

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ciencias y Humanidades**

**Análisis de poblaciones de *Henicorhina  
leucophrys*  
(Grey Breasted Wood Wren)  
en Guatemala por medio de sonogramas  
de llamados.**

**Guatemala  
2004**



**Análisis de poblaciones de *Henicorhina  
leucophrys*  
(Grey Breasted Wood Wren)  
en Guatemala por medio de sonogramas  
de llamados.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Facultad de Ciencias y Humanidades**

**Análisis de poblaciones de *Henicorhina  
leucophrys*  
(Grey Breasted Wood Wren)  
en Guatemala por medio de sonogramas  
de llamados.**

**Trabajo de investigación presentado para  
optar al grado académico de Licenciatura  
en Biología**

Por  
María Beatriz Aguilar Funes  
Guatemala  
2004

**Vo. Bo. :**

(f) \_\_\_\_\_  
**Lic. Marcos Centeno**

Tribunal Examinador:

(f) \_\_\_\_\_  
**Lic. Marcos Centeno**

(f) \_\_\_\_\_  
**Lic. Antonio Aguilar**

(f) \_\_\_\_\_  
**Dr. Margarita Palmieri**

**Fecha de aprobación: Guatemala 4 de Julio del 2003**

# PREFACIO

Este trabajo inició como una idea de Alexis Cerezo, y su deseo estudiar las poblaciones de la especie *Henicorhina leucophrys* basadas en estudios genéticos. Marco V. Centeno, a quien estoy infinitamente agradecida, me propuso la misma idea pero me sugirió que estudiara las poblaciones del ave en cuestión pero por medio de cantos.

Mi investigación en el tema fue extensa, poniéndome en contacto con investigadores estadounidenses de renombre. Don Kroodsma y Mort Isler, especialistas en análisis de especies por medio de sonogramas, y luego Enio Cano de la UVG y Oliver Komar especialistas en ecología y estadística. Con la ayuda de Antonio Aragón, quien me brindó su tiempo, paciencia y ayuda técnica en el área, logré armar la metodología de la grabación y análisis de cantos. Muchas gracias por tu tiempo y apoyo.

Le dedico esta tesis a mis padres y a mi Tío Memo que siempre lo tendré en mi corazón. Muchas gracias a todos y a cada uno de ustedes por hacer esta idea realidad.

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>A. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>6</b>
<b>B. ANTECEDENTES</b>	<b>7</b>
<b>IV. HIPÓTESIS</b>	<b>15</b>
<b>V. METODOLOGÍA</b>	<b>16</b>
<b>VI. RESULTADOS</b>	<b>19</b>
<b>VII. DISCUSIÓN</b>	<b>39</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>IX. RECOMENDACIONES</b>	<b>43</b>
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>44</b>
<b>XI. ANEXOS</b>	<b>48</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Caracteres vocales analizados de <i>Henicorhina leucophrys</i> por medio de cinco variables cuantitativas y tres descriptivas en Hierbabuena, Sierra de las Minas, Guatemala _____	20
Cuadro 2: Caracteres vocales analizados por medio de cinco variables cuantitativas y tres descriptivas en San Lorenzo, Sierra de las Minas, Guatemala _____	21
Cuadro 3: Caracteres vocales analizados por medio de cinco variables cuantitativas y tres descriptivas en La Unión, Zacapa, Guatemala _____	23
Cuadro 4: Caracteres vocales de <i>Henicorhina leucophrys</i> analizados por medio de cinco variables cuantitativas y tres descriptivas en Montecristo, Metapán, El Salvador _____	24
Cuadro 5: Distancia en kilómetros entre los puntos de muestreo. Medida linealmente con mapa Hipsométrico de la República de Guatemala _____	25

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 2: Análisis de Componentes Principales de llamados de todos los individuos _____	28
Figura 3: Análisis de Componentes Principales para dos llamados _____	30
Figura 4: Análisis de Componentes Principales entre llamados _____	31
Figura 5: Análisis de Componentes Principales para Punto de Amplitud _____	33
Figura 6: Análisis de Componentes Principales para Frecuencia prominente en hertz de llamados de <i>Henicorhina leucophrys</i> _____	35
Figura 7: Análisis de Componentes Principales del nivel de volumen RMS promedio de llamados de <i>Henicorhina leucophrys</i> _____	37

## RESUMEN

La especie *Henicorhina leucophrys* (Grey Breasted Wood Wren) es un ave con amplia distribución desde el sur de México hasta el Norte de Sur América. El análisis de las poblaciones de *Henicorhina leucophrys* en Guatemala es de mucha importancia para establecer precedentes del estudio. Al escoger el ave en cuestión, se tomó en cuenta que era de tierras altas, lo cual indicaba que podría existir diferencia en las poblaciones aisladas por las cadenas montañosas. También es una especie ampliamente distribuida en las áreas montañosas de Guatemala, posee un canto característico de fácil identificación y observarla es fácil por sus hábitos forrajeros que se limitan al sotobosque. Se pretendía establecer si existe diferencias en los llamados de *Henicorhina leucophrys* debido a la distancia entre poblaciones de los lugares de muestreos que se encontraban a distancias establecidas en la metodología. Se utilizaron grabaciones de la especie *Henicorhina leucophrys* las cuales se convirtieron en sonogramas de llamados de la especie.. Esos sonogramas nos permitieron observar las siguientes variables para establecer la diferencia entre las poblaciones; 1) el intervalo de tiempo entre notas, 2) tiempo de vocalización entre dos notas, 3) punto de amplitud máxima en %, 4) nivel de volumen RMS (intensidad media) promedio medido en decibeles, y 5) frecuencia prominente medida en hertz. Se realizó un catálogo maestro, y se identificó cada sílaba por su forma única. La evaluación de las variables en conjunto se hizo por medio de Análisis de Componentes Principales. Los lugares seleccionados para el muestreo fueron: Cuchumatanes, Sierra de las Minas, La Unión Zacapa en Guatemala y el Parque Nacional Montecristo en El Salvador. Dicha selección se hizo tomando en consideración el tipo de cobertura boscosa (bosque nuboso). El sitio de muestreo en los Cuchumatanes (La Magdalena) no fue usado ya que no se estaba seguro que los individuos en cuestión fueron los que se grabaron, nunca se observó un individuo de la especie. El Análisis de Componentes Principales indica que hay

una alta correlación entre los individuos de todos los lugares, lo cual sugiere que son metapoblaciones. No se pudo determinar si existía mayor diferencia por mayor distancia y tampoco por cobertura boscosa, por la cantidad de datos que limitaban los análisis. Se rechazó la hipótesis según la estadística de Análisis de componentes principales, no existía diferencia entre las poblaciones. Para poder tener un mayor apoyo a estos resultados se recomienda trabajar con t de student usando las mismas variables, y un número mayor de 20 datos por sitio de muestreo. Se recomienda hacer una reevaluación taxonómica de las subespecies de *Henicorhina leucophrys* existentes en toda Latinoamérica, para poder identificar bien las subespecies existentes en las áreas de meso-américa.

# I. INTRODUCCIÓN

*Henicorhina leucophrys* (Grey Breasted Wood Wren) es una especie de la familia Trogloditidae la cual tiene una distribución amplia en Guatemala por su preferencia de ambientes en bosques montañosos húmedos. Esta especie *Henicorhina leucophrys* o saltapared-selvático de pecho gris se encuentra en bosques húmedos siempre-verdes y bosques de pino encino, los cuales cubren una vasta área en Guatemala. Se encuentra en bosque húmedo montano desde México hasta Bolivia, con una continuidad que se fragmenta por los valles y espacios en las cadenas montañosas, lo cual ha hecho que se diversifique en muchas razas geográficas (Skutch 1960). Esta ave se encuentra en la clasificación sistemática oscines, clase aves. Es un ave pequeña de cola corta como tronco que se observan cerca del suelo, y en arbustos (Howell 1995).

Sabemos claramente que existen muchas razas incluso subespecies del ave. Establecer si existe más de una subespecie en Guatemala es un arduo trabajo, pero este se comienza estableciendo si en realidad existen diferencias entre las poblaciones conocidas. En este trabajo se realizaron grabaciones de los llamados para poder determinar si existían diferencias en las poblaciones estudiadas de *Henicorhina leucophrys* debido a la distancia. Para comprobar esto se utilizó una nueva metodología nunca antes usada en nuestros países. Usando grabaciones y después convirtiéndolas en datos digitales, se pudieron hacer sonogramas para establecer las diferencias claves.

## II. JUSTIFICACIÓN

Una buena forma que se puede determinar que existen diferencias genéticas (sin tener costos altos por estudios genéticos) es por medio de grabaciones de los llamados de las aves (Kroodsma por palabra 2002). Es importante proteger la diversidad que existe en las montañas aisladas, ya que sus poblaciones podrían variar entre cadenas montañosas. La diversificación de esta especie en muchas razas nos lleva a obtener información nueva acerca de la biología de metapoblaciones de la especie *Henicorhina leucophrys*.

La importancia del estudio radica en que la información obtenida nos puede dar información cultural de las poblaciones de *Henicorhina leucophrys* la cual puede servir como apoyo para la conservación de las áreas que habita. Con el método seleccionado se pueden obtener datos adecuados a un bajo costo de investigación.

### III. ANTECEDENTES

#### a. Historia climatológica la cual ha causado la distribución de especies como *Henicorhina leucophrys*.

Una característica que se consideró para escoger esta especie es su preferencia hacia el bosque montano húmedo el cual tiene una amplia distribución en las montañas de Guatemala (Skutch 1960). La historia evolutiva de Passeriformes en Mesoamerica da un perfil interesante al estudio.

La literatura de la historia evolutiva de las passeriformes está muy restringida y los registros fósiles son sumamente escasos para explicar el origen de las aves, sólo se sabe de la especie en cuestión que provienen de Suramérica. Los intercambios más importantes ocurrieron en el Cenozoico (Stehli 1985). Por esto la clasificación sistemática de estas aves se ha comenzado a estudiar poco a poco con técnicas nuevas que identifican su procedencia. Existen varias subespecies en Suramérica y Meso América y la que se encuentra en Guatemala es, según Howell *H. leucophrys mexicana*. Pero según Clements (1996), en su lista de aves de todo el mundo existen 18 subespecies de *Henicorhina leucophrys*, dos de las cuales se distribuyen de la siguiente forma en Guatemala: *H. leucophrys castanea* (norte de Guatemala) y *H. leucophrys capitalis* (oeste de Guatemala) (Clement 1996).

Poco se conoce de la biogeografía de altitud o paleo-ecología de las especies centroamericanas. Muchos, como Whitehead, trabajando con Curculiónidos o en el caso de Haffer, con aves, proponen que en estas áreas esas especies formaron refugios durante las glaciaciones del Pleistoceno (McVean 1981).

Centroamérica nuclear, que incluye Chiapas, centro y el sur de Guatemala, Honduras, El Salvador y la parte norte de Nicaragua surgió del mar durante el período Cretáceo. Estas áreas se incrementaron durante el Pleistoceno, dando lugar a todas las áreas que se incluyen en este estudio. Existe evidencia de formaciones glaciales en algunas partes tales como en los Cuchumatanes. Ya para el Plioceno se había formado un ambiente de bosque tropical en la parte del Pacífico de Centroamérica (McVean 1981).

## **b. Descripción de la especie y su hábitat**

Los *Henicorhina spp.* son aves pequeñas de cola corta como en forma de tronco y son especies comunes difíciles de observar ya que se esconden en el sotobosque cerca del suelo. Los cantos de ambas especies de *Henicorhina spp.*, son ricos y melodiosos y muy característicos (Howell 1995), lo que los hace fácil de encontrar.

La especie de *Henicorhina leucophrys* mide de 10 a 11.5 cm de largo. El adulto posee una cara con rayas negras y blancas, con una ancha franja sobre el ojo con superciliar blanco. La corona es café olivo tomando tonos cafés en el dorso. La cola y alas tienen barras delgadas negras con punteado blanco. Su garganta es blancuzca con la parte ventral gris, convirtiéndose en café oscuro tanto en los flancos interiores como en la parte ventral de la cola. Los juveniles son de garganta grisácea con barras de cara menos distintiva. Sus nidos se encuentran regularmente con dos a tres huevos pequeños y blancos en su interior, a nivel del suelo cerca de ríos, (Howell 1995).

Su voz consiste en frases fuertes, vivas y ricas con mucha variación. Los llamados incluyen un sonido vacío, con un sonante menos metálico que el de su primo cercano, el *Henicorhina leucostica* (Howell 1995).

Según Stotz, *Henicorhina leucophrys* tiene una sensibilidad media al grado de disturbio ecológico. Se le encuentra entre los 900 y 3,000 metros sobre el nivel del mar (ocasionalmente visto a los 400 metros sobre el nivel del mar) en el sotobosque de los bosques montanos siempre verdes. Se le encuentra en las regiones zoogeográficas de los altos Mandrian, altos de Chiriquí-Darién, los andes del norte y centrales. El área del estudio actual fue la región zoogeográfica de Chiriquí (Stotz 1996).

El bosque montano siempre verde es un hábitat que comprende un total de 1,162 especies, de las cuales 357 están restringidas a él, como la especie en estudio. La transición de bosque montano bajo a alto se debe, en su mayoría, al grado de humedad; esta transición se puede dar entre 600-700 m SNM y 1,200 y 1,500 m SNM. A cualquier elevación se observa el cambio cuando surgen bromelias, orquídeas y musgos. Según Hartshorn (1983), se caracteriza este bosque de altura media con dos estratos boscosos. Las especies arbóreas más comunes son *Quercus spp.*, *Liquidambar spp.*, y otros coníferos como *Abies guatemalensis* y *Pinus ayacahuite* (Stotz 1996).

### **c. Comportamiento vocal de los passeriformes**

Existen diferencias en los tipos de vocalizaciones de las aves, fundamentalmente en los cantos y los llamados. Los cantos están influidos por hormonas sexuales y son muy importantes generalmente en la reproducción. La función de los llamados, los cuales tienden a ser más cortos, es generalmente para localizar a la pareja u otro individuo, ansiedad, agresión, pedir algo, alarma, y para comer o pedir comida ( Kroodsma 1993).

Hay varias hipótesis que explican por qué existen diferentes versiones de un canto en los oscines, una de ellas indica que es por el aprendizaje cuando ocurren colonizaciones recientes, especialización racial, o adaptación social ([www.biology.eku.edu/RITCHISO/birdcommunication.html](http://www.biology.eku.edu/RITCHISO/birdcommunication.html)). En un estudio de variaciones geográficas del canto de *Thryomanes bewickii* un trogloditido, se demostró que el aprendizaje por medio de aves vecinas juega un papel importante en el desarrollo de canto en todas las poblaciones de esta especie. Otro ejemplo es en diferentes especies del género *Cistothorus* spp., (también de la misma familia del ave de este estudio). Se observó una clara diferencia en experimentos en laboratorios, de cómo el aprendizaje de cantos varió en los juveniles (Kroodsma 1999). En otro estudio de una especie de *Cistothorus* sp., se observó que en los neotrópicos tener vecinos predecibles favorece la imitación del canto. Entre poblaciones más móviles de esta especie en Norteamérica, se improvisan largos repertorios de cantos para poder comunicarse con poblaciones de diferentes áreas (Kroodsma 1998).

Se encuentra que los cantos del género *Henicorhina* spp comparten ciertas características. Estas similitudes probablemente son caracteres primitivos que se deben a la estructura física de las cordales y laringe del ave. Estos caracteres primitivos llamados plesiomorfias, son retenidos después del aislamiento de las especies por medio de alguna barrera geográfica (Gómez 1997). En este caso la especie *Henicorhina leucostica* se adaptó a bosques bajos y la *Henicorhina leucophrys* a las montañas.

Cuando los cantos muestran una variación y distribución en mosaico separados por barreras, se les llama dialectos (Chilton et al 1996). Los dialectos ayudan a distinguir poblaciones, promoviendo apareamiento entre individuos de la misma especie. Cualquier macho que tenga un canto no reconocido sufrirá las consecuencias (Kroodsma 1975).

Las mutaciones en los cantos se deben a errores de aprendizaje, innovación y la combinación de elementos de canto (Chilton 1996). En este estudio se utilizaron sólo llamados del ave, no cantos, ya que hay bases científicas que indican que el canto, en este género, es un repertorio que cambia continuamente incluso de un año a otro. En un estudio de Van Horne llamado "Assesing vocal variety in the winter wren, a Bird with a complex Repertoire, " se demostró que simples medidas de variación en el canto no son válidas para especies con cantos complejos (Van Horne 1995).

#### d. Descripción de lugares de estudio

Los lugares claves fueron escogidos por varias razones:

1. Todos poseen el clima y vegetación ideal para la especie *Henicorhina leucophrys*, el cual es bosque montano húmedo.
2. La amplia distribución de este tipo de ambiente en Guatemala, hace que la especie esté ampliamente distribuida en el país.
3. La continuidad del bosque húmedo montano se fragmenta por los valles y espacios entre las cadenas montañosas, y por lo cual existe posibilidad de aislamiento entre las poblaciones.
4. Los puntos de muestreos equidistantes entre si unos con continuidad boscosa como Hierbabuena y San Lorenzo, ambos localizados en la Sierra de las Minas. Para verificar diferencias entre puntos de muestreo con continuidad boscosa y puntos de muestreo sin continuidad boscosa se escogió, dos lugares que estaban a la misma distancia. San Lorenzo y La unión se encontraban a la misma distancia entre si que Hierbabuena y San Lorenzo, solo que no existía continuidad boscosa.

Los lugares escogidos fueron:

La Sierra de los Cuchumatanes es parte de la Cordillera Central y forma la región montañosa no volcánica más elevada de Centro América. Se ubica en los departamentos de Quiché y Huehuetenango y delimitada al sur por el río Cuilco y al sur este por el Río Negro. La Sierra de los Cuchumatanes comenzó a emerger del mar hace 140 millones de años en el Cretácico temprano.

La sierra está formada por rocas sedimentarias de la edad Pérmica y Mesozoica. Las formaciones más antiguas datan desde antes del Pérmico, 286 millones de años atrás. Pero el evento que dejó la forma actual de la sierra, ocurrió hace 65 millones de años. Al final del Terciario la falla del Chixoy entró en actividad. A consecuencia de estos eventos podemos observar gran cantidad de piedra poméz y otros materiales volcánicos en la falda sur de la Sierra (Mejía 1998).

El suelo de la sierra es arcilloso, poco estructurado y su clima es cambiante debido al patrón de las montañas. El carácter de las montañas afecta la distribución de las lluvias; los lados de la montaña que reciben el viento son húmedos y los lados que no da al viento son muy secos. El área muestreada, La Magdalena es un pico de montaña muy húmedo. Se puede definir en esta área dos estaciones. La lluviosa que empieza a mediados o fines de mayo y dura hasta principios o mediados de noviembre cuando empieza la estación seca (Mejía 1998).

El área de trabajo es bosque de liquidámbar, pino y encino donde siempre se encuentran zonas húmedas. El bosque de pino y encino se encuentra en zonas más o menos secas de la Sierra de los Cuchumatanes generalmente entre 1,500 y 2,500 metros sobre el nivel del mar.

El área de Montecristo posee formaciones pre-terciarias con tipos de suelos arcillosos. Se estudiará en tierras salvadoreñas, en el Departamento de Metapán. Este Cerro es el más alto del área con una elevación de 2415 m SNM. Las vertientes que se nutren de esta reserva son el Río Olopa y Río Lempa que desembocan en el Pacífico. El bosque del cerro está clasificado como nuboso (Burkart, 1965).

La Sierra de las Minas se forma en el período Cretácico. La reserva de la Sierra de las Minas está ubicada entre los valles del Río Polochic y Río Motagua ocupando un área de 240,000 hectáreas. Su ubicación comprende cinco departamentos; Zacapa, El Progreso, Izabal, Alta Verapaz y Baja Verapaz. Posee una elevación de 100 hasta 3,015 metros sobre el nivel del mar (Marcos 1999).

Según Holdrige incluye ecosistemas como: bosque pluvial montano subtropical, Bosque seco premontano subtropical y monte espinoso. Alguna vegetación que comprende el área son coníferas, latifoliadas, quercus y lauráceas así como especies de musgos, helechos y epífitas (Marcos 1999).

La Sierra de las Minas es un área importante por su biodiversidad comprendiendo casi un 70% de la biodiversidad del área. Los promedios anuales de temperatura son máxima de 32 ° C y mínima de 21.8 °C, con una temperatura media de 26 ° C. La precipitación anual oscila entre 2,500 y 3,500 mm<sup>3</sup>, que se distribuye en la época lluviosa que va de mayo a noviembre (Gonzáles 1999). Las áreas a trabajar en la Reserva de la Bioesfera de la Sierra de las Minas serán la comunidad Hierbabuena y San Lorenzo por su ubicación y cobertura boscosa.

Este bosque fue declarado zona protegida según un acuerdo municipal (#024-96), y es uno de los últimos bosques latifoliados al este del valle del Motagua, Zacapa. El bosque de La Unión queda carretera a Gualán subiendo al este en la Sierra del Espíritu Santo (Markman 1998). En el bosque La Unión se tomaron varias muestras en diferentes puntos de muestreo de sonidos emitidos por la especie en estudio.

## IV. HIPÓTESIS

Existe diferencia en los llamados de *Henicorhina leucoprphys* debido a la distancia entre poblaciones, entre mayor la distancia mayor la magnitud de diferencia.

- OBJETIVO GENERAL

Establecer si existe diferencia en los llamados de *Henicorhina leucoprphys* debido al aislamiento causado por la distancia en cuatro sitios montañosos de Guatemala y El Salvador, con monogramas de llamados midiendo las siguientes variables: el intervalo de tiempo entre notas, tiempo de vocalización entre dos notas, punto de amplitud máxima en %, nivel de volumen resonancia magnética del sonido (intensidad media) promedio medido en decibeles, y frecuencia prominente medida en hertzios.

- OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Establecer una metodología a seguir en futuros estudios para el análisis de poblaciones por medio de sonogramas de llamados de especies, estudiando la biogeografía de la especie en cuestión.
2. Comprobación del método aplicado por medio de los resultados obtenidos.
3. Incursión en una nueva área de estudio nunca aplicada en Guatemala y El Salvador.

## V. METODOLOGÍA

Se trabajó en cuatro lugares en diferentes cadenas montañosas de Guatemala y una en El Salvador para poder identificar si existe diferencia entre las poblaciones de estos lugares. Los lugares de estudio son áreas de una elevación mayor a los 1,000 metros sobre el nivel del mar . Estos lugares incluyen áreas que han sido separadas hace miles de años; en la Sierra de las Minas en Guatemala Hierbabuena y San Lorenzo; La Unión, Zacapa, Guatemala y Montecristo, Metapán, El Salvador. Yierbabuena y la Unión se encuentran a una misma distancia de San Lorenzo. La Unión no tiene continuidad boscosa, está aislado de la Sierra de las Minas por el Valle del Motagua el cual posee bosque espinoso.

Cada área se estudió por cuatro días para tener suficientes muestras de la población del área de *Henicorhina leucophrys*. Anteriormente se comprobó en un viaje anterior de reconocimiento al Volcán Atitlán que tres días de muestreo dan un mínimo de cinco individuos en el área recorriendo todos los senderos del perímetro del lugar. Se realizo recorridos diarios por diferentes senderos para obtener el máximo número de individuos del área (Bartlett 1999). Estas aves son territoriales y por esto fue muy fácil diferenciar un individuo del otro. Al observar o escuchar al individuo, primero se anotó el número de individuo que se estaba escuchando en la grabación y después se realizó la toma de sonido con el micrófono direccional Bionic Booster grabando el sonido en la grabadora TCM-5000EV marca Sony. Al mismo tiempo se midió la altura en metros sobre el nivel del mar, en el lugar de la toma del sonido con el altímetro marca Barigo. Se grabó a cada individuo hasta que los llamados ya grabados empezaron a escucharse por tercera vez, según Kroodsma, ésta es la mejor manera de grabar todo el repertorio de los Trogloditidos (Kroodsma 1985). No se marcaron las aves que están cantando ya que las grabaciones no se harán por un largo período. Las

grabaciones no necesitaron ser en época de apareamiento ya que solamente se grabaron llamados.

El equipo de grabación consiste en un sistema de micrófono con reflector parabólico Bionic Ear-Bionic Booster para la captación de sonido en forma direccional y una grabadora de audio cassettes análogos Sony TCM5000EV. Posteriormente las grabaciones se llevaron a un estudio en donde se digitalizó y editó el sonido con el programa Sound Forge 6.0. Luego se filtraron los sonidos no deseados (ruido ambiental) con el programa Waves X-Noise 1.0 para poder obtener el llamado particular de cada individuo.

La fase final del trabajo digital consistió en el despliegue gráfico de las muestras de audio seleccionadas. La forma en que se puede desplegar la información es por medio de histogramas, forma de onda, y sonogramas en blanco y negro o color por medio de los colores oscuros y cálidos o claros y fríos. Estos tonos de color representan las frecuencias que contienen mayor o menor amplitud de onda o volumen. Se desplegó la información en sonogramas blanco y negro para seguir el patrón establecido en las literaturas citadas.

Una nota se refiere a un trazo continuo en el sonograma, una sílaba se refiere a cada unidad repetida de notas idénticas. Se analizaron las siguientes variables:

1. Tiempo de duración de vocalización entre dos notas continua: Es el espacio que se mide entre dos notas desde el comienzo de la primera hasta el final de la segunda que le sigue.
2. Espacio de tiempo de vocalización entre notas: Es el espacio de tiempo entre las dos notas anteriores. Se mide desde el final de la primera hasta el principio de la segunda que le sigue.

3. Punto de amplitud máxima: El acento en la nota. El punto de mayor amplitud, localizado sobre la escala de tiempo, expresado en porcentajes relativo al total de duración de la nota (Aragón comunicación personal 2003)
4. Volumen RSM: El promedio de presión sonora o volumen de la nota. Denota si es más fuerte el llamado de un individuo que el de otro sin importar la frecuencia. Quien habla más recio. Se expresa en decibeles (db).
5. Frecuencia prominente: La frecuencia que muestra el pico más alto de volumen (db) en el sonograma expresada en hertz. No hay que confundirla con el volumen RMS pues aunque esta frecuencia es la que tiene el mayor nivel de volumen de todas, este es pasajero, es decir, tarda muy poco tiempo. Tan rápido como sube, baja. Por ello se le llama Peak Level (nivel pico) y se expresa en db. El nivel RMS es una media de todos los picos versus sus valles, en todas las frecuencias (Aragón comunicación personal 2003)

Se realizó un catálogo maestro y se identificó cada sílaba por su forma única. No se realizaron estadísticas descriptivas como toma de medias porque los datos eran muy pocos para este tipo de análisis y según Mort Isler se necesita un número mayor de veinte individuos por lugar (Isler por palabra 2003). El análisis de componentes principales en PCOrd nos permite tener muestras de diferente tamaño, así como también funciona para datos monotónicos, los cuales son datos de curva normal, no poseen mucha diferencia entre sí (Cano por palabra 2003).

## VI. RESULTADOS

En el Cuadro 1 se puede observar un total de 10 individuos grabados en un total de cuatro días en Hierbabuena, Sierra de las Minas. La presencia del llamado indicó cuáles podrían ser usados en el análisis de los resultados realizado con los sonogramas. Un total de cuatro individuos no pudieron ser usados por los ruidos extremos que dañaron las grabaciones, aunque los llamados estuvieran presentes. En este cuadro se puede observar que se grabaron llamados de los individuos 4 y 10 pero el ruido extremo presente en la grabación no nos permitió obtener un sonograma adecuado. La media de la variable de tiempo de duración de vocalización entre dos notas continuas se encontraba entre 1 segundo y medio, solo dos grabaciones se salieron de este rango en el Cuadro 1; el individuo dos que fue de medio segundo y la del individuo seis que fue muy alta (04.075 segundos). La segunda variable en cuestión espacio de tiempo entre notas se comporto muy parecido ya que éstas son complementarias. Las variables, punto de amplitud máxima en porcentaje y frecuencia prominente fueron tomadas solamente para una nota no todo el llamado para todos los puntos de muestreo. Se puede observar que estas variables se comportaron diferentes ya que no están ligadas a las anteriores. El porcentaje de amplitud fue de 25% en todos los individuos para el Cuadro 1 menos para el individuo dos, que obtuvo 16.66%, el cual también fue el que tuvo menor tiempo entre notas. La variable frecuencia prominente tuvo una media para este punto de muestreo de 4,613.85 hertzios. El mismo individuo dos estaba muy por debajo del rango a 4,092. La media para el Cuadro 1 para la variable nivel de volumen RMS Promedio medido en decibelios fue de -33.27. Sólo el individuo dos se comporto fuera del rango con -40.98 decibelios.

### Análisis de Caracteres vocales en la sierra de las minas (Guatemala)

Individuos	Presencia o ausencia de llamados	No se puede usar la grabación	Elementos sonoros extraños	Tiempo de duración de vocalización entre dos notas continuas	Espacio de tiempo entre dos notas	Punto de amplitud máxima %	Nivel de volumen RMS Promedio Dbs	Frecuencia prominente en Hertz
Individuo 1	No hay llamado	x						
Individuo 2	Sí			00:00::00.551	00:00.342	16.66%	-40.98	4,092
Individuo 3		x	Ruido extremo					
Individuo 4	Sí	x	Ruido extremo	00:00::00.792	00:00.661	25%	-26.38	4,551
Individuo 5	Sí			00:00::01.454	00:01.340	25%	-28.24	4,559
Individuo 6	Sí			00:00::04.075	00:03.808	25%	-33.86	4,744
Individuo 7	Sí			00:00::01.108	00:00.902	25%	-35.29	4,985
Individuo 8	Sí			00:00::01.863	00:01.631	25%	-36.7	4,864
Individuo 9	Sí			00:00::01.490	00:01.445	25%	-31.47	4,502
Individuo 10	Sí	x	Ruido extremo					

**Cuadro 1: Caracteres vocales analizados de *Henicorhina leucophrys* por medio de cinco variables cuantitativas y tres descriptivas en Hierbabuena, Sierra de las Minas, Guatemala**

En el Cuadro 2 podemos observar el total de 12 grabaciones de 12 individuos diferentes obtenidas en San Lorenzo, Sierra de las minas. Cinco de las grabaciones fueron perdidas ya que no eran los llamados deseados. La presencia del llamado significa que si no hay elementos extraños sonoros que perturben la grabación puede ser usado para crear un sonogramas. En ninguno de estos casos se obtuvo una grabación de llamado con elementos sonoros extraños que pudiera

evitar su uso. Todos los tiempos de vocalización entre dos notas estaban por arriba de la media del Cuadro 2 de 1.1495 segundos, excepto el individuo 10. En el cuadro 1 se observó que el individuo 2 al tener diferencia en la variable espacio de tiempo de vocalización entre dos notas también mostraba diferencia en las variables punto de amplitud máxima, nivel de volumen RMS y frecuencia prominente. A diferencia del individuo 2 del Cuadro 1, el individuo 10 del Cuadro 2 no mostró diferencia en las otras variables como punto de cresta, RMS y frecuencia. El punto de amplitud máxima fue igual para todos. La media de la variable de nivel de volumen RMS promedio fue de -28.05 decibelios la cual fue menor que la media de -33 decibelios en el cuadro 1, para Hierbabuena. La media de frecuencia prominente fue parecida a la del Cuadro 1 con 4562.5 hertzios, siendo solamente 100 hertzios más bajos en el Cuadro 2.

### Análisis de Caracteres vocales en la San Lorenzo (Guatemala)

Individuos	Presencia o ausencia de llamados	No se puede usar la grabación	Elementos sonoros extraños	Tiempo de duración de vocalización entre dos notas continuas	Espacio de tiempo entre dos notas	Punto de amplitud máxima %	Nivel de Volumen RMS Promedio db	Frecuencia prominente Hertz
Individuo 1		x						
Individuo 2		x						
Individuo 3		x						
Individuo 4	Sí			00:00::01.384	00:00::00.859	25%	-39.49	4,237
Individuo 5	Sí			00:00::01.660	00:00::00.261	25%	-40.24	4,333
Individuo 6	Sí			00:00::01.381	00:00::00.563	25%	-24.74	5,009
Individuo 7	Sí			00:00::00.867	00:00::00.287	25%	-19.45	4,454
Individuo 8		x						
Individuo 9	Sí			00:00::01.010	00:00::00.203	25%	-21.03	4,840
Individuo 10	Sí			00:00::00.595	00:00::00.307	25%	-23.37	4,502
Individuo 11		x						
Individuo 12		x						

**Cuadro 2: Caracteres vocales analizados por medio de cinco variables cuantitativas y tres descriptivas en San Lorenzo, Sierra de las Minas, Guatemala**

En el Cuadro 3 se obtuvo 14 individuos pero las grabaciones fueron muy pobres debido a la gran cantidad de ruidos por la cercanía al pueblo de La Unión, Zacapa. La presencia del llamado indica que el individuo puede ser usado en el análisis, pero en este caso muchas de las grabaciones contenían elementos sonoros extraños lo cual evitó la identificación de la existencia de llamados. Los tiempos de duración de vocalización entre dos notas no fueron muy homogéneos en este punto de muestreo, como se puede ver en el Cuadro 3. La media de la variable tiempo de duración de vocalización entre dos notas continuas fue de 1.5862 segundo, y los datos de los individuos 2, 7 y 11 se salen del rango. En comparación a la media obtenida en el Cuadro 2 la cual fue de 1.1495 segundos, la media del Cuadro 3 de la variable duración de vocalización entre dos notas fue muy alta. El pico de cresta fue de 25% para todos los individuos, menos para el individuo 2, que fue de 31.25%, y que también fue el que tuvo mayor tiempo de duración de vocalización entre dos notas. La media de RMS fue de -30.51 decibelios la cual es menor de la media del primer sitio de muestreo en el cuadro uno -33.27 decibelios de RMS y mayor a la media de RMS del cuadro 2 con -28 decibeles. La media de frecuencia de los individuos en el sitio de muestreo de La Unión fue de 5,016 hertzios, y solo un dato salía del rango el mismo individuo 2 con 6506 hertzios que también se salía del rango en el tiempo de vocalización y punto de amplitud máxima en porcentaje.

Análisis de Caracteres vocales en La Unión (Guatemala)								
Individuos	Presencia o ausencia de llamados	No se puede usar la grabación	Elementos sonoros extraños	Tiempo de duración de vocalización entre dos notas continuas	Espacio de tiempo entre dos notas	Punto de amplitud máxima %	Nivel de volumen RMS promedio db	Frecuencia prominente (Hz)
Individuo 1		X	Ruido extremo					
Individuo 2	Sí			00:00::03.547	00:00::03.204	31.25%	-32.02	6,506
Individuo 3		X	Ruido extremo					
Individuo 4		X	Ruido extremo					
Individuo 5	Sí			00:00::01.068	00:00::00.545	25%	-26.78	4,840
Individuo 6		X						
Individuo 7				00:00::00.664	00:00::00.357	25%	-45.36	4,816
Individuo 8		X						
Individuo 9		X						
Individuo 10	Sí			00:00::02.229	00:00::01.851	25%	-24.1	4,467
Individuo 11	Sí			00:00::00.423	00:00::01.238	25%	-24.33	4,454
Individuo 12		X						
Individuo 13		X						
Individuo 14		X						

**Cuadro 3: Caracteres vocales analizados por medio de cinco variables cuantitativas y tres descriptivas en La Unión, Zacapa, Guatemala**

Las grabaciones del cuadro cuatro fueron realizadas en el Parque Nacional Montecristo, El Salvador. Estas grabaciones fueron de mayor claridad debido al cuidado que esta área tiene con los visitantes, y por ende el ruido ambiental es muy reducido. Por la calidad de las grabaciones se pudieron grabar catorce individuos, y usar un mayor número de grabaciones un total de siete, que en los otros lugares de muestreo. La media de tiempo de duración de vocalización entre dos notas fue menor, con 0.792 segundos en comparación de los otros lugares que fue mayor de 1 segundo. En este Cuadro 4 se puede observar que todas las crestas tienen la misma localización o el mismo acento en el 25% de la nota. La media de la variable RMS en el punto de muestreo del Cuadro 4 fue de -31.12 decibelios. El rango de frecuencias medidas en hertzios fue muy homogéneo con una media de 4,463.42 hertzios de frecuencia.

Análisis de Caracteres vocales en Montecristo (El Salvador)								
Individuos	Presencia o ausencia de llamados	No se puede usar la grabación	Elementos sonoros extraños	Tiempo de duración de vocalización entre dos notas continuas	Espacio de tiempo entre dos notas	Punto de amplitud máxima %	Nivel de volumen RMS promedio	Frecuencia prominente Hertz
Individuo 1		X	Ruido					
Individuo 2		X	Ruido					
Individuo 3		X	Ruido					
Individuo 4	Sí			00:00::00.44	00:00::00.216	25%	-19	4,502
Individuo 5	Sí			00:00::00.857	00:00::00.680	25%	-27.21	4,406
Individuo 6	Sí			00:00::00.544	00:00::00.632	18%	-33.22	3,875
Individuo 7	Sí			00:00::00.526	00:00::00.393	25%	-30.95	4,309
Individuo 8	Sí			00:00::00.410	00:00::00.288	25%	-40.66	4,906
Individuo 9	Sí			00:00::01.129	00:00::00.972	25%	-40.66	4,961
Individuo 10	Sí			00:00::01.639	00:00::01.332	25%	-26.17	4,285
Individuo 11		X	Ruido					
Individuo 12		X	Ruido					
Individuo 13		X	Ruido					
Individuo 14		X	Ruido					

**Cuadro 4: Caracteres vocales de *Henicorhina leucophrys* analizados por medio de cinco variables cuantitativas y tres descriptivas en Montecristo, Metapán, El Salvador**

La distancia entre los lugares se obtuvo por medio de mediciones lineales entre los puntos de muestreo en el mapa Hipsométrico de la República de Guatemala del IGN. El diagrama demuestra las distancias en kilómetros entre los lugares de muestreos y si existe separación por tipo de cobertura boscosa como entre La Unión y la Sierra de las Minas.

Distancias entre puntos de muestreos					
Puntos de Muestreo	Hierbabuena	San Lorenzo	La Unión	Montecristo	La Magdalena
Hierbabuena		32.5Kms	73Kms	95kms	163kms
San Lorenzo	No separados por cobertura boscosa		42kms	80kms	190kms
La Unión	Separados por cobertura boscosa			72kms	235kms
Montecristo	Separados por cobertura boscosa				247.5kms
La Magdalena	Separados por cobertura boscosa				

**Cuadro 5: Distancia en kilómetros entre los puntos de muestreo. Medida linealmente con mapa Hipsométrico de la República de Guatemala**



individuos respecto a todas las variables (Castillo 1997). La Figura 2 muestra que la mayor parte de los individuos están dispersos sin mostrar patrones específicos. Los siguientes individuos; 6 Montecristo, 2 Yierbabuena, 6 Yierbabuena e individuo 2 La Unión, demostraron mayor separación, no se encuentran cerca de los ejes. Estos individuos no son *Henicorhina leucophrys*.

## Análisis de las variables principales de individuos muestreados

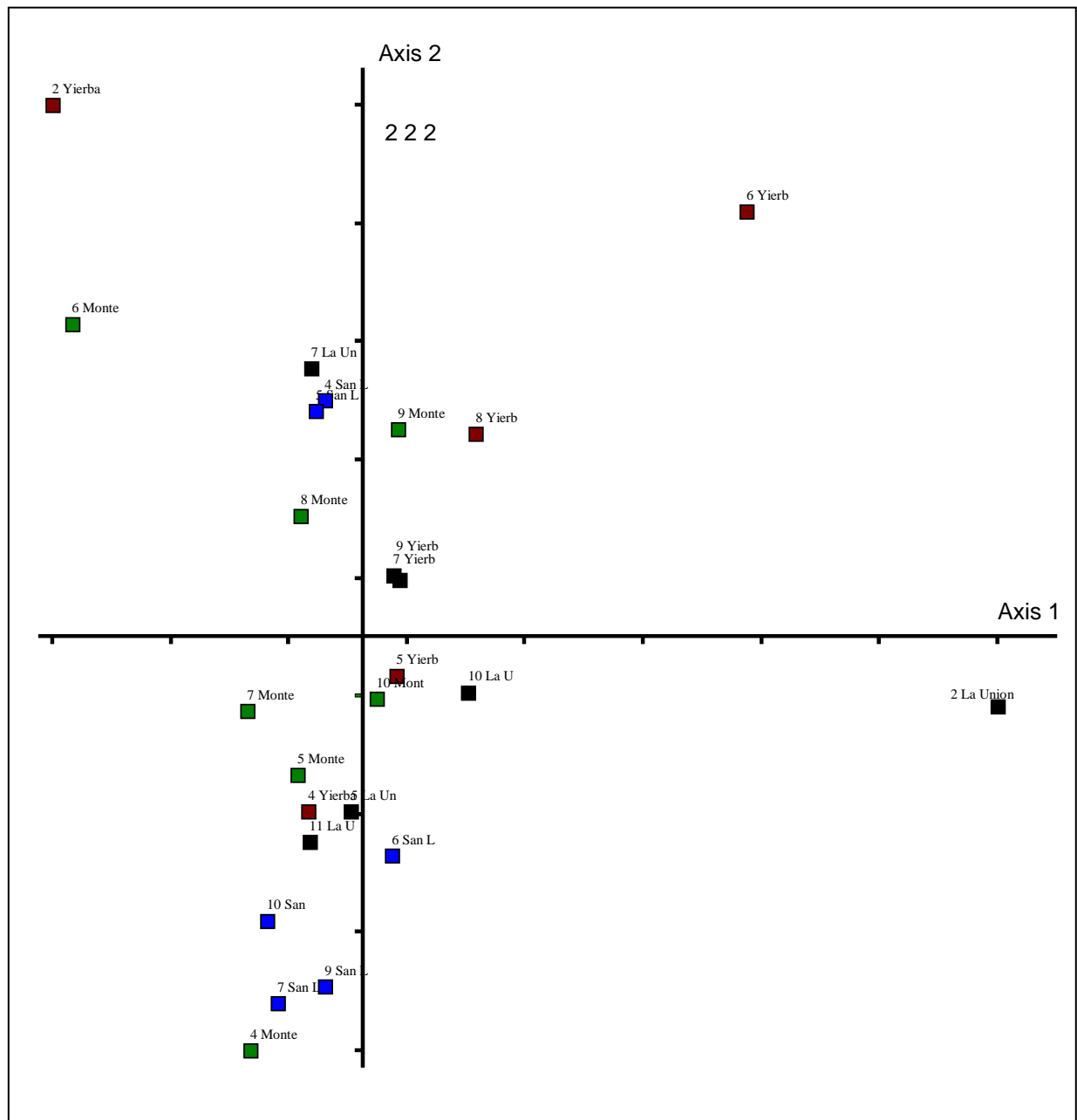


Figura 2: Análisis de Componentes principales de llamados de todos los individuos muestreados con las variables vocales: tiempo de duración entre dos notas, tiempo entre dos notas, punto de amplitud máxima (%), nivel de volumen RMS promedio y frecuencia prominente de *Henicorhina leucophrys*

Se realizó un análisis de componentes basados en las variables tiempo en segundos de dos llamados seguidos en la Figura 3 y tiempo en segundos entre llamados se muestran en la Figura 4. En las Figuras 3 a 4 se representa la misma conformación entre mayor tamaño el cuadro se muestra un mayor aporte de parte de la variable. Se puede observar en las Figuras 3 a 4 por el tamaño del cuadro y la distancia de este en cuanto a los otros cuadros que el individuo 2 de la Unión tuvo una mayor diferencia en estas variables. En la Figura 3 a 4 podemos observar que el individuo 6 de Hierbabuena tuvo mayor diferencia por las variables de tiempo en segundos de dos llamados y tiempo en segundos entre llamados. El individuo 6 de Hierbabuena demuestra mayor aporte de diferencia por el tamaño del cuadro para estas variables.

### Análisis de componentes principales para dos llamados seguidos

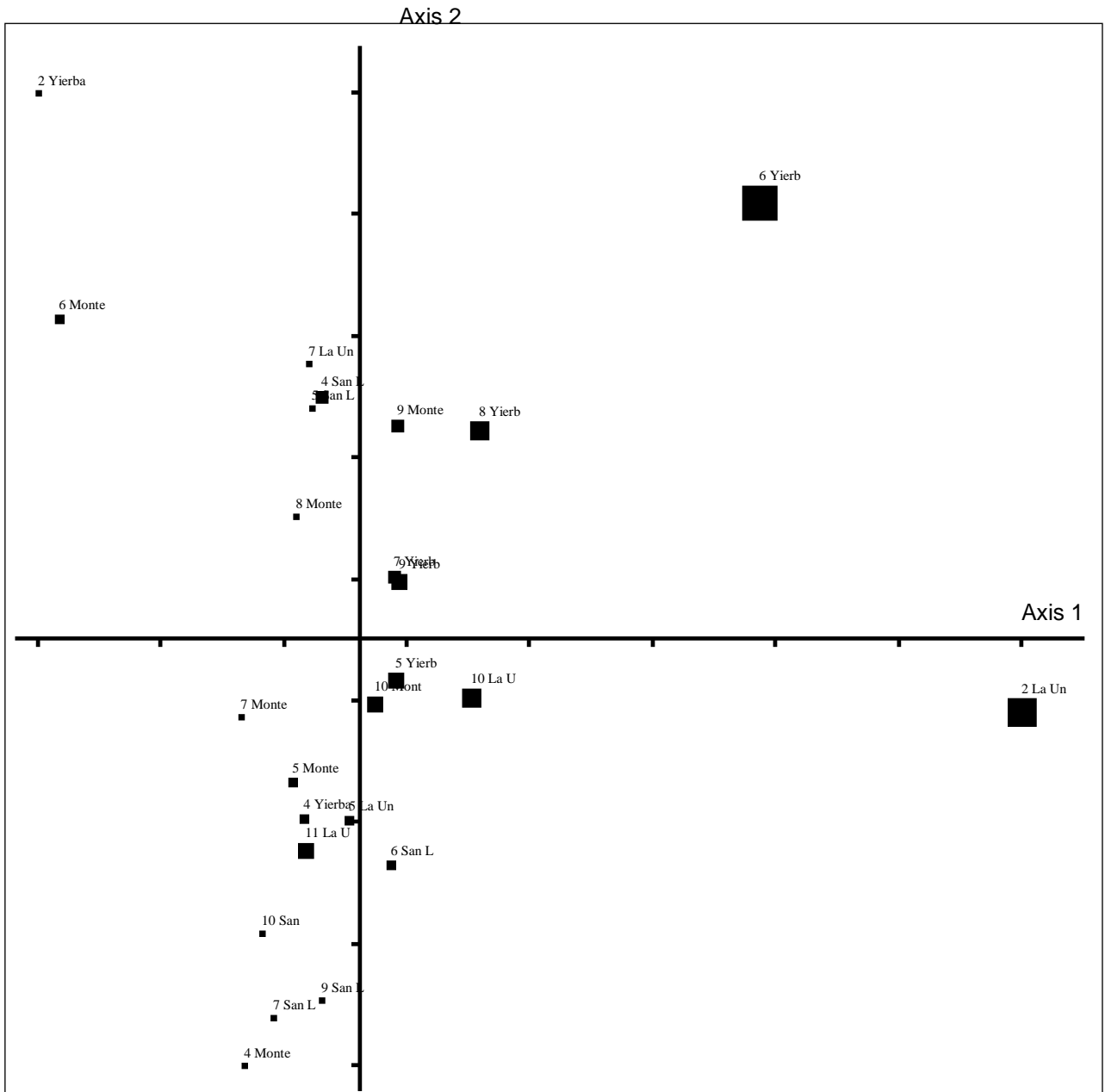
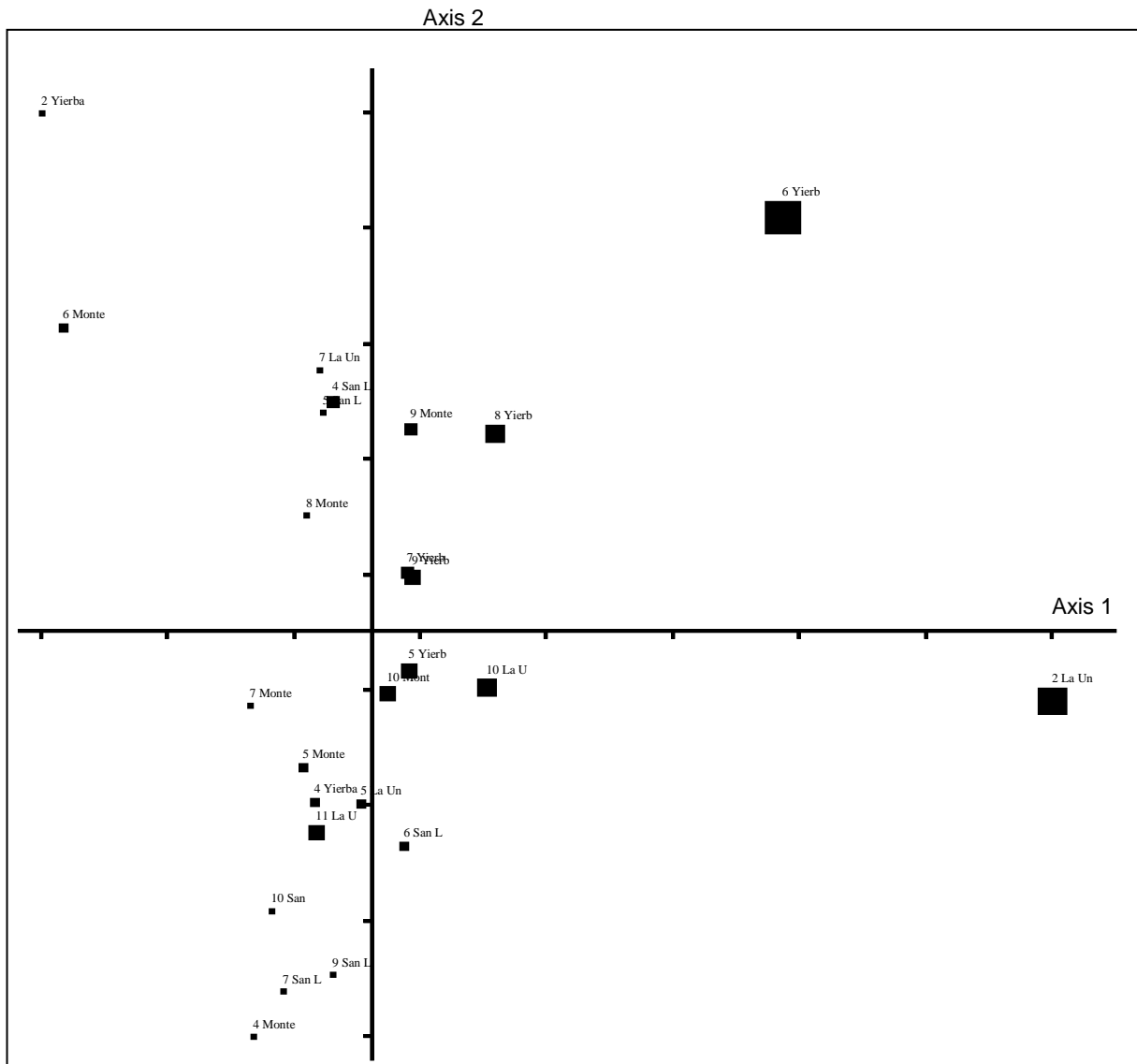


Figura 3: Análisis de componentes principales para tiempo en segundos de dos llamados seguidos de *Henicorhina leucophrys*

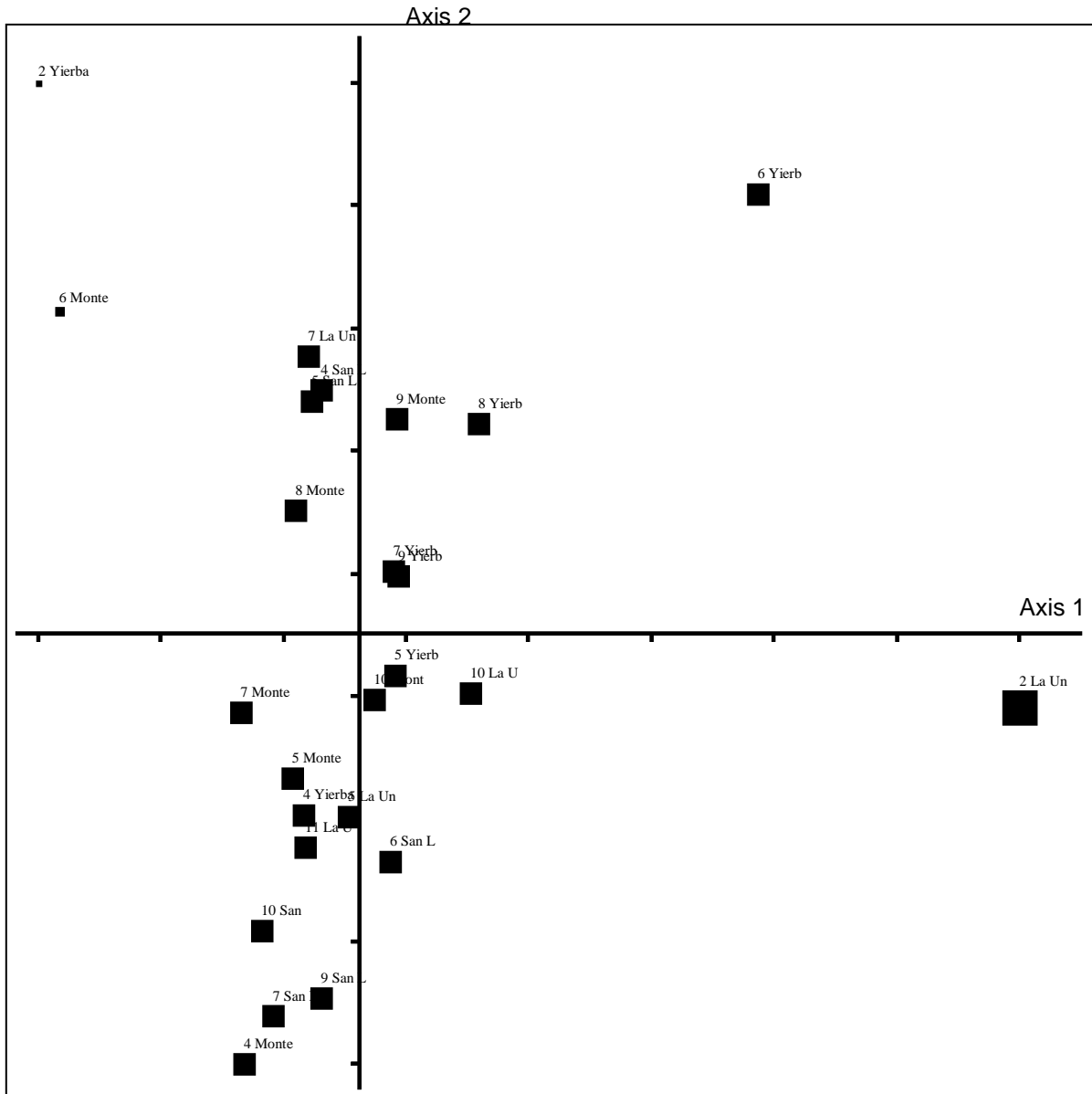
### Análisis de componentes principales entre llamados



**Figura 4: Análisis de componentes principales para tiempo en segundos entre llamados de *Henicorhina leucophrys***

En la Figura 5 podemos observar por el grado de prominencia de la mayoría de los cuadros que fue la que mayor aporte tuvo entre las demás variables. Se puede observar que todos los individuos excepto el 2 Hierbabuena y el 6 Montecristo tuvieron los cuadros del mismo tamaño, posiblemente porque esta variable tuvo menor valor para ellos. El individuo 6 Montecristo tuvo un RMS de 18% y el individuo 2 Hierbabuena tuvo un valor de 16.66%. Todos los demás individuos obtuvieron un valor de 25% de esta variable excepto La Unión que tuvo un mayor porcentaje de 31.02.

### Análisis de componentes principales para punto de amplitud máxima



**Figura 5: Análisis de componentes principales para punto de amplitud máxima en porcentaje de llamados de *Henicorhina leucophrys***

En la Figura 6 podemos observar cómo la variable de frecuencia prominente aportó al ordenamiento de los datos en el análisis de componentes total mostrado en la Figura 1. Como podemos observar los individuos están situados en el mismo lugar en todas las figuras y lo único que cambia es el tamaño de los cuadros. En este caso se demuestra que no hay patrones como no hay patrones en los anteriores. Al realizar un análisis de componentes principales basados en la variable frecuencia prominente visualizados en la Figura 6 se demuestra que el menor tamaño de los cuadros es un menor aporte a los resultados de la Figura 2 que es el total de la variable.

### Análisis de componentes principales para frecuencia prominente

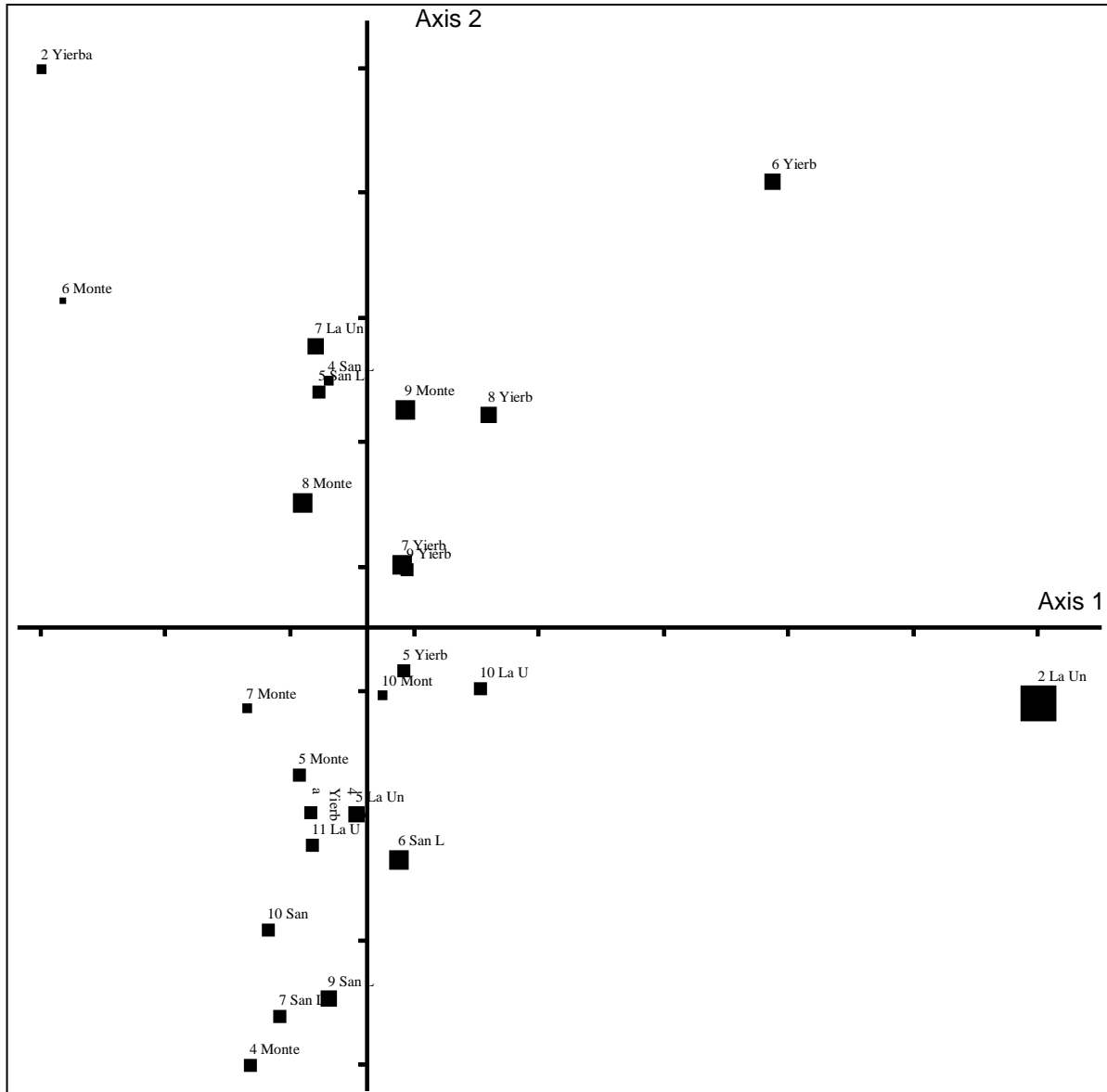
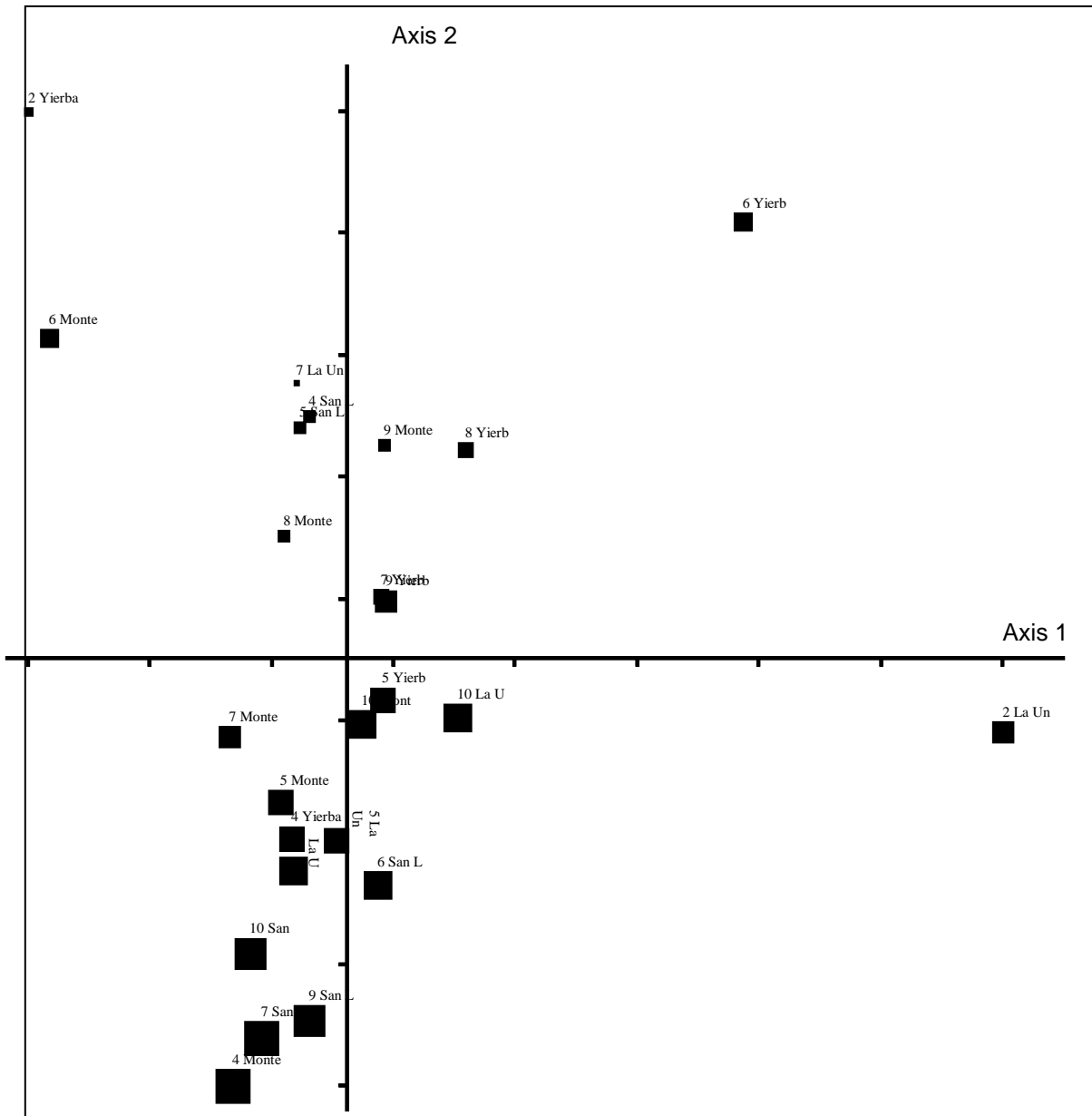


Figura 6: Análisis de componentes principales para frecuencia prominente en hertzios de llamados de *Henicorhina leucophrys*

La Figura 7 es una de las más prominentes en lo que respecta al análisis de componentes principales total debido al grado de aporte de la variable nivel de volumen RMS. Como podemos observar se ve que el tamaño de los cuadros de los individuos en el cuadrante bajo del eje 1 tienen mayor tamaño que los del cuadrante superior. Indica que el acento que tenían los individuos del cuadrante inferior al eje 1 era más recio.

### Análisis de componentes principales del nivel de volumen



**Figura 7: Análisis de componentes principales del nivel de volumen RMS (intensidad promedio) promedio de llamados de *Henicorhina leucophrys***

## Sonogramas

En el anexo 3; sonogramas de Hierbabuena se observó la claridad de la nota estudiada, el clásico cheek de *Henicorhina leucophrys*, como lo demuestra el círculo en el individuo 4. Los sonogramas de esta localidad son muy similares excepto por el individuo 2 el cual se piensa que no es la especie estudiada. Visualmente el individuo 6 parece ser diferente pero esto se debe a un ruido en la grabación.

El anexo 4; Sonogramas de San Lorenzo muestran una alta correlación y todos los llamados son parecidos musical y visualmente. La grabación del individuo 9 es un trill clásico de la especie aunque no es la nota que se estudió. El monograma del individuo 4 muestra un golpe que se dibuja como una línea con alta frecuencia en el sonograma.

El anexo 5; sonogramas en Montecristo muestran muchas variaciones. Se puede ver el cheek clásico de *Henicorhina leucophrys* en el sonograma del individuo 6. El individuo 6 mostró una baja correlación debido el tiempo entre notas y al tiempo entre dos vocales.

En el anexo 6; en los sonogramas de La Unión se muestra un sonograma muy diferente a los demás.

## VII. DISCUSIÓN

El uso de caracteres vocales puede determinar un límite biogeográfico en aves no cantoras. Mort Isler usa un mínimo de tres caracteres para las aves no cantoras, pero en este caso se ha modificado a cinco caracteres usando el llamado de las aves que funciona de una forma similar al canto de las aves no passeriformes (Kroodsma por palabra). Use cinco caracteres vocales; el intervalo de tiempo entre notas, tiempo de vocalización entre dos notas, punto de amplitud máxima en porcentaje, nivel de volumen RMS promedio en decibelios, y frecuencia prominente en hertzios. RMS es la intensidad de la nota medida en decibeles me asegure que era más del mínimo requerido para determinar la correlación después de recopilar información con Mort Isler y Don Kroodsman. Para determinar si los llamados del individuo grabado eran de *Henicorhina leucophrys* se usaron grabaciones de individuos del Cornell Ornithological Laboratory. No se uso la una pregrabación del llamado del ave para llamarlas y hacer que reaccionaran, ya que esto es una variable que todavía no se sabe cómo afecta la reacción de cada individuo grabado.

Las variables de tiempo fueron uno de los factores más determinantes en el análisis ya que esto ayudó a demostrar una baja correlación en los individuos por tiempo entre notas o tiempo de dos notas muy alto o muy bajo. El tiempo se midió en segundos y microsegundos. Estas dos variables están ligadas y producen resultados similares. Es posible que en metodologías futuras se elimine espacio de tiempo entre notas ya que se comporta muy similar al variable tiempo entre dos notas continuas.

La medida de nivel de volumen de RMS promedio media la intensidad de la nota o lo que podríamos decir es el acento del ave grabada. El promedio fue muy parecido entre todas como se puede ver en la explicación de los cuadros 1 al 4 de caracteres vocales. La media se encontró en -31,2 dbs. Esta medida estadística obtenida automáticamente del programa de Sound Forge parecía hacer mucha diferencia entre los caracteres analizados en especial para los individuos con voz más recia.

Las medidas de punto de amplitud máxima y frecuencia prominente se obtuvieron al graficar en sonograma una sola nota. Existía el problema del ruido en las grabaciones que podrían dar una falsa imagen del pico de frecuencia en hertzios o de la amplitud en decibeles y fue por eso que se decidió obtenerla de una nota sin ningún ruido extraño que podría perturbar los análisis. La media de la amplitud máxima sobre la escala de tiempo expresado en porcentajes relativos a la duración total de cada nota en porcentaje fue 25%, esto indicaba el lugar del acento del individuo. El tiempo de vocalización del individuo parece afectar a la variable de punto de amplitud máxima incrementando el porcentaje a mayor tiempo y minimizándolo a menor tiempo como se puede ver en el Cuadro 2 al individuo 2 y en el Cuadro 4 al individuo 2.

Por otro lado, la correspondencia que podría ser perfectamente válida es entre la frecuencia prominente y el punto de amplitud máxima. Podrían llegar a ser que este último fuera precisamente el pico de la frecuencia prominente

De un total de 50 sonogramas obtenidos, 25 se desecharon del análisis debido a que sólo contenían ruidos ambientales o mecánicos. Los ruidos ambientales fueron diferentes en todos los lugares, y dependiendo del día en el lugar también podía existir cambio. En La Unión se encontró mucho ruido ambiental debido a la población cercana, muchas eran de personas o animales domésticos. En Hierbabuena el viento fue uno de los factores que más afectó a la

grabación, aunque el micrófono Bionic Booster fue el que tenía menor captación del sonido del viento en comparación a otros que fueron probados como los direccionales no parabólicos. La persona asignada a las grabaciones fue la misma en todos los lugares así que en este caso las grabaciones eran homogéneas. El ruido de manipulación creado por la persona que grababa fue el mismo para todos los lugares. Los ruidos mecánicos de la grabadora Sony modelo TCM500EV pudieron haber sido evitados en gran parte por una grabadora digital.

El Análisis de componentes principales sugiere que los individuos son muy homogéneos en cuanto a las variables de canto analizadas. Esto sugiere que se trata de poblaciones homogéneas y quizás metapoblaciones de acuerdo a Mort Isler (2003). El análisis de datos similares sometidos a una prueba de hipótesis, utilizando estadística paramétrica puede ser más sencillo y más objetivo que el uso de Análisis de componentes principales (PCA). Sin embargo, debido a que el número de individuos es muy bajo, no se pudo cumplir con todos los requerimientos de análisis paramétricos (mas de 20 Individuos), por lo cual el PCA resultó la mejor opción. Por otro lado, el análisis de componentes principales asume que los datos no son independientes porque hay algún tipo de correlación y en ecología ese es el supuesto antes de iniciar el estudio de los datos.

Se encontró una alta correlación entre los individuos de todos los lugares grabados según el análisis de correspondencia. Pero con el análisis de componentes muchas de las preguntas que se establecieron no pueden ser contestadas. No se pudo determinar si existe diferencia entre los lugares o entre los individuos de los lugares muestreados. Las agrupaciones de los individuos por lugar de muestreo no ocurrió (Ver Fig, 2) todos los individuos están dispersos sin demostrar patrón alguno por localidad. Aunque el PCA indica que los llamados son homogéneos. Se podría decir que el tiempo de aislamiento no es suficiente para que ocurra diferencia entre los llamados de *Henicorhina leucophys* o que las poblaciones no están realmente aisladas, según los datos obtenidos en el PCA en realidad no existen suficientes datos para acertar esto. Tampoco se puede

acertar si existe diferencia por la distancia. Es posible que los datos encontrados apoyan a los hallazgos de Howell que dicen que hay sólo una subespecie en el área biogeográfica estudiada y no dos como indicaba Clements. Pero la cantidad de datos obtenidos por punto de muestreo es relativamente bajo para poder obtener una muestra adecuada para medir los cambios en las poblaciones. Entonces no podemos concluir nada acertadamente con los datos obtenidos, se deberían de tener por lo menos 20 muestras de cada punto de muestreos para poder aplicar la estadística adecuada según Mort Isler .

Algunas agrupaciones características que se notan en los diagramas se pueden observar en la Figura 2. Si pudiéramos observar el sonido que esta presentado en la gráfica observaríamos que los sonidos de *Henicorhina leucophrys* no están clasificados juntos. Se les puede observar por toda la gráfica.

Una metapoblación está compuesta por subpoblaciones, y mantiene un grado de migración, y separación de la subpoblaciones por espacios artificiales o naturales. No se puede aportar nada a los estudios del corredor biológico mesoamericano porque los datos no contribuyen a sustentarlo. Los datos sustentan el establecimiento de reservas aisladas de bosques nubosos como áreas de paso por salto. No se puede decir que existe una metapoblación en cuanto al canto. Esa similitud puede deberse a convergencia o paralelismo y no a parentesco genético o sea que el enfoque de metapoblaciones no es valido con los datos de este trabajo.

## VIII. CONCLUSIONES

No se pudo determinar si existió diferencia entre las poblaciones con discontinuidad boscosa. Por lo tanto la hipótesis no debe de ser descartada. Pero según los datos obtenidos y las estadísticas no paramétricas no hay diferencia en las poblaciones. Tampoco se encontró diferencia con las muestras obtenidas entre los lugares aislados por cobertura boscosa y los que tenían continuidad boscosa pero se debería de tener una muestra de por lo menos 20 individuos por lugar para poder concluir esto. Se demostró que no existió ninguna diferencia en la correlación entre los lugares de mayor distancia como Montecristo y Yierbabuena o La Unión. Esto se puede deber a que la distancia en realidad no fue mucha, y tal vez si se hubiera encontrado individuos en La Magdalena pudiera existir una mayor diferencia. Esta no sería mucha debido a las conclusiones establecidas que los individuos del área biogeográfica estudiada no son aislados y que el aislamiento en tiempo no es mucho para que existan diferencias. Pero también para poder concluir esto se debe de tener más datos, un mínimo de 20 grabaciones por lugar, para poder aplicar estadística adecuada. Un 50% de las grabaciones de campo pudieron ser utilizadas para este estudio, entonces se sugiere el uso de grabación digital o doblar el tiempo de muestreos para obtener una mayor población.

Según el análisis de componentes principales los datos son homogéneos pero para poder verificar si la existe diferencia por distancia necesitaríamos usar una estadística no paramétrica. Una t de estudiante o algo similar no podría usarse con tan pocos datos por muestra se necesitan un mínimo de 20. Si se puede distinguir individuos de la especie por el rango en que entran en las variables. Si son individuos muy altos o muy bajos del rango son individuos de otras especies.

## IX. RECOMENDACIONES

- Usar esta metodología para hacer una reevaluación de las subespecies de *Henicorhina leucophrys* en Latinoamérica.
- Usar una grabadora digital para estudios futuros para obtener datos de otras especies de aves y identificar características claves de su canto. Por ejemplo cualquier organización que quisiera estudiar el número de aves y especies de un área podría usar esta nueva metodología y trabajar con datos más verificados que identificación visual.
- Para estudios futuros sería más favorable usar una grabadora digital para obtener menos ruido ambiental así como las características especiales que ofrece un programa de análisis estadístico como el Canary del laboratorio de Cornell.
- Es muy importante hacer más estudios de biogeografía de poblaciones para establecer cómo la fragmentación afecta a las poblaciones aisladas.
- Intercambiar datos y conocimientos con Don Kroodsma para ayudar a laboratorios internacionales, y obtener apoyo de organizaciones como Laboratorios de Ornitología de Cornell.

## X. BIBLIOGRAFÍA

Byers, B. 1996. *Graphic variation of song form within and among Chestnut-Sided Warble populations*. The Auk. 113(2):288-299

Baptista, L. 2002. *El Estudio de la variación geográfica usando vocalizaciones y las bibliotecas de sonidos de aves neotropical*. Academia de Ciencias de California. 15-39.

Baptista, L. y J. E. Martínez Gómez. 2002. *La investigación bioacústica de las aves del archipiélago de Revillagigedo: Un reporte de Avance*. Hutzuil. 3(2):33-41

Bartlett, B. y J. Bartlett. 1999. *On-location techniques*. U.S.A. Focal Press. 274 pp.

Burkart, B. 1965. *Geology of the Esquipulas, Chanmagua and Cerro Montecristo Quadrangles, southeastern Guatemala*. Tesis de la Universidad de Rice, Houston, Texas, USA. 121pp.

Castillo, W., O. Rodríguez, J. González y J. Trejos. 1997. *Fundamentos de análisis multivariado de datos. Programa de investigación en modelos y análisis de datos*, Centro de Investigaciones en Matemática Pura y Aplicada, Escuela de Matemática, Universidad de Costa Rica. 8-12 de diciembre de 1997, Guatemala.

Chilton, G. y M. Ross Lein. 1996. *Long-term changes in songs and song dialect boundaries of Puget Sound White-Crowed Sparrows*. The Condor. (98):567-580.

Clement's, J. 1996. *Clement's birds of the world: A Check List*.

David, D. y D. Kroodsma. 1994. *Song sharing and repertoires among migratory and resident Rufous-Sided Towhees*. The Condor. (96):190-196

Howell, S. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of México and northern Central America*. New York, USA. Oxford Press. 851pp.

IGN. 2002. *Mapa hipsométrico de la república de Guatemala*.

Krause, B. 2002. *Wild soundscapes*. U.S.A. Wilderness Press.  
168 pp.

Kroodsma, D. 1993. *Ecological aspects of passerine song development. A personal perspective*. Etología. 3.113-123

Kroodsma, D. 1989. *Two North American song populations of the Marsh Wren reach distributional limits in the central great plains*. The Condor.(91):332-340

Kroodsma, D. 1985. *Geographic variation in songs of the Bewick's wren: search for correlations with avifaunal complexity*. Behavioral Ecology Sociobiology. (16):143-150

Kroodsma, D. 1975. *Song patterning in the rock wren* The Condor. (77):294-303

Kroodsma, D. y H. Momose. 1991. *Songs of the Japanese populations of the Winter Wren (Troglodytes troglodytes)*. The Condor.(93):424-432

Kroodsma, D., J. Sánchez, D. Stemple, E. Goodwin, M. L. de Silva, y J. Vielliards. 1999. *Sedentary life style of neotropical Sedge wrens promotes song imitation*. Animal Behavior. (57): 855-863

Kroodsma, D y R. Pickert. 1984. *Sensitive phases for song learning: Effects of social interaction and individual variation animal behavior*. (32): 389-394

Kroodsma, D. y R. Pickert. 1984. *Repertoire size, auditory templates, and selective vocal learning in songbirds*. Animal Behavior. 32:395-399

Gómez de Silva, H. 1997. *Comparative analysis of the vocalizations of Hylorchilus Wrens*. The Condor. (99):981-984

González Escobar, O. G. 1999. *Estudio cualitativo de la composición forestal remanente, entre 400 y 1200 m SNM, de la subcuenca del río Raxon Tzun, Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, Panzós, Alta Verapaz, Guatemala*. Tesis de la Universidad del Valle de Guatemala. 63pp.

Macvean, C. y J. Schuster. 1981. *Altitudinal distribution of Passalid Beetles (Coleoptera, Passalidae) and pleistocene dispersal on the volcanic Chani of northern Central America*. Biotropica 13(1):29-38

Marcos Villatoro, C. 1999. *Censo de especies del Género Quercus y su distribución geográfica en dos cuencas de la Reserva Biósfera de las Minas*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. 99pp.

Markmann Lira, H. 1998. *Educación ambiental para el ejército y las comunidades que circundan el bosque Nuboso de La Unión, Zacapa*. Tesis de la Universidad del Valle de Guatemala. 98pp.

Mejía Lazo, F. R. 1998. *Guía turística de la Sierra de los Cuchumatanes*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. 123pp.

Miles, H. 1999. *Profesional microphone techniques*. U.S.A. Hal Leonard Corporation. 200 pp.

Rodas, S., P. Morales, H. Liere, S. Sosa y A. Del Valle. 1999. *Descripción ecológica de la Reserva del Quetzal, Volcán Atitlán, Suchitepequez*. Universidad del Valle de Guatemala. 47pp.

Stehli, F. y S. Webb. 1985. *The great american biotic interchange*. New York And London. Plenum Press. 532pp.

Stotz, D., J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker III. y D. K. Moskovits. 1996. *Neotropical birds: ecology and conservation*. Chigago, U.S.A. The University of Chigago Press. 478pp.

Skuch, S. 1960. *Life histories of Central American birds II*. Berkley, CA. Pu. Cooper Ornithological Society.

Van Horn, S. 1995. *Assessing vocal variety in the Winter Wren a bird with a complex repertoire*. *The Condor*. (97):39-49

Arnold, A. P. 1980. *Sexual differences in the brain*. *American Scientist* 68: 165–173

## XI. ANEXOS

### Anexo 1: Hoja de toma de datos de campo

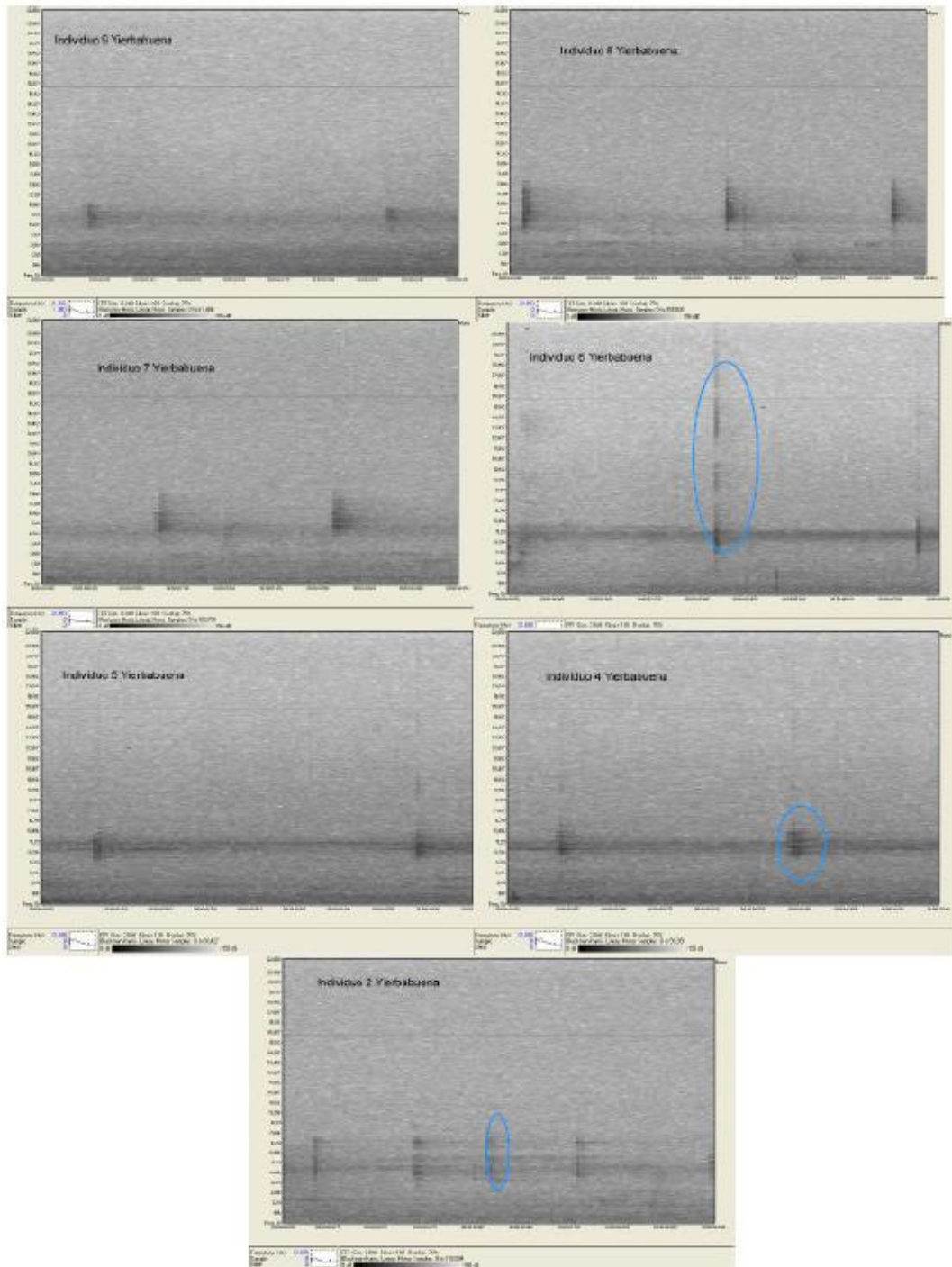
Nombre de persona que hace grabación, institución y dirección	
Número de cinta	
Fecha	
Marca y modelo de grabadora	
Marca y modelo de micrófono	
Marca, modelo, diámetro, y longitud vocal de parábola	
Formato de cinta	
Velocidad	
Uso de accesorios	
Localización general	
Localización específica	
Tipo de vegetación y condiciones ambientales	
Nombre de la especie	
Individuos observados o no observados	
Sexo	
Edad	
Tipo de sonido	
Distancia aproximada del sujeto al micrófono	
Tipo de hábitat	
Contexto conductual del sonido	
Minutos de la sesión de grabación	
Cantos de otras aves en segundo plano	
Otros sonidos en la grabación que no son del ave	

--	--

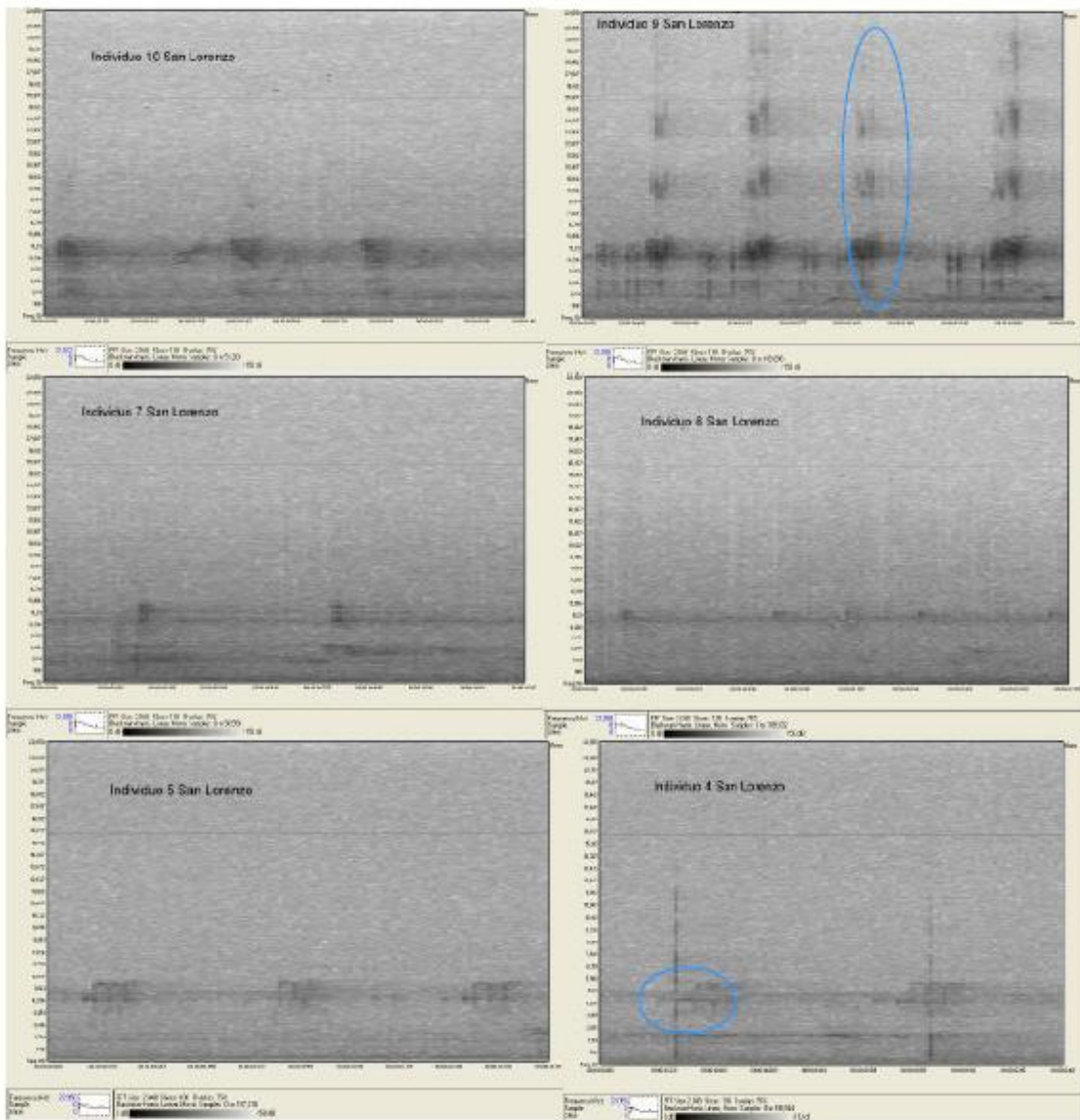
## **ANEXO 2: Materiales usados en la metodología**

- Pantalla parabólica Bionic Booster y micrófono Bionic Ear
- Grabadora Sony modelo TCM5000EV
- Cassettes de Cromo marca Maxell modelo XLIIIS
- Altímetro Barigo
- Binoculares Cannon 40x8
- Software de edición de audio en disco duro Sound Forge 6.0
- Herramienta de Análisis de Espectro " Spectrum Analysis 2.0"  
Software tipo Plug-in de sonic foundry para el programa Sound Forge 6.0
- Herramienta de restauración de Audio y Reducción de Ruido "X-Noise  
1.0" Software tipo "plug in" de ondas para el programa Sound Forge 6.0

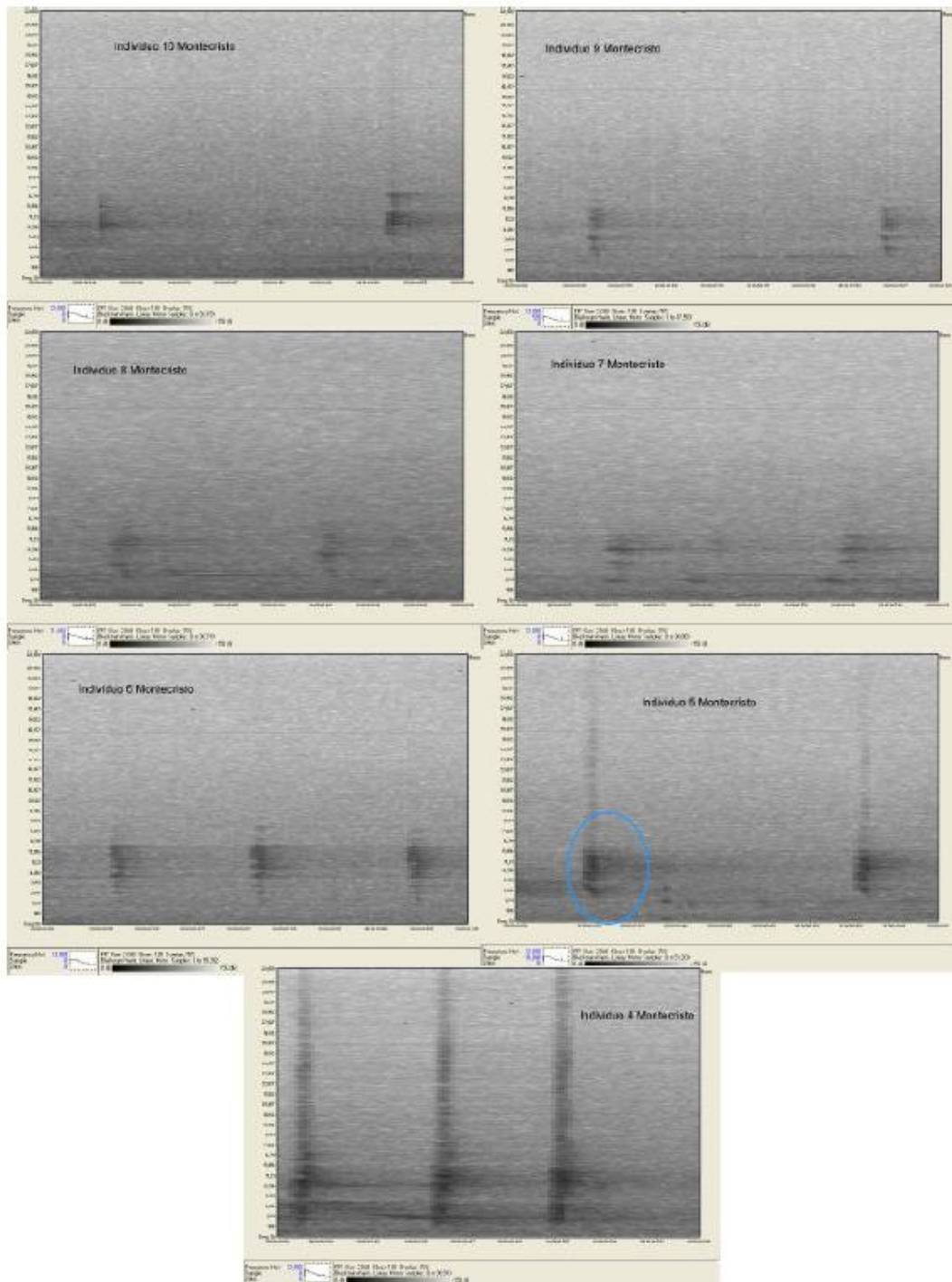
Anexo 3: Sonogramas Yierbabuena



# Anexo 4: Sonogramas San Lorenzo



### Anexo 5: Sonogramas Montecristo



### Anexo 6: Sonogramas La Union

