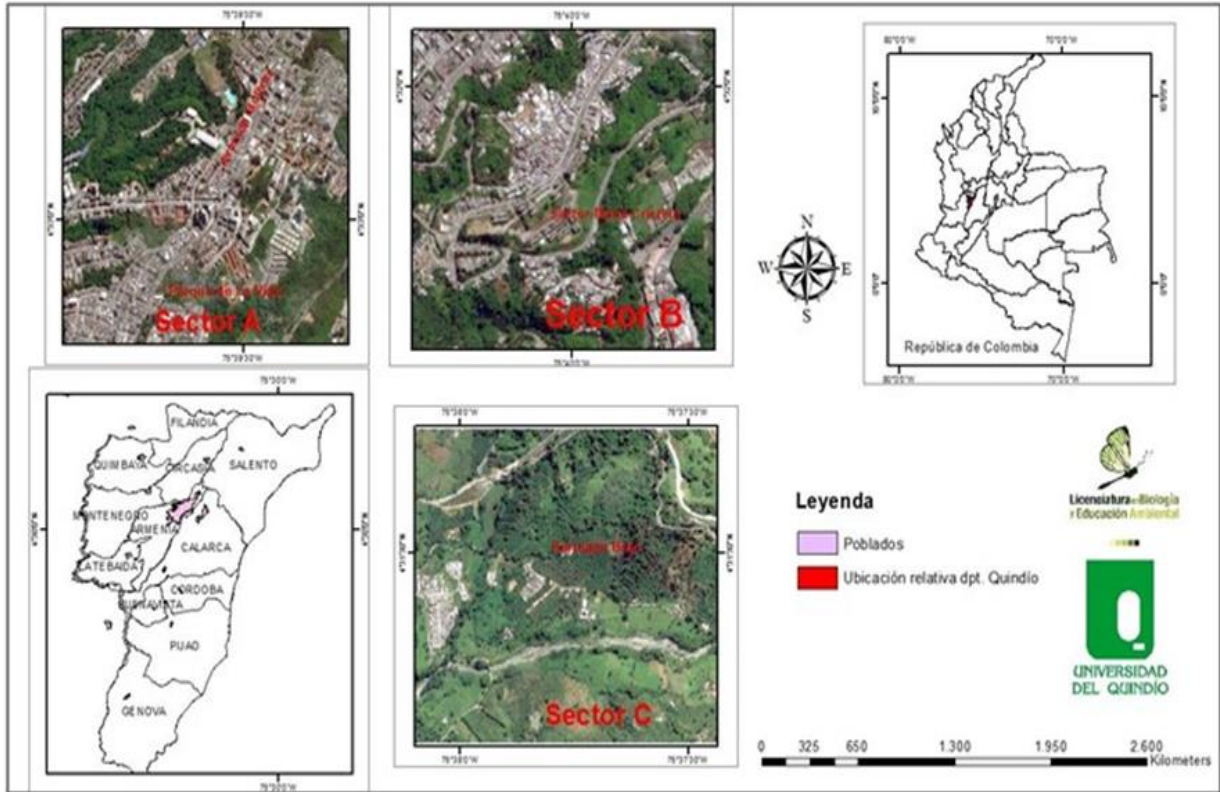


Figura 1 Ubicación del Área de Estudio

11.3. Fase de Campo

Las sesiones de colecta de datos se realizaron en las tres localidades, cada una estuvo dividida en tres puntos a lo largo de un transecto, cada punto separado del otro por 100 m. Las grabaciones y observaciones se registraron de forma simultánea, las localidades se visitaron un día por mes durante cuatro meses (enero, febrero, abril, mayo).

11.3.1. Grabación de los cantos

Se realizaron grabaciones en tres puntos a lo largo de un transecto, en cada punto se hicieron grabaciones de cinco minutos en una franja horaria entre las 4:00 hasta las 17:00. En cada hora se obtuvieron tres grabaciones para un total de 39 al día, es decir 195 minutos de grabación, esto se replicó en cada una de las áreas (Modificada de la metodología propuesta por Pacheco-Vargas 2016). Usando un equipo de bioacústica el cual está compuesto por una

grabadora Tascam Dr-40 un micrófono Rode Boom con su respectivo soporte y una antena parabólica.

11.3.2. Comportamiento de las aves

Los avistamientos de las aves se efectuaron en simultáneo con las grabaciones del canto, el método de muestreo que se utilizó fue animal focal con registro continuo, los comportamientos se registraron de acuerdo a la frecuencia y duración de cada tipo (alimentación, canto, reproducción, acicalamiento, descanso y desplazamiento) empleando binoculares Celestron Outland® X 10 x 42.

11.3.3 Descripción de las actividades

Descanso: se puede observar a los canarios descansar preferiblemente bajo la sombra de los árboles, suelen verse descansando con los ojos entre cerrados y con una posición erguida. Generalmente en las tres localidades descansan durante períodos similares de tiempo.

Desplazamiento por vuelo: los individuos avanzan rápidamente de un lugar a otro cuando se ven amenazados o simplemente cambian de posición espacial mediante vuelo para percharse en otro sitio.

Desplazamiento por caminata: los canarios lo usan principalmente para emprender la búsqueda de alimento en los pastizales.

Alimentación: la búsqueda de alimento la realizan frecuentemente en el suelo o en los árboles, su alimentación se basa de semillas y granos, esta actividad se realiza principalmente en las primeras horas de la mañana.

Acicalamiento: este comportamiento es frecuente después de alimentarse, lo llevan a cabo en las ramas de los árboles o en el cableado eléctrico.

Vocalización: los individuos mueven su cuello hacia arriba y emiten un fuerte canto.

11.4. Urbanizando el aula

Se desarrollaron actividades lúdicas y conversatorios en las comunidades educativas las cuales fueron Institución Educativa Rufino Sur, Sede Madre Marcelina, Institución Educativa INEM José Celestino Mutis Sede Principal, Institución Educativa Hojas Anchas Sede La Pola, Institución Educativa General Santander y Universidad del Quindío.

11.5. Análisis de datos

Inicialmente se recortaron las grabaciones de los cantos en el programa Audacity® 2.2.2, a partir de estas se obtuvieron los espectrogramas mediante el programa Raven Pro 64 1.5 en el cual, se analizaron las siguientes variables bioacústicas: frecuencia mínima, frecuencia máxima, rango de frecuencia, número de notas, duración de las notas y duración del canto (Pacheco-Vargas & Losada-Prado 2015). Las variables bioacústicas (Figura 2) fueron analizadas mediante estadística descriptiva, usando gráficas Box-plot con ayuda del programa Statgraphics®, además se realizó un análisis de componentes principales para determinar si existe correlación entre las variables por el programa.

luego se llevó a cabo una ANOVA para determinar si existen diferencias en los comportamientos en cuanto al nivel de tolerancia al ruido asociados a los sitios (horas de bajo, medio y alto ruido) y comparados entre las localidades.

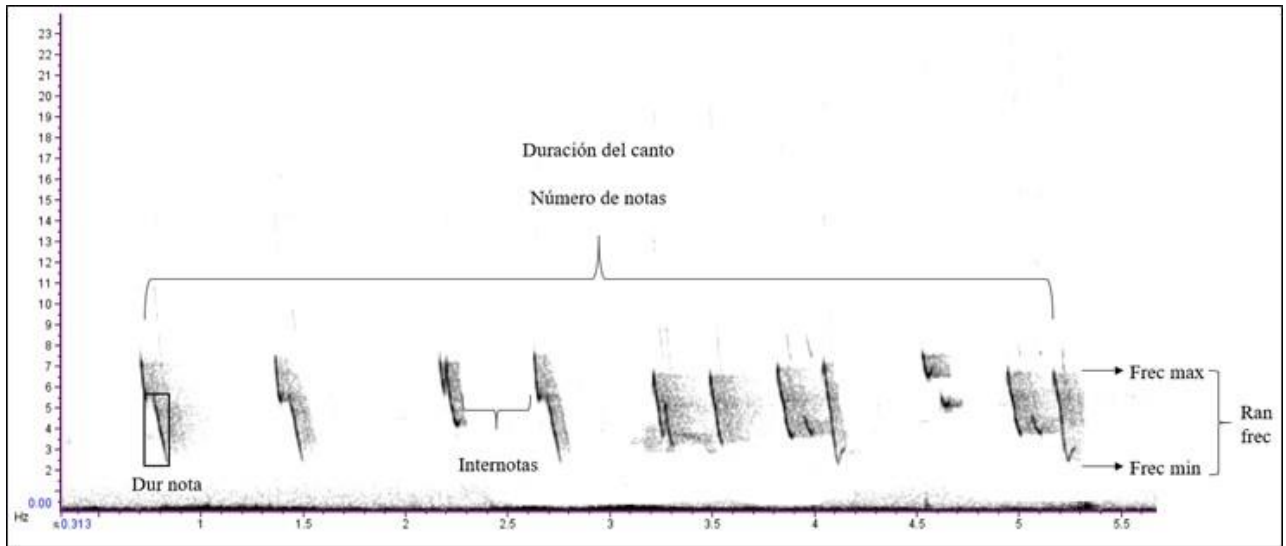


Figura 2. Variables bioacústicas para el análisis del canto de *s. flaveola*

12. RESULTADOS

12.1. Determinación de la intensidad de ruido para selección de zonas de muestreo

Al evaluar la intensidad de ruido entre las zonas de muestreo (Avenida Bolívar [zona de alto ruido]; Conjunto Residencial María Cristina (zona de ruido medio) y Finca Villa Rosa (zona de ruido bajo); se encontraron diferencias significativas ($F= 3518,25$; $p= 0,001$) en la media del ruido vehicular. Siendo la localidad Finca Villa Rosa la que presentó menor intensidad de ruido, seguido por la localidad María Cristina con ruido medio y, por último, la Avenida Bolívar presentó el ruido más intenso (Tabla 1).

Tabla 1. Prueba de comparación múltiple LSD Fisher entre tratamientos de intensidad de ruido evaluados en la ciudad de Armenia.

LOCALIDAD	MEDIA (dB)	P>0,05
BAJO	32,22	A
MEDIO	46,47	B
ALTO	70,87	C

12.2. Análisis del canto

Para el análisis de canto, fueron recolectadas 120 vocalizaciones independientes a partir de estas se generaron los espectrogramas, de las cuales 61 pertenecían a la zona de alta intensidad, 32 a la zona media y 27 a la zona de baja intensidad (Figura 3).

La duración de los cantos de *S. flaveola* analizados fue diferente entre las localidades de bajo ruido con relación con la zona alto ruido, siendo más largos (4,3s) en la zona de baja

intensidad de ruido, y cortos en las zonas alta (3,1s) y media (3,5s) donde en estas últimas no se presentó diferencias estadísticamente significativas ($F=6,65$, $p=0,0018$) (Figura 4 A).

En relación al número de notas emitidas por el canario coronado, en la zona de alto ruido los individuos presentan mayor número de notas (12) con relación a la zona media (9) y de bajo ruido (6) ($F=89,63$; $P\text{-Valor}=0,000$) (Figura 4 B)

Las frecuencias máximas y mínimas son diferentes en los tres sitios; la frecuencia máxima en la localidad de bajo ruido vehicular los valores son altos ($F= 47,57$; $P\text{-Valor}=0,000$), en la media medios y en la alta bajos. A su vez, las frecuencias mínimas son diferentes entre zona de alto ruido y bajo ruido y similares entre media y alta ($F=3,21$, $p=0,0416$) (Figura 4 C). Por otro lado, el rango de frecuencia varió en las tres localidades, siendo mayor en la baja ($F= 57,32$, $p=0,000$) (Figura 4 E).

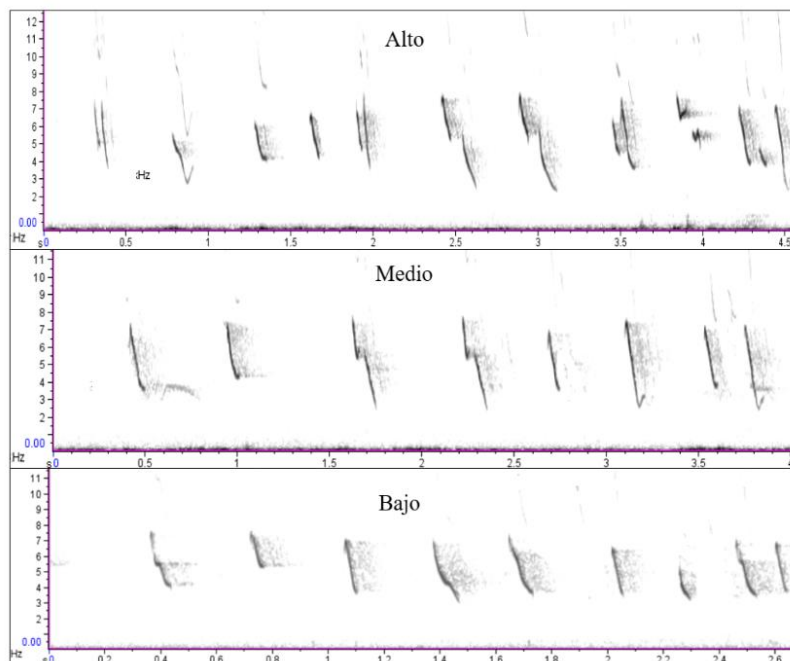


Figura 3. Espectrogramas del canto de *S. flaveola* en el gradiente de ruido vehicular

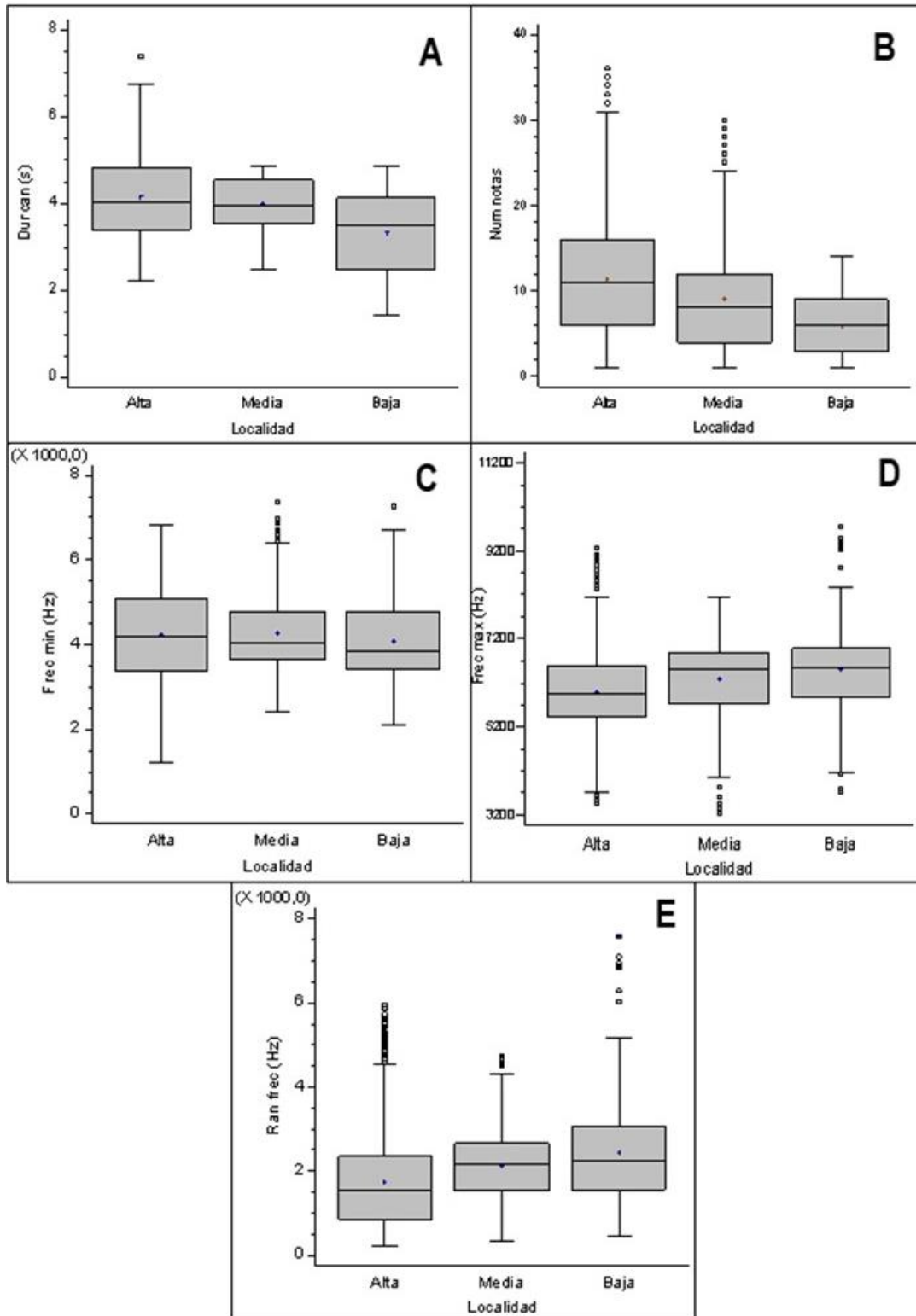


Figura 4. Diagrama de cajas de las variables bioacústicas del canto de *Sicalis flaveola*. A. Duración del canto. B. Numero de notas. C. Frecuencia mínima. D. Frecuencia máxima. E. Rango de frecuencia.

En la prueba de análisis de componentes principales se evidenció que hay una asociación entre la zonas de ruido y en algunas variables seleccionadas para este estudio; fueron asociadas la frecuencia máxima y el rango de frecuencia a la zona de baja intensidad de ruido; las variables duración de la nota y frecuencia mínima a la zona de intensidad media y el número de notas se asociaron a la zona de intensidad alta (Figura 5).

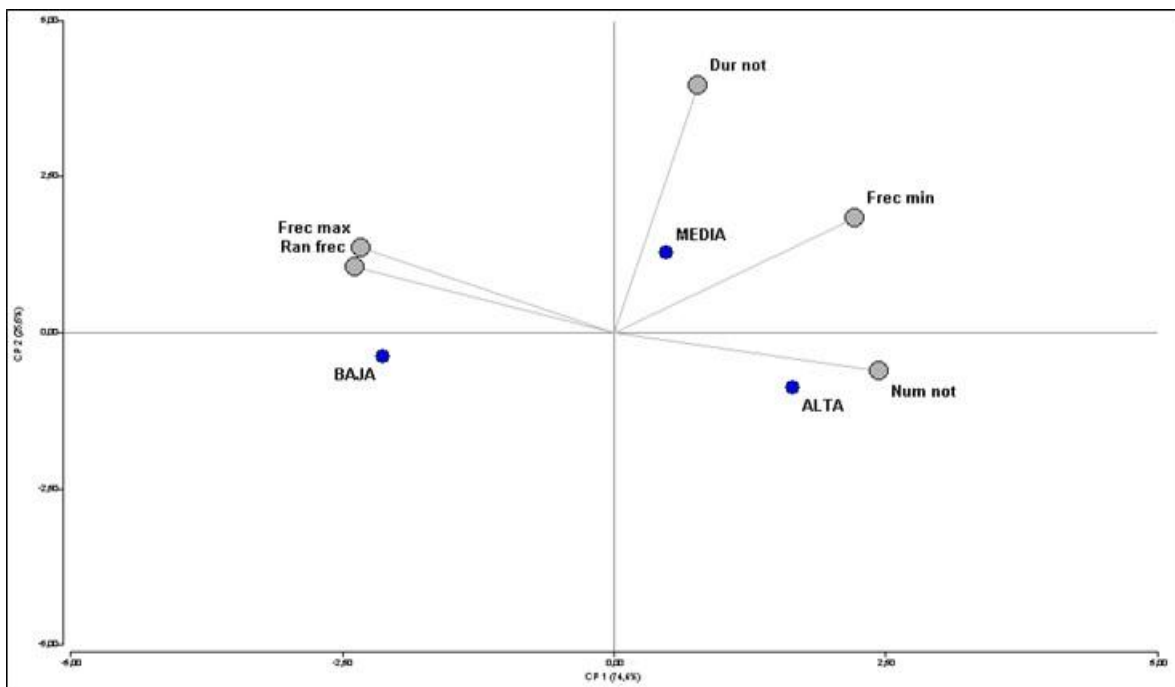


Figura 5. Análisis de componentes principales para las variables bioacústicas del canto de *S. flaveola*.

Por otro lado, la frecuencia del canto de *S. Flaveola* a través del día depende de la localidad (zona de alto, medio o bajo ruido); es decir, fue mayor desde las 4:00 hasta las 9:00 horas en las zonas de alta intensidad de ruido, después decrece levemente a las 10:00, aumenta de 11:00 a 14:00, disminuye hacia las 15:00 y desde 16:00 hasta 17:00 acrecienta; mientras que,

en la zona de intensidad media inician la vocalización entre las 5:00 y 6:00 horas, disminuye desde las 7:00 hasta las 10:00, canta a las 11:00, en el periodo del medio día no canta, vocaliza a las 13:00 y a las 17:00. Sin embargo, en la zona de baja intensidad se evidencio un menor porcentaje de cantos, puesto que, inicia actividad a las 6:00, luego vocaliza en gran medida a las 9:00, 12:00, 14:00 y de 16:00 a 17:00, las demás horas del día el canto es intermitente (Figura 6).

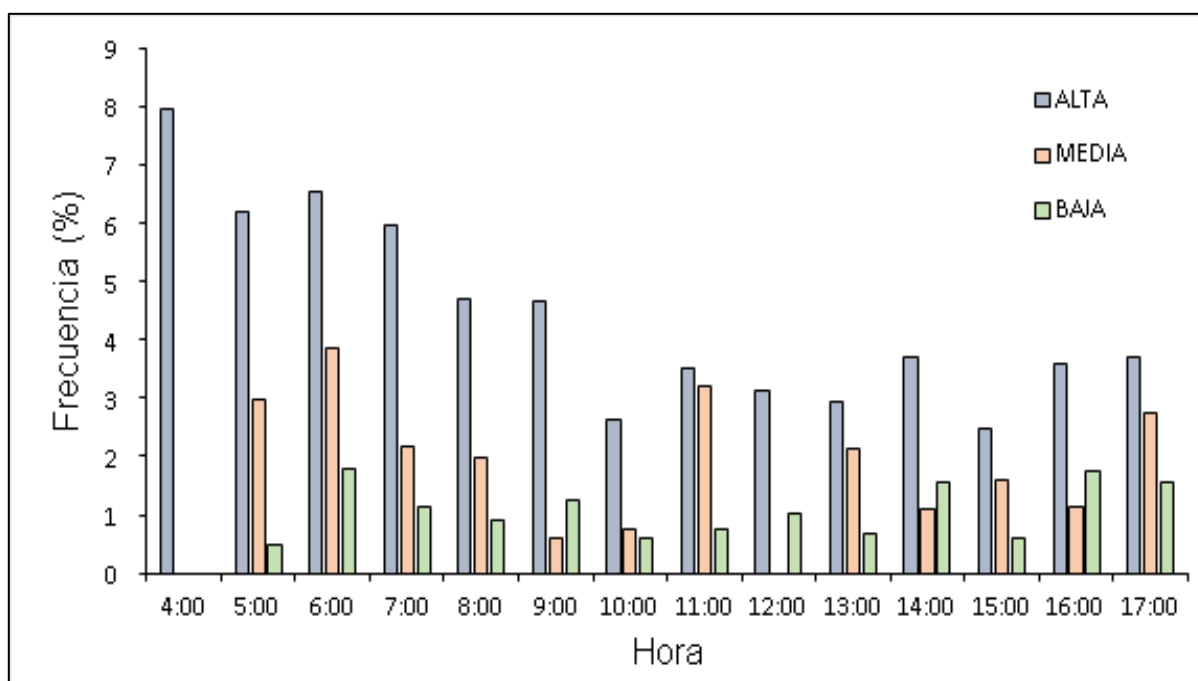


Figura 6. Grafica de barras para la frecuencia de cantos de *S. Flaveola* en los distintos tratamientos (zonas de alto, medio y bajo ruido).

12.3. Comportamiento de las aves

El comportamiento del canario común es similar en los tres sitios de estudio, la actividad con mayor porcentaje de frecuencia fue el desplazamiento por vuelo y el descanso mientras que la de menor porcentaje fue alimentación (Figura 7). Sólo se encontraron diferencias significativas de las actividades de *S. flaveola* ante la presencia de ruido vehicular, en las

variables desplazamiento por caminata ($P= 0,0362$), alimentación ($P= 0,0084$) y vocalización ($P= 0,0030$).esto indica que en la localidad de alta intensidad de ruido los individuos invierten mayor tiempo desplazándose por vuelo y vocalizando y un menor tiempo desplazándose por caminata y alimentándose por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en las demás actividades analizadas en este estudio (Tabla 2).

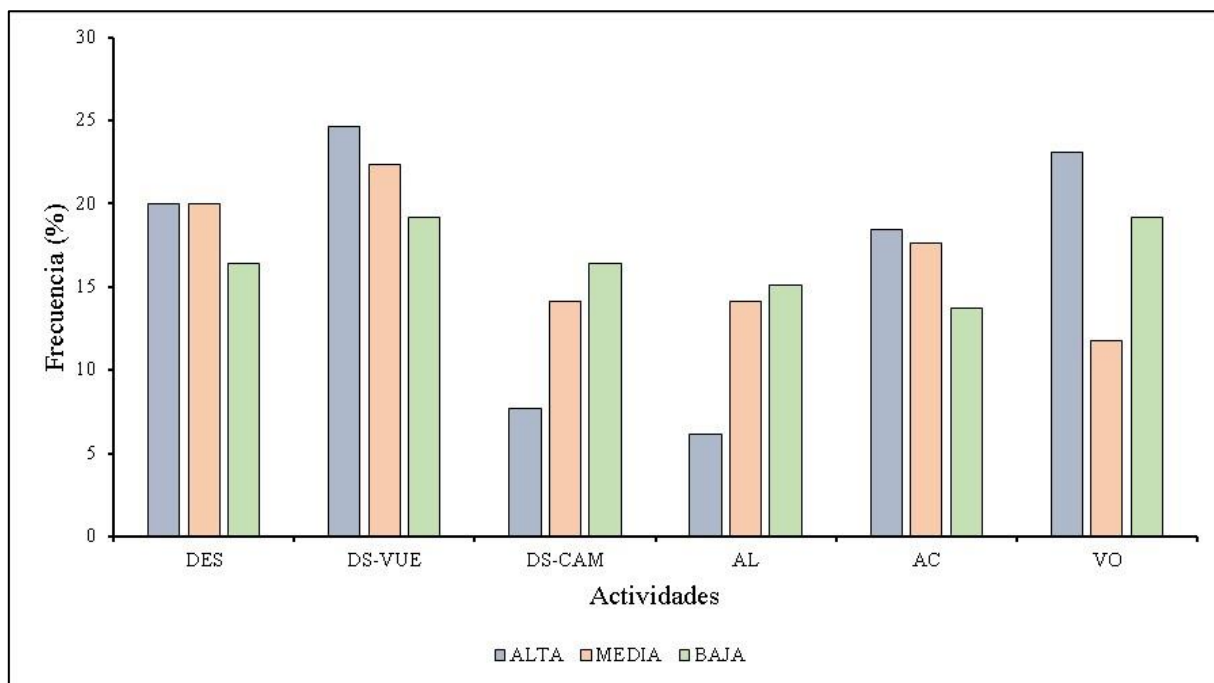


Figura 7. Patrón de actividad de *Sicalis flaveola*.DES: descanso, DS-VUE: desplazamiento por vuelo, DS-CAM: desplazamiento por caminata, AL: alimentación, AC: acicalamiento, VO: vocalización

Tabla 2. Valores -P de la prueba de Kruskal-Wallis de las actividades frente a localidades.

Actividad	Localidad
	Valor-P
Descanso	0,4727
Desplazamiento-Vuelo	0,5291
Desplazamiento-Caminata	0,0362
Alimentación	0,0084
Acicalamiento	0,1095
Vocalización	0,003

12.4. Urbanizando el aula

En los salones a intervenir, los niños se dividieron en dos categorías de edad, población de niños entre 5 y 14 años y de 14 años en adelante. La primera dinámica, consistió en un juego de roles en el cual el grupo de estudiantes se distribuyó en cinco subgrupos, cada uno desempeñó diferentes funciones de acuerdo con el rol que le correspondiera (bocinas de carros, ambulancias, peatones, carros publicitarios y aves), entre los subgrupos se simuló un ambiente urbano, en donde se delimitó una avenida con cuerdas y los niños corrían a través de ella pitando simulando ser vehículos, en las esquinas de la avenida se encontraban los estudiantes que hacían de aves, ellos intentaban transmitir un mensaje, a su vez circulaban alrededor de la avenida los peatones.

La segunda actividad se basó en socializaciones mediante una infografía en la cual se abordaron los resultados obtenidos en el estudio, en el caso de los estudiantes de la Universidad del Quindío se evidenció interés para continuar con investigaciones posteriores en dicha área, pero con diferentes especies o grupos; la población mayor a 14 años de las Instituciones Educativas se identificó con la problemática expuesta, dando ejemplos de la cotidianidad de sus vidas, algunos relataron la molestia que les causan los ruidos provenientes de las construcciones o vecinos ruidosos, llegando a la conclusión de lo importante que es reducir el ruido urbano, ya que no solo afecta a la fauna al igual que la salud humana (Figura 8).



Figura 8. Registro fotográfico de la actividad urbanizando el aula.

13. DISCUSIÓN

El aumento en el número y tamaño de los vehículos incrementa los niveles de ruido el cual incide en la disminución de especies de aves que utilizan vocalizaciones (Reijnen *et al.*, 1995); la alteración del campo acústico en los hábitats, como consecuencia de modificaciones y ruido de origen antrópico, pueden ocasionar una comunicación ineficiente (Krause, 2008), dado que si las vocalizaciones no alcanzan al receptor de manera correcta, pueden causar una baja en la eficiencia reproductiva, con la consecuente reducción del número de individuos y poniendo en riesgo la estabilidad de las poblaciones (Krause, 2008; Francis *et al.*, 2011).

Los datos obtenidos ponen de manifiesto que existe un efecto en el canto y comportamiento de la especie estudiada, es común que en las áreas urbanas las especies silvestres se adapten a los sitios perturbados acústicamente.

El ruido vehicular de la ciudad de Armenia afecta el canto del canario común; el animal se ve obligado a iniciar su canto más temprano hacia las 4:00 am cuando la ciudad está sin ruido vehicular, debe aumentar el número notas y disminuir la duración de la vocalización cuando el ruido vehicular esta presente.

La duración del canto registrada en el presente documento es concordante con León, Beltzer & Quiroga (2014) quienes encontraron para *S. flaveola*, que la duración de los cantos es menor en los sitios con presencia de ruido, y ellos atribuyen este fenómeno a que algunas especies de aves modifican sus vocalizaciones en ambientes acústicamente perturbados de diversas maneras según las capacidades intrínsecas de cada especie; esta plasticidad en las vocalizaciones aumenta las posibilidades de adaptación y subsistencia en ambientes ruidosos y consecuentemente una mayor eficiencia reproductiva.

En el análisis de la frecuencia mínima registrada en el presente documento, evidencia el efecto del ruido sobre el canto del canario común; fenómeno que se ha reportado para otras especies como *Hylophilus flavipes* y *Cyclarhis gujanensis* (Pacheco-Vargas & Losada-Prado 2015); para estas se registran valores más altos de frecuencia mínima y rangos de menor frecuencia en la zona de alto ruido. Factor dado a que en las localidades evaluadas el sonido de los autos logra enmascarar los cantos de las especies de aves estudiadas. por lo anterior, los individuos de las especies *H. flavipes* y *C. guajanensis* aumentan la frecuencia del canto para evitar dicho efecto.

Los resultados de la frecuencia máxima de este estudio demuestran que en la zona alta disminuyen los valores de la frecuencia y en la zona baja los aumentan, efecto que muestra una disminución significativa de las frecuencias máximas, algo que podría considerarse una nueva estrategia de adaptación a los ambientes con ruidos antrópico; posiblemente, y dado que la generación de señales acústicas más intensas y de frecuencias más altas son costosas energéticamente, esta disminución en las frecuencias máximas podría compensar el costo asociado a utilizar más energía en la vocalización (León *et al.*, 2014).

Al comparar los resultados obtenidos en cuanto a la frecuencia de canto del canario común es similar a lo reportado por Pacheco-Vargas (2016), donde la frecuencia de canto por hora de *Troglodytes aedon* es mayor en la mañana en los tratamientos de ruido alto y medio en comparación con el tratamiento de intensidad de ruido bajo; hacia el mediodía cuando la intensidad de ruido baja, la frecuencia de canto en el sitio de mayor intensidad aumenta, aprovechando la poca competencia acústica que se da en este lapso de tiempo para comunicarse., Mendes *et al.*, (2010), verificó para *Turdus merula* un aumento en el canto en

las zonas más ruidosas de la provincia de Salamanca, mencionando que puede haber diferencias en cuanto a la variabilidad del canto, en la duración de las notas o en la energía empleada en cada rango de frecuencias, además que hay cambios temporales, pues en algunas ciudades determinadas especies intensifican sus cantos en aquellos momentos del día con menores niveles de ruido. Resultados que concuerdan con lo encontrado en este estudio, puesto que *S. flaveola* en los sitios de alto ruido vehicular canta desde tempranas horas de la mañana (4:00 am), contrario a lo que ocurre en la zona media y baja donde empiezan a cantar desde las 5:30 am moderadamente y la vocalización va subiendo a un pico a media mañana.

Otra de las estrategias para evitar el enmascaramiento del ruido es “apresurar los cantos” (Slabbekoorn y Boer-Visser, 2006), mediante el cual se reduce tanto la duración de la vocalización como el número de notas emitidas. efecto fue observado en este estudio, de igual manera lo reportó Fernández-Juriscic (2005), mencionando que, la menor duración de los cantos puede ser consecuencia del costo extra que significa aumentar la amplitud del canto. Sin embargo, se ha notado una reducción en la duración del canto, pero no una disminución en el número de notas; esto podría representar una estrategia novedosa de reducción en donde se disminuyen los espacios “internotas” en lugar de reducir el número de notas en sí, la ventaja de este mecanismo podría radicar en que no se reduce la información enviada, sino que se acortan los espacios entre los fragmentos informativos.

El comportamiento de *S. flaveola* se ve afectado por el ruido vehicular; puesto que, en los lugares con ruido las aves tienen mayor actividad desplazándose mediante el vuelo frente a los individuos en zonas en donde el ruido es menor, ya que ellos invierten más tiempo en actividades como el desplazamiento por caminatas que es una actividad que se asocia con la

búsqueda de alimento y el descanso. El ruido generado por el tránsito vehicular es uno de los factores que mayores impactos ecológicos causan a la fauna, ya que produce varios efectos como el desplazamiento, reducción de áreas de actividad y un bajo éxito reproductivo; lo que está asociado a pérdida del oído, aumento de las hormonas del estrés, comportamientos alterados e interferencias en la comunicación durante la época reproductiva, entre otros (Forman y Alexander, 1998).

En forma similar, Stolen (2003) observó para dos especies de aves acuáticas, *Egretta thula* y *Ardea alba*, que la perturbación por parte de vehículos que se detienen a observarlos afecta el tiempo de forrajeo (disminuyendo la cantidad de alimento consumido) y el gasto de energía durante la fuga, datos que concuerdan con los resultados obtenidos en este estudio, puesto que el canario al sentir un fuerte sonido en el ambiente emprende la huída dejando a un lado sus actividades diarias.

14. CONCLUSIONES

- Se presentó un gradiente de ruido contrastante entre las tres localidades seleccionadas, siendo el predio rural la de menor intensidad, seguido por el conjunto residencial con intensidad media y el sitio de mayor ruido la Avenida Bolívar.
- La duración del canto, el número de notas, la frecuencia mínima y máxima emitidos por el canario se vio influenciado por el gradiente de ruido, siendo más cortos y con mayor número de notas y de frecuencia baja en la zona de alto ruido y más simplificado en la zona de ruido bajo.
- El ruido vehicular en Armenia genera que el canario cante cuando la ciudad es más silenciosa (en horas de la mañana) y disminuya la frecuencia del canto cuando aumentan los niveles de ruido vehicular.
- El ruido vehicular afecta el desplazamiento del canario siendo esta una actividad fundamental para búsqueda de alimento.
- Por medio de la actividad educativa Urbanizando el aula se logró llevar información de las afectaciones que tiene el ruido vehicular en el canario generando una actitud de sensibilización frente a la disminución de contaminación acústica.

15. RECOMENDACIONES

Para futuros estudios acerca del efecto del ruido en los cantos de las aves es pertinente evaluar otras variables bioacústicas como las internotas y la amplitud del canto, buscando una metodología que permita estudiar estas variables ya que al relacionarlas podría revelar parte del comportamiento de los individuos ante este factor; se recomienda considerar otras especies de aves canoras presentes en las zonas urbanas. Además, realizar trabajos con el fin de estimar el comportamiento de diferentes especies de aves en ambientes urbanos y naturales para seguir ampliando el conocimiento sobre este tópico.

16. BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, S.Y. (2013). Las comunidades de Aves Urbanas en el Centro Peninsular en Relación con el Desarrollo Urbanístico: Pasado, Presente y Futuro (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Madrid y Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Beltrán, A.M. & Beltrán A. (2006). Determinación de la contaminación acústica por tráfico automotor en Armenia Quindío (Tesis de Pregrado). Universidad del Quindío, Armenia, Quindío.
- Brumm, H. (Eds.). (2013). Animal communication and noise. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Catchpole, C. K., & Slater, P. J. B. (2008). Bird song: Biological themes and variations. New York, EEUU: Cambridge University Press,
- Chu, W., & Blumstein, D. T. (2011). Noise robust bird song detection using syllable pattern-based hidden Markov models. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 173 - 183 – 345 - 348.
- Fernández-Juriscic, E., Poston, K., Collibus, T., Morgan, B., Baistain, C., Martin, K., Jones, R. & Treminio, R. (2005). Microhabitat selection and singing behavior patterns of male House Finches (*Carpodacus mexicanus*) in urban parks in a heavily urbanized landscape in the western U. S. Urban Habitats 3:49-6
- Francis, C. D., Ortega, C. P., & Cruz, A. (2009). Noise pollution changes avian communities and species interactions. Current Biology, 19(16), 1415-1419.

- Francis, C. D., Ortega, C. P., & Cruz, A. (2011). Noise pollution filters bird communities based on vocal frequency. PLoS ONE 6: e27052. 002705.
- Forman, R. T. and Alexander. L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. En: Annual Review of Ecology and Systematics 29: 207-231.
- Gandía, S. (2003). Curso de contaminación acústica. Facultad de Física, Dpto. de Termodinámica. Universidad de Valencia.
- Hilty, S.L., & Brown, W.L. (2001). Guía de las aves de Colombia. Traducción de la Universidad del Valle. Imprelibros S.A., Colombia. 1641.
- Kattan, H.G., Serrano, V.H., & Aparicio, A. (1996). Aves de Escalate: Diversidad, estructura trófica y organización social. Cespedia, 21(68), 9-17.
- Krause, B. 2008. Anatomy of the soundscape: evolving perspectives. Journal of Audio Engineering Society 56:1-2.
- León, E., Beltzer, A. & Quiroga, M. (2014). El jilguero dorado (*Sicalis flaveola*) modifica la estructura de sus vocalizaciones para adaptarse a hábitats urbanos. Mexicana de Biodiversidad, 85, 546-552.
- Martín, G. O. (2016). Etología y comportamiento animal: principios de bienestar animal, primera edición. San Miguel de Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- Martínez, L.J., & Peters, J. (2015). Contaminación acústica y ruido, tercera edición. Madrid, España: Ecologista en acción.

- Martínez, S.A., DeClerck, F., Florian, E., & Estrada, N. (2002). Manual de Técnicas Para la Identificación de Aves Silvestres. Programa de monitoreo de aves-PMA Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza-CATIE.
- Mendes, S.; Cavalcante, K. V.; Colino-Rabanal, V. J. & Peris, S. J. (2010). Evaluación del impacto de la Contaminación Acústica en el rango de vocalización de Paseriformes basado en el SIL-“Speech Interference Level”. *Revista de Acústica*, 33-41.
- Ortega, C.P. (2012). Effects of noise pollution on birds: A brief review or our knowledge. *Ornithological Monographs*, 74, 6–22.
- Pacheco-Vargas, G. (2016). Análisis de los cantos de *Thamnophilus doliatus*, *Troglodytes aedon* y *Saltator striatipectus* en gradientes de ruido en bosque premontano en el centro y norte del Tolima (Tesis de Maestría), Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima.
- Pacheco-Vargas, G., & Losada-Prado, S. (2015). Efecto del ruido del tráfico vehicular en cantos de *Hylophilus flavipes* y *Cyclarhis gujanensis*. *Ciencia en Desarrollo*, 6 (2), 177-183.
- Plan de Ordenamiento Territorial P.O.T. (2009). Documento técnico, componente urbano. Volumen b.
- Reijnen, R., Foppen, R., Braak, C.T. & Thissen, J. 1995. *Journal of Applied Ecology*. 32, 1897-202
- Ruiz, A., Rubines, J. & Lahoz, E. (2006). Efecto de la contaminación acústica sobre las poblaciones de vertebrados forestales en Álava. Asociación medioambiental (ATTHIS).

- Sánchez, L.S., Asensio, N., Call, J., Caperos, J.M., Colell, M., Colmenares, F., Turbón, D. (2014). *Etología: la ciencia del comportamiento animal*. Barcelona, España: Universidad de Catalunya (UOC).
- Secretaría de Tránsito y Transporte Armenia SETTA. (2017). *Incremento Vehicular*.
- Slabbekoorn, H. & Den Boer-Visser, A. (2006) Cities change the songs of birds. *Current Biology*, 16(23), 2326-2331.
- Slabbekoorn, H. & Peet, M. (2003). Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature*, 424(6946), 267.
- Stolen, E. D. (2003). The effects of vehicle passage on foraging behaviour of wading birds. En: *Waterbirds* 26(4): 429-436.
- Terán, N.P. (2009). *Estudio del Impacto de Variables del Paisaje Urbano en la Composición y la Estructura de la Avifauna de la Ciudad de Bogotá (Tesis de Pregrado)*. Universidad Pontificia Javeriana, Bogotá D.C.