



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA
ECOLOGÍA

**EVALUACIÓN POBLACIONAL, USO DEL HÁBITAT Y ECOLOGÍA DE LA
CHACHALACA PACÍFICA (*Ortalis poliocephala*) EN LA REGIÓN DE CHAMELA,
JALISCO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ROBERTO SALAZAR ARAGÓN

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. JORGE H. VEGA RIVERA
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DR. MIGUEL A. ORTEGA HUERTA
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM
DR. IAN MACGREGOR FORS
RED DE AMBIENTE Y SUSTENTABILIDAD,
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.

Ciudad Universitaria, Cd. de Mx. NOVIEMBRE, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 5 de Septiembre de 2016, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del alumno **SALAZAR ARAGON ROBERTO** con número de cuenta **305074357** con la tesis titulada **"Evaluación poblacional, uso del hábitat y ecología de la Chachalaca Pacífica (*Ortalis poliocephala*) en la región de Chamela, Jalisco"**, realizada bajo la dirección del **DR. JORGE HUMBERTO VEGA RIVERA**:

Presidente: DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
Vocal: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER
Secretario: DR. IAN MACGREGOR FORS
Suplente: DR. LUIS DANIEL ÁVILA CABADILLA
Suplente: DR. LUIS ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx, a 27 de octubre de 2016.

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por el conocimiento y formación a los que me dio acceso a través de mis estudios de maestría. Así mismo, agradezco profundamente a la Universidad Nacional Autónoma de México, por la educación que me ha brindado a lo largo de 10 años.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca que me fue otorgada (No. becario: 280013), y sin la cual este proyecto no hubiese sido posible.

A mi tutor, Dr. Jorge H. Vega Rivera, y a los miembros del comité tutorial: Dr. Miguel A. Ortega Huerta y Dr. Ian Macgregor Fors, por sus enseñanzas, comentarios y críticas que ayudaron a consolidar este proyecto.

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

A mi familia: mis padres, mi hermano y mi abuelita, quienes han sido el pilar central de mi joven vida. A Mary, quien ha estado a mi lado durante 5 años apoyándome en todo momento.

A Jorge Vega, en quien encontré una amistad invaluable y un apoyo incondicional.

A Sylvia y a Monse, por la ayuda personal brindada durante el transcurso de este proyecto.

A las personas que en conjunto conforman la Estación de Biología Chamela y quienes me ofrecieron su ayuda durante la realización de este trabajo.

Special thanks to the Idea Wild Foundation, for donating the digital rangefinder necessary to obtain accurate data on the field.

A los miembros del Jurado: Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga, Dr. Enrique Martínez Meyer, Dr. Luis Daniel Ávila Cabadilla, y Dr. Luis Antonio Sánchez González, cuyos comentarios ayudaron a enriquecer este trabajo.

A mi amada Universidad.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| Índice..... | 5 |
| Lista de figuras | 6 |
| Lista de tablas | 8 |
| Resumen | 9 |
| Abstract..... | 11 |
| Introducción | 15 |
| Antecedentes..... | 22 |
| Objetivos | 27 |
| Predicciones | 28 |
| Metodología | 29 |
| Resultados | 59 |
| Discusión | 75 |
| Conclusiones | 90 |
| Literatura citada..... | 92 |
| Anexo 1. Fotografías de los tipos de vegetación y usos de suelo..... | 102 |
| Anexo 2. Fotografías de los sitios de muestreo | 112 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Macho de <i>O. poliocephala</i> vocalizando en la RBCC | 16 |
| Figura 2. Distribución potencial de <i>O. poliocephala</i> | 17 |
| Figura 3. Bosque Tropical Caducifolio en la región de Chamela, Jalisco..... | 21 |
| Figura 4. Individuo de <i>O. poliocephala</i> en la EBCh..... | 22 |
| Figura 5. Nido de <i>O. poliocephala</i> en Chamela..... | 23 |
| Figura 6. Pollo de <i>O. poliocephala</i> a unos días de haber eclosionado | 24 |
| Figura 7. Reserva de la Biósfera MAB UNESCO Chamela-Cuixmala y localidades de importancia..... | 30 |
| Figura 8. Precipitación mensual del año de muestreo y dos años anteriores..... | 31 |
| Figura 9. Ubicación de los puntos de conteo en la Reserva de la Biósfera MAB UNESCO Chamela-Cuixmala..... | 39 |
| Figura 10. Ubicaciones de los transectos en la Reserva de la Biósfera MAB UNESCO Chamela-Cuixmala..... | 44 |
| Figura 11. Curva de detección de <i>Pipile jacutinga</i> | 46 |
| Figura 12. Comparación entre las definiciones de la Capa de Usos de Suelo y Vegetación y de los polígonos elaborados a partir de imágenes satelitales..... | 52 |
| Figura 13. Mapa del área muestreada durante la estación seca..... | 45 |
| Figura 14. Mapa del área muestreada durante la estación lluviosa..... | 46 |
| Figura 15. Tipos de registros obtenidos para cada estación..... | 48 |

| | |
|--|----|
| Figura 16. Número de registros visuales y auditivos de cada sitio de muestreo. | 48 |
| Figura 17. Número de individuos registrados en cada sitio de muestreo durante ambas estaciones..... | 49 |
| Figura 18. Frecuencias y tipos de respuesta al playback..... | 49 |
| Figura 19. Densidad poblacional de cada sitio durante ambas estaciones | 51 |
| Figura 20. Radios efectivos de detección para cada sitio y cada estación | 51 |
| Figura 21. Densidad poblacional de cada tipo de vegetación y uso de suelo durante ambas estaciones estimada mediante puntos de conteo con playbacks | 52 |
| Figura 22. Radios efectivos de detección (EDR) para cada tipo de vegetación durante ambas estaciones..... | 52 |
| Figura 23. Número de registros y de individuos detectados mediante puntos de conteo con playback y transectos en línea | 53 |
| Figura 24. Estimaciones de densidad poblacional para la región de Chamela mediante puntos de conteo con playback y transectos en línea..... | 53 |
| Figura 25. Radio efectivo de detección (EDR) y ancho de banda efectivo (ESW) para puntos con playback y transectos..... | 54 |
| Figura 26. Correlaciones entre densidad poblacional y las variables de fragmentación para la estación seca | 59 |
| Figura 27. Correlaciones entre densidad poblacional y las variables de fragmentación para la estación lluviosa..... | 60 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Puntos de conteo, transectos, longitud del transecto y superficie muestreada por cada sitio..... | 43 |
| Tabla 2. Detecciones de chachalacas en cada tipo de vegetación/uso de suelo a lo largo de los muestreos | 55 |
| Tabla 3. Áreas y proporciones de los hábitats disponibles en el área de estudio durante la estación seca..... | 55 |
| Tabla 4. Áreas y proporciones de los hábitats disponibles en el área de estudio durante la estación lluviosa | 56 |
| Tabla 5. Parámetros de fragmentación correspondientes a la estación seca | 57 |
| Tabla 6. Parámetros de fragmentación correspondientes a la estación lluviosa..... | 57 |
| Tabla 7. Número de fragmentos ocupados por chachalacas por sitio y por categoría de tamaño | 61 |
| Tabla 8. Distancia promedio entre los fragmentos ocupados y densidad de fragmentos ocupados por chachalacas..... | 62 |
| Tabla 9. Densidades poblacionales de <i>O. poliocephala</i> en diferentes localidades de Michoacán..... | 69 |
| Tabla 10. Densidades poblacionales de <i>O. ruficauda</i> en diferentes hábitats del norte de Venezuela. | 69 |

EVALUACIÓN POBLACIONAL, USO DEL HÁBITAT Y ECOLOGÍA DE LA
CHACHALACA PACÍFICA (*Ortalis poliocephala*) EN LA REGIÓN DE CHAMELA,
JALISCO

Roberto Salazar Aragón

Resumen. – Se estimó la densidad poblacional de la Chachalaca Pacífica (*Ortalis poliocephala*) en 9 sitios de muestreo ubicados dentro de la Reserva de la Biósfera MAB UNESCO Chamela-Cuixmala, así como en cada uno de los tipos de vegetación y usos del suelo encontrados dentro de la región. Estas estimaciones se realizaron para la estación seca y lluviosa por separado. La mayor densidad se estimó para la Estación de Biología Chamela, mientras que, las densidades del bosque tropical caducifolio primario y secundario fueron estadísticamente mayores a las del resto de las vegetaciones/usos de suelo. Adicionalmente, se comparó la densidad estimada mediante transectos en línea y puntos de conteo con playbacks para toda la Reserva, durante la estación lluviosa. Aunque las densidades no mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre sí, la densidad estimada por transectos fue mayor.

Se realizó una prueba de χ^2 de bondad de ajuste e intervalos de confianza de Bonferroni, para la estación lluviosa y seca por separado, con el objetivo de determinar si había un uso desproporcionado de las vegetaciones o usos de suelo presentes en la Reserva. Durante la estación seca las chachalacas prefirieron el bosque tropical caducifolio secundario y evitaron los usos de suelo agrícola,

pecuario y las zonas urbanas. En la estación lluviosa las chachalacas prefirieron tanto el bosque tropical caducifolio primario como el secundario, mientras que evitaron los usos de suelo agrícola, pecuario y las zonas urbanas.

Para cada estación, se correlacionó la densidad poblacional de cada sitio con los siguientes parámetros de fragmentación: porcentaje de cobertura forestal, número, tamaño promedio, densidad y la distancia promedio entre fragmentos. No hubo una correlación significativa entre los parámetros y la densidad, solamente la hubo entre el porcentaje de cobertura forestal y el radio efectivo de detección, mostrando un decaimiento de dicho radio conforme se incrementa el porcentaje de cobertura forestal (R^2 en secas= 0.76, R^2 en lluvias= 0.45).

Abstract. - **Population assessment, habitat use and ecology of the West Mexican Chachalaca (*Ortalis poliocephala*) in Chamela, Jalisco.** – Population density of the West Mexican Chachalaca (*Ortalis poliocephala*) was estimated at 9 survey sites located in the Chamela-Cuixmala MAB UNESCO Biosphere Reserve, as well as in the different vegetation types and land uses within the Reserve. These estimations were done separately for the dry and rainy season. The highest density was estimated for the Chamela Biology Station. On the other hand, density estimated for the primary tropical dry forest and secondary tropical dry forest were higher than for the rest of the vegetations/land uses. Additionally, densities of the whole Reserve estimated by line transects and point counts with playbacks were compared, using the data from the rainy season only. Although the densities did not show a statistically significant difference, density estimated by transects was higher.

A goodness of fit chi square test was performed for both seasons in order to determine if chachalacas showed a disproportionate use of the vegetations/land uses within the Reserve. During the dry season, chachalacas preferred the secondary tropical dry forest, avoiding the agriculture, urban, and livestock lands. During the rainy season, chachalacas preferred both the primary and secondary tropical dry forest, and avoided the agriculture, urban, and livestock lands.

Correlations between population density and fragmentation parameters for both seasons (number, mean size, density and distance between patches, as well as

percentage of forest cover) where performed. There was no significant correlation between these parameters and the population density, only between the percentage of forest cover and the effective detection radius, showing a decay of such radius as the forest cover increases.

Keywords: West Mexican Chachalaca, *Ortalis poliocephala*, Cracidae, Chamela-Cuixmala, Tropical Dry Forest, population density, distance sampling, habitat use, habitat selection, Bonferroni confidence intervals, fragmentation.

Para la escritura de esta tesis, se siguió la estructura señalada por el Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, así como los siguientes aspectos del formato de la revista científica Ornitología Neotropical: interlineado, márgenes, justificado, tablas, figuras, nombres científicos, títulos, resumen y abstract, palabras clave y referencias.



Chachalaca Pacífica (*Ortalis poliocephala*) en la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala. Fotografía: Roberto Salazar Aragón.

INTRODUCCIÓN

La Chachalaca Pacífica (Ortalis poliocephala)

Los crácidos son los únicos Galliformes de hábitos arbóreos y están fuertemente asociados a bosques conservados (del Hoyo *et al.* 1994). Sin embargo, las chachalacas (*Ortalis* sp.) toleran hábitats más abiertos o perturbados (Brooks & Strahl 2000); se les encuentra principalmente en bosques secos deciduos o semi deciduos, manglares, bosques de pino-encino, bosques de galería, e incluso áreas de matorral denso (del Hoyo *et al.* 1994). A diferencia de otras especies de crácidos, los miembros del género *Ortalis* son abundantes en las localidades donde se distribuyen; esta relativa abundancia puede deberse a que sus requerimientos de hábitat son más amplios que aquellos de otras especies de crácidos (Schimtz-Ornés 1999).

En México se encuentran cuatro especies de chachalacas, de entre las cuales destaca *Ortalis poliocephala* (Figura 1) por ser una especie endémica. Se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico, desde Puerto Vallarta, en el norte de Jalisco, hasta la región de Pijijiapan, Chiapas, penetrando hacia el interior hasta el Estado de México, Morelos y Puebla (Figura 2). Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2400 msnm, asociada principalmente al Bosque Tropical Caducifolio (BTC); sin embargo, se ha registrado en una gran variedad de hábitats, incluyendo el bosque

tropical subperennifolio, manglares y bosques de pino encino, así como ecotonos y diferentes estados sucesionales de esos ecosistemas (Howell & Webb 1995, AOU 1998). A pesar de que en las zonas donde se distribuyen son en apariencia abundantes, y de que es posible observarlas frecuentemente, se ha realizado solamente un estudio sobre su densidad poblacional (Parra 2010), y la información sobre su abundancia se limita a lo reportado en las guías de campo.

Al igual que otras especies de crácidos, *O. poliocephala* muestra un comportamiento vocal interesante; macho y hembra ascienden hasta la copa del árbol, ocupando el macho siempre una parte más alta que la hembra, desde donde comienzan a vocalizar (Figura 1), pudiendo ser escuchadas a cientos de metros de distancia (Gurrola 1985).



Figura 1. Macho de *O. poliocephala* vocalizando en la RBCC. Foto: Roberto Salazar Aragón.

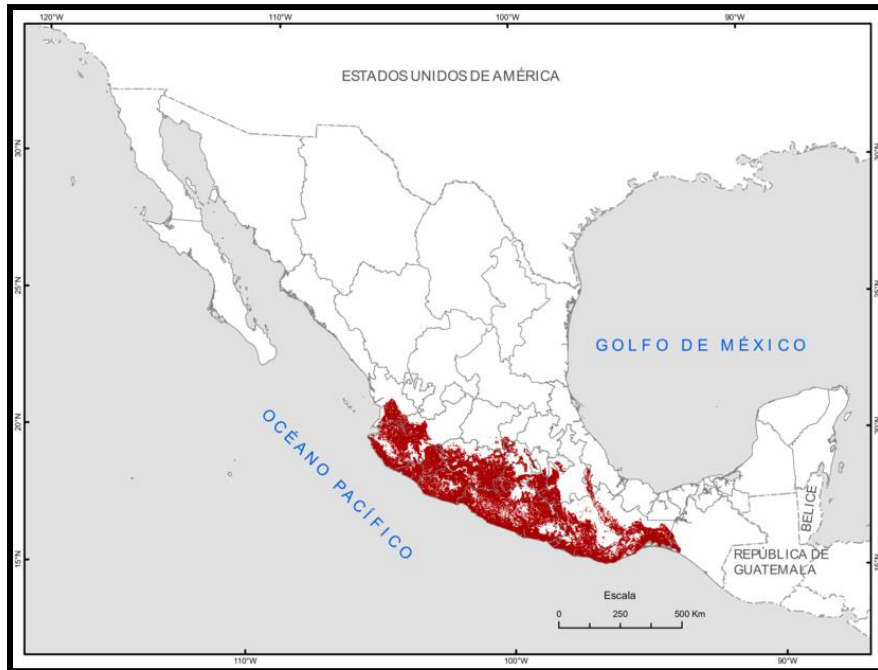


Figura 2. Distribución potencial de *O. poliocephala* (Navarro & Peterson 2007).

Para fines de este estudio, se consideró que *O. poliocephala* es un sujeto adecuado para evaluar el uso de distintos métodos de muestreo en las estimaciones de densidad poblacional, dada su aparente abundancia y su comportamiento vocal, además de otros aspectos que se describirán a continuación.

Estudios poblacionales en Crácidos

Los Crácidos (Aves: Galliformes) son la familia de aves neotropicales más amenazada de América; de acuerdo a Birdlife International, 19 de las 50 especies están listadas bajo alguna categoría de amenaza (Brooks & Strahl 2000). Dado que son aves frugívoras, juegan un rol importante en la regeneración y control de los bosques que habitan, dispersando y depredando semillas, flores y frutos (Muñoz *et.*

al. 2007). A pesar de esta importancia, varios aspectos de su ecología básica permanecen desconocidos; incluso datos sobre su densidad poblacional son escasos. Las estimaciones de densidad son cruciales para estudiar la dinámica de las poblaciones (Evans *et al.* 2007), evaluar el estatus de conservación de las especies, y para el desarrollo de acciones y estrategias de conservación (Ríos *et al.* 2005).

Para tales estudios, es fundamental contar con un método confiable. Los puntos de conteo han sido poco utilizados en estudios poblacionales de crácidos debido a que son poco prácticos dada la relativamente baja abundancia de estas aves (Galetti *et al.* 1997; Parra 2010). Los transectos en línea, por otro lado, son el método más común y recomendado para estimar densidades de crácidos (Strahl & Silva 1997). Este método está basado en detecciones visuales a lo largo de transectos, usualmente de 1-4 km de longitud. Sin embargo, arroja pocos registros (Galetti *et al.* 1997, Martínez-Morales 1999, Ríos *et al.* 2005, Bernardo *et al.* 2011), excepto en las temporadas donde los crácidos son más activos, y los individuos son detectados a distancias cortas (Ríos *et al.* 2005, Setina *et al.* 2012). Esto puede deberse a la dificultad de detectarlos en las vegetaciones densas de sus hábitats. Como resultado, el tamaño de muestra puede ser insuficiente, y la densidad puede ser estimada de manera imprecisa. Rosenstock *et al.* (2000) menciona que para obtener estimaciones precisas se requiere un tamaño de muestra adecuado, por ejemplo,

para obtener estimaciones con un coeficiente de variación de 0.15, se requiere una n de 60-100 observaciones.

Para incrementar el tamaño de muestra, algunos autores han usado detecciones auditivas (Cox *et al.* 1997, Gutiérrez 1997, Jiménez *et al.* 2003, Ríos *et al.* 2005, Baldo & Mennill 2011); el problema con este tipo de detecciones es que las distancias al transecto/punto pueden ser medidas de manera inexacta. Sin embargo, algunos autores han mostrado que es posible medir la distancia exacta del ave al centro del punto de conteo o transecto, ya sea mediante triangulación entre dos puntos (Ríos *et al.* 2005) o buscando a los individuos tras haberlos escuchado (Jiménez *et al.* 2003). Existen pocos trabajos que analizan el uso de vocalizaciones para estimar la densidad o la abundancia de crácidos (Cox *et al.* 1997, Gutiérrez 1997, Jiménez *et al.* 2003, Baldo & Mennill 2011), ya que se considera inadecuado el uso de detecciones auditivas para dichas estimaciones. Sin embargo, los resultados de estos trabajos sugieren que las detecciones auditivas pueden ser viables para obtener un mayor tamaño de muestra y para muestrear un área mayor, dado que los individuos pueden detectarse a distancias de hasta 250 m (Baldo y Mennill 2011).

El bosque tropical caducifolio

El BTC, Selva Baja Caducifolia o Bosque Tropical Seco, tiene una amplia distribución en México, ya que se encuentra desde el estado de Sonora hasta la frontera de Chiapas con Guatemala (Trejo 1999). El área potencialmente cubierta por este tipo

de bosque es de 270 000 km² aproximadamente (14% de la cobertura del suelo). Sin embargo, al inicio de la década de 1990 solamente el 27% permanecía intacto, el 50% presentaba diferentes grados de perturbación y el 23% había sido convertido a cultivos agrícolas o pastizales (Trejo & Dirzo 2000). Hoy en día, el BTC es catalogado como el ecosistema más amenazado del planeta (UNAM 2007).

En el BTC el agua constituye el factor limitante de los procesos productivos, ya que el período de lluvias está concentrado en 4-5 meses del año. Como resultado de este régimen, a excepción de las zonas riparias, la vegetación del BTC pierde su follaje durante una temporada del año, generalmente de diciembre a junio (Bullock 1986) (Figura 3). Además, tanto la fructificación de los árboles (Bullock & Solís-Magallanes 1990), como la abundancia de los insectos (Janzen & Schoener 1968) están asociadas a la estacionalidad, lo cual tiene consecuencias para las comunidades de aves que se alimentan de los mismos. Por ejemplo, varios estudios en las selvas secas han mostrado que la abundancia y composición de las comunidades de aves terrestres varía estacionalmente; variación que es más marcada en comunidades de aves frugívoras y nectarívoras (Martín & Karr 1986; Poulin *et al.* 1994). Una característica sobresaliente del BTC es su alto índice de endemismos; este ecosistema posee uno de los mayores índices de endemismos de entre todos los ecosistemas terrestres neotropicales (Ceballos 1995).



Figura 3. El BTC en la región de Chamela, Jalisco, durante la estación seca y lluviosa. Fotografía: Roberto Salazar Aragón.

ANTECEDENTES

Historia natural de O. poliocephala

Existen pocos trabajos cuyo sujeto de estudio sea *O. poliocephala*. Gurrola (1985) documentó datos sobre su biología básica en la región de Chamela, Jalisco. La siguiente es una descripción física y de la conducta vocal y reproductiva de *O. poliocephala*:

O. poliocephala (Figura 4) es la especie de mayor tamaño y peso dentro de su género, posee un cuerpo delgado, patas y cola largas, y las plumas de la cabeza están ligeramente alargadas y son más grandes que en las otras especies (Gurrola 1985). Si bien no existe dimorfismo sexual aparente, el tamaño corporal promedio de los machos es estadísticamente más grande que el de las hembras (Gurrola 1985).



Figura 4. Individuo de *O. poliocephala* en la EBCh (2013). Fotografía: Roberto Salazar Aragón

Las vocalizaciones de estas aves son siempre iniciadas por el macho, siendo más grave que la de la hembra. Su función es principalmente territorial, y puede repetirse constantemente a diferentes intervalos de tiempo, siendo en ocasiones necesarios sólo un par de llamados para desencadenar respuestas de otras parejas o grupos vecinos, las cuales pueden durar pocos segundos o varias horas (Gurrola 1985).

La elaboración de los nidos comienza a mediados de mayo, cuando la actividad vocal de las chachalacas es más intensa (Gurrola 1985). Para los meses de junio y julio se pueden observar nidos con dos o tres huevos (Figura 5), los pollos son nidífugos, parecidos a los de una gallina doméstica pero de coloración ocelada (Figura 6), generalmente abandonan el nido al segundo día de nacidos.



Figura 5. Nido de *O. poliocephala* en Chamela (2012). Fotografía: Roberto Salazar Aragón.



Figura 6. Pollo de *O. poliocephala* a unos días de haber eclosionado. Fotografía: Edwin Jacobo, 2012.

A pesar de que varias especies de Crácidos están incluidas en alguna categoría de riesgo, *O. poliocephala* no se encuentra en esa situación, ya que es un ave común que prospera en una gran variedad de ambientes naturales y alterados y sólo es cazada ocasionalmente por algunos rancheros de la región.

Berlanga (1991), reportó que en Chamela *O. poliocephala* es el ave frugívora de mayor tamaño y la que consume mayor número de frutos por visita. Mandujano *et al.* (1997) reportaron que esta chachalaca induce la caída de los frutos de *Spondias purpurea*, poniéndolos a disponibilidad de otros animales, como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

Peterson *et al.* (2001) realizaron una predicción del nicho ecológico de los crácidos de México, con la ayuda del Algoritmo Genético para Predicciones de

conjuntos de reglas (GARP, por sus siglas en inglés). Sus resultados sugieren que el cambio climático provocará una expansión en el hábitat de las chachalacas (*Ortalis* sp.), y será más marcada en los límites norte y sur.

Finalmente, Parra (2010) estimó la densidad poblacional de *O. poliocephala* a lo largo de 5 estaciones en tres sitios del estado de Michoacán, los cuales contenían diferentes tipos de vegetación: Bosque de pino, pino-encino, y BTC. En todos los sitios fue registrada *O. poliocephala*, aunque la mayor densidad poblacional la tuvo la localidad de Plan de Armas, la cual estaba cubierta por BTC (Tabla 9).

Considerando; (1) que *O. poliocephala* es una especie endémica de México; (2) que es una especie relativamente común a través de su área de distribución, y que está fuertemente asociada a los bosques tropicales caducifolios del territorio Mexicano; (3) que estos bosques han estado sometidos los últimos años a fuertes presiones que amenazan su permanencia a largo plazo; y (4) que *O. poliocephala* puede tomar cierto grado de ventaja de algunos ambientes perturbados, en este estudio se propone evaluar el estatus poblacional y la distribución espacial (hábitats) y temporal (estacionalidad climática) en el bosque tropical caducifolio de la región de Chamela, así como evaluar la posibilidad de que este crácido pueda ser un indicador adecuado de la perturbación drástica del ambiente. Se espera que las densidades de los ambientes perturbados y fragmentados sean menores a aquellas densidades de ambientes conservados (poco fragmentados). Este estudio aporta información importante y contribuye al conocimiento de una especie endémica de

México, y generó información poblacional que nos permitió evaluar los impactos del cambio acelerado del uso del suelo (perdida del hábitat y fragmentación) de una de las regiones biológicas más importantes del país.

OBJETIVOS

1. Estimar y comparar la densidad poblacional de *Ortalis poliocephala* para cada sitio de muestreo durante las estaciones seca y lluviosa.
2. Comparar la densidad poblacional obtenida mediante dos tipos de muestreo: transectos y puntos de conteo con playbacks.
3. Estimar y comparar la densidad poblacional por tipo de vegetación/uso del suelo durante las estaciones seca y lluviosa.
4. Comparar el uso y las preferencias de hábitat a nivel regional durante las estaciones seca y lluviosa.
5. Evaluar la relación entre la densidad poblacional y los atributos espaciales relacionados con la fragmentación del hábitat (e.g. número, tamaño y densidad de fragmentos, distancia promedio entre fragmentos, porcentaje de cobertura forestal y tamaños de fragmentos ocupados por chachalacas) en cada sitio.

PREDICCIONES

1. Considerando que *O. poliocephala* es una especie de ave de hábitos arbóreos, sus densidades serán mayores en aquellos sitios cubiertos por BTC primario y secundario, y menor en hábitats de uso pecuario o de cultivos.
2. Considerando que las zonas de cultivo (tales como huertas de mango) representan potenciales fuentes de alimento para las chachalacas, que estas toleran ambientes perturbados, y que las áreas agrícolas en el área de estudio están rodeadas de BTC secundario, se espera obtener registros de chachalacas en las zonas de cultivos.
3. Las densidades de *O. poliocephala* en cada sitio estarán correlacionadas con el porcentaje de cobertura arbórea. La densidad poblacional estará correlacionada con la densidad de fragmentos (número de fragmentos por hectárea), de manera que habrá densidades más altas en sitios más conservados (mayor cobertura arbórea, menor densidad de fragmentos) que en sitios perturbados.
4. La detectabilidad de las chachalacas es mayor en la estación de secas, pues su conducta no está supeditada al cuidado de nidos y pollos, como sí lo está en la estación de lluvias, por lo tanto, se obtendrán más registros durante la estación seca.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo dentro de la Reserva de la Biósfera MAB UNESCO Chamela-Cuixmala (RBCC), la cual abarca una extensión de 63,950 ha y se extiende aproximadamente entre las localidades de Quémaro y El Tecuán (UNESCO 2015). La RBCC (Figura 7) se localiza en la margen costera del Estado de Jalisco, entre los paralelos 19° 39' y 19° 11' N, y los meridianos 105° 12' – 104° 52' O. En la región se presenta una larga temporada seca: el 85% de la precipitación anual ocurre generalmente del mes de julio a octubre, seguido por la estación de secas de noviembre a junio. La precipitación media anual para la región es de 748 mm (1978-1998), la temperatura media anual es de 25°C, siendo el mes más frío marzo (temperatura más baja registrada: 10°C) y el más caliente julio (1974-1998; García-Oliva, *et al.*, 2002).

Durante el año del estudio y años anteriores (Figura 8) la precipitación fue mayor que el promedio histórico (748 mm), incluyendo lluvias fuertes por la presencia del huracán Jova (octubre de 2011) y lluvias en meses generalmente “secos” como diciembre-febrero.

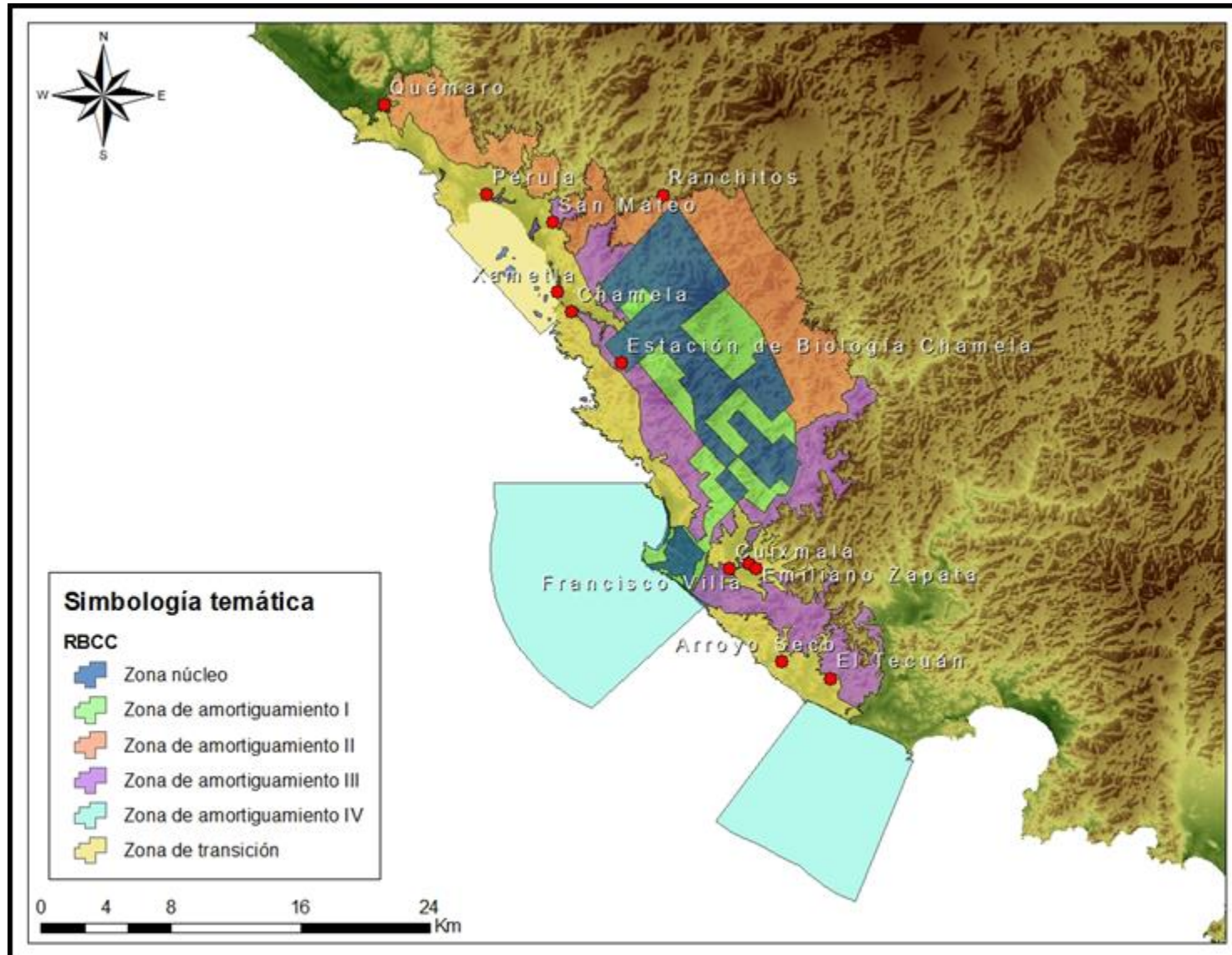


Figura 7. Reserva de la Biósfera MAB UNESCO Chamela-Cuixmala y localidades de importancia. Los polígonos Zona Núcleo y Zona de Amortiguamiento I corresponden a la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala (Elaborado por J. L. Peña-Mondragón 2013).

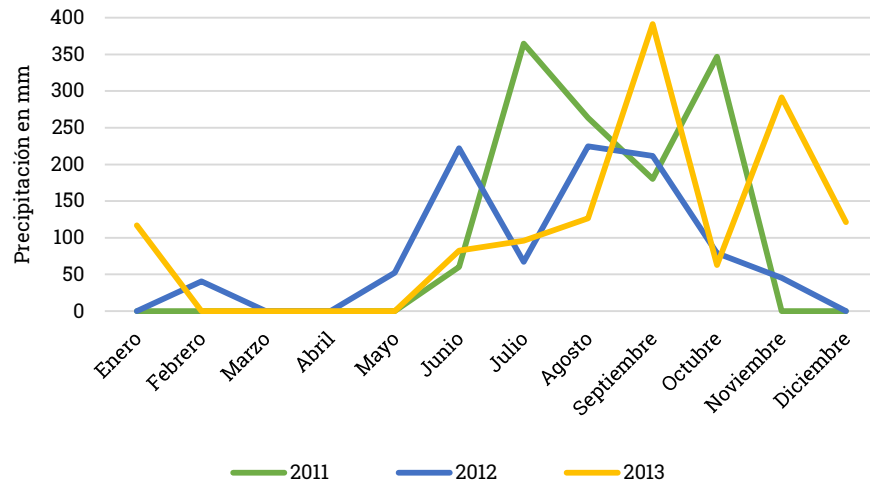


Figura 8. Precipitación mensual para el año de muestreo (2013) y los dos años anteriores (precipitación promedio; 2011: 1,215 mm, 2012: 942 mm, 2013: 1,289 mm), en la región de Chamela. Los muestreos se realizaron en los períodos marzo-mayo y julio-septiembre.

La vegetación dominante en la RBCC y su área de influencia es el BTC también conocido como Selva Baja Caducifolia o Bosque Tropical Seco (Rzedowski 2006; Miranda 2000, Murphy & Lugo 1986). La característica más sobresaliente de esta formación vegetal la constituye la pérdida de hojas durante un período de 5 a 8 meses. Es una comunidad densa donde lo más frecuente es que exista un sólo estrato arbóreo, los árboles que lo constituyen comúnmente forman un techo de altura uniforme, y su altura oscila entre 5 y 15 m. El Bosque Tropical Subcaducifolio que se distribuye en formaciones discretas en las cuencas de la RBCC, es una vegetación con características fisionómicas y climáticas intermedias entre el BTC y el Bosque Tropical Perennifolio; cuando menos la mitad de sus árboles pierden sus hojas durante la estación seca, sin embargo, existen componentes siempre

verdes y algunos otros que sólo pierden sus hojas durante un período corto (a veces unas cuantas semanas). Su altura oscila entre 15 y 40 m (más frecuentemente entre 20 y 30 m) y pueden distinguirse dos estratos: el arbóreo inferior y el arbóreo superior (Ceballos *et al.* 1999, Rzedowski 2006).

Este estudio se llevó a cabo durante el período de secas y lluvias del año 2013, lo que permitió evaluar las diferencias en la distribución temporal y densidades durante el período pre-reproductivo (estación seca), cuando los recursos son menores y las chachalacas comienzan a vocalizar y establecer sus territorios, y el período post-reproductivo (estación lluviosa), cuando las chachalacas vocalizan menos, comienzan a mudar, son territoriales y sus movimientos están supeditados a cuidado de huevos y pollos.

Selección de los sitios de muestreo

Utilizando imágenes satelitales de Google Earth© tomadas en el año 2011 (en adelante, imágenes satelitales), que en ese momento eran las más recientes, se seleccionó un sitio dentro de la zona núcleo de la RBCC, y ocho sitios ubicados en su área de influencia donde se observara un cambio parcial o total en la vegetación, es decir, donde claramente se apreciara que la vegetación fue reemplazada por cultivos o estuviese fragmentada, tratando de establecer los sitios de muestreo a lo largo de la superficie de la RBCC. Se realizaron visitas prospectivas a campo tras las cuales se detectaron diferentes tipos de vegetación, encontrándose BTC primario,

BTC secundario, matorrales, pastizal inducido, huertas (de mango, principalmente, además de papaya y plátano), cultivos agrícolas (tomate, chile, sorgo, pepino, y sandía, principalmente) y vegetación riparia.

En el campo se verificó que dichos sitios fueran accesibles en vehículo y que los dueños otorgaran permiso de entrar a sus terrenos para realizar los muestreos. Los muestreos se llevaron a cabo de marzo a mayo, para la estación seca, y julio a septiembre, para la estación lluviosa. En la Figura 9 se ilustra la ubicación de los puntos de conteo dentro de las zonas de la RBCC (se incluyen fotografías de cada sitio en el ANEXO). Los sitios de muestreo considerados en este estudio fueron:

1. *Estación de Biología Chamela (EBCh)*. - Se encuentra dentro de la zona núcleo 1 de la RBCC, rodeada de BTC con zonas de vegetación riparia o de arroyo (Lott 1985), en los arroyos y zonas inundables. Si bien la alteración antropogénica es casi nula, la alteración natural no lo es, pues en 2011 el huracán Jova ocasionó caídas de ramas y árboles, induciendo el crecimiento y aumentando la densidad del sotobosque debido a la presencia de plantas arbustivas y herbáceas en las zonas que quedaron al descubierto. La altitud va de los 0 a los 190 msnm, el paisaje está conformado por colinas relativamente pequeñas. Existe un sistema de senderos que atraviesan el BTC; y uno de ellos, Eje Central, corre a lo largo del arroyo Zarco, en donde existe vegetación riparia que no pierde completamente su follaje durante la estación seca. El tamaño de las áreas muestreadas fue de 232 ha para la estación seca, y 280

ha para la estación lluviosa. En la EBCh, la propiedad de la tierra es privada, los terrenos pertenecen a la Universidad Nacional Autónoma de México.

2. *Río Cuixmala*. – Se encuentra dentro de las Zonas de Amortiguamiento II y III de la RBCC. El sitio está conformado por un mosaico de distintos tipos de vegetaciones; está rodeado de BTC que se extiende sobre las colinas circundantes, y en la cama del río podemos encontrar cultivos agrícolas y vegetación riparia. En la zona se realizan quemas controladas, extracción de madera, y actividades agropecuarias. La alteración antropogénica es poca o casi nula en el margen norte del río, que colinda y forma parte de las zonas núcleo y de amortiguamiento I de la RBCC, mientras que en el margen sur podemos encontrar BTC secundario. La altitud en la zona va de los 0 msnm en la cama del río, hasta los 260 msnm en las colinas circundantes. El área total muestreada fue de 609 ha para la estación seca, y 325 ha para la estación de lluvias. El tipo de propiedad de la tierra es tanto privada (zona núcleo), como ejidal (zona de amortiguamiento).

3. *San Mateo*. – Este sitio de muestreo recibe su nombre por la cercanía con el pueblo de San Mateo, e incluyó el área conocida comúnmente como El Cielo, ubicada al este del pueblo. El paisaje circundante está compuesto por colinas cuya altitud va de los 0 a los 270 msnm. Sobre dichas colinas se extiende un mosaico compuesto predominantemente por BTC secundario, y en menor medida por pastizales inducidos con fines de uso pecuario. La perturbación

antropogénica es evidente; se encontraron evidencias de extracción selectiva de madera (tocones) y conversión de suelo forestal a pecuario, así como evidencias de cacería (cartuchos usados). El tipo de tenencia de la tierra es ejidal, y la superficie del área muestreada fue de 275 ha en secas y 228 ha en lluvias.

4. *Ranchitos*. – Está ubicado en la parte noreste de la RBCC, dentro de las zonas núcleo y de amortiguamiento II, por lo que existen grandes extensiones de BTC secundario, con algunos parches de pastizales inducidos con fines de uso pecuario. En parte del área muestreada existe evidente alteración antropogénica, pues gran parte de la vegetación original fue convertida a uso de suelo pecuario. En algunos lugares del área muestreada, los días 15-30 de mayo hubo cortes del estrato arbóreo y arbustivo y posteriores quemas controladas, además, existe aprovechamiento selectivo de madera. De acuerdo a testimonios de pobladores locales, existe presión de cacería, aunque se desconoce su intensidad. En todas las visitas de muestreo encontramos evidencia de presencia de ganado en la zona, como excretas o avistamientos, por lo que se sospecha que la presión generada por la actividad pecuaria es intensa. El sitio se encuentra en una zona de colinas cuya altitud va de los 10 a los 320 msnm. El tipo de tenencia de la tierra es ejidal en la zona de amortiguamiento II, y privada dentro de la zona núcleo.

Los totales de área muestreados fueron 508 ha para secas y 277 ha para lluvias.

5. *Arroyo seco*. – Este sitio se encuentra ubicado al sureste de la RBCC, en la zona de amortiguamiento III y en la zona de transición. La vegetación incluyó BTC conservado, cultivos de ornato (agaves, palmares, pastos) y agrícolas (huertas de mango), y BTC secundario. Los primeros 4 puntos de conteo se ubicaron a lo largo de la carretera vecinal que une al pueblo de Arroyo Seco con la Carretera Federal 200, donde predominaban los usos de suelo pecuario y agrícola (huertas de mangos), rodeados de BTC secundario en colinas y zonas circundantes. Debido a la presencia de dichas colinas, y a su cercanía con el mar (aproximadamente 740 m alejado del 6° punto de conteo), la altitud del sitio iba de los 5 a los 170 msnm. La perturbación antropogénica era evidente, principalmente debido al cambio de uso de suelo forestal a agrícola, y a la actividad agropecuaria, y aunque no se encontró evidencia de cacería, esta actividad no se descarta. La tenencia de la tierra es ejidal. El total de las áreas muestreadas fue de 445 ha en la estación seca, y 389 ha en la estación lluviosa.
6. *Pérula*. – Sitio ubicado al noroeste de la RBCC, dentro de su zona de transición, en el cual los usos de suelo presentes son agrícola, pecuario y zonas urbanas, rodeados de pequeñas colinas pobladas con BTC secundario. Los cultivos presentes dentro del sitio eran huertas de mango,

principalmente, así como cultivos de chile y jitomate. En la parte suroeste del sitio, el BTC secundario formaba un continuo con las huertas de mango. La altitud va de los 0 a los 120 msnm y se encuentra muy cercano al mar (115 m alejado del punto de conteo más cercano). No se encontró evidencia de extracción selectiva de madera, quemadas controladas o cacería. El total de las áreas muestreadas fue de 242 ha en la estación seca, y 169 en la estación lluviosa.

7. *Villa-Zapata*. – El sitio pertenece a los ejidos Francisco Villa y Emiliano Zapata. Al igual que en Pérula, el sitio sufrió el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola, pecuario y urbano. Se encuentra muy cercano al Río Cuixmala; de hecho, dos de los puntos de conteo se encontraban sobre la cama seca del Río. La altitud va de los 5 a los 70 msnm, y sólo las colinas distantes, ubicadas en el sitio de muestreo Río Cuixmala, rebasaban los 100 msnm. Los tipos de vegetación y usos de suelo presentes en el área eran vegetación hidrófila, agrícola (cultivos de mango, chile, jitomate, pepino, sandía, papaya y plátano), pecuario (pastizales inducidos), zonas urbanas, y BTC secundario en las colinas circundantes. La perturbación antropogénica constaba del cambio de uso de suelo forestal a agrícola y zonas urbanas, principalmente, aunque también existían zonas de uso pecuario con algunos árboles dentro de su territorio, y que se conectaban con el BTC secundario. El

área muestreada durante la estación seca fue de 280 ha, y 139 ha en la estación lluviosa.

8. *Rancho Zarco*. – Está ubicado dentro de la zona de amortiguamiento III, y en su sección este y norte colinda con las zonas núcleo y de amortiguamiento I. La vegetación dentro del sitio consistió en pastizales y matorrales y pequeños árboles espinosos con predominancia de huizaches (*Prosopis* sp.), rodeados de BTC primario. La altitud va desde los 60 hasta los 340 msnm, en las colinas circundantes. La presencia de ganado vacuno y equino era permanente dentro del sitio. El área total muestreada fue de 96 ha en la estación seca y 183 ha en la estación de lluvias.
9. *Xametla*. – El más pequeño de los sitios de muestreo (3 puntos de conteo), dominado por vegetación costera y manglares, los cuales se conectan con BTC secundario. La perturbación antropogénica era baja, comparada con otros sitios de muestreo, pues se limita a presencia de una pista de aterrizaje de uso poco frecuente y algunas casas en la sección con matorrales y BTC secundario. El sitio en general es plano, la altitud varía entre los 0 y 35 msnm en los puntos de conteo, y alcanzaba los 115 msnm en las colinas circundantes. El área total muestreada fue de 99 ha para la estación seca y 113 ha para la estación lluviosa.

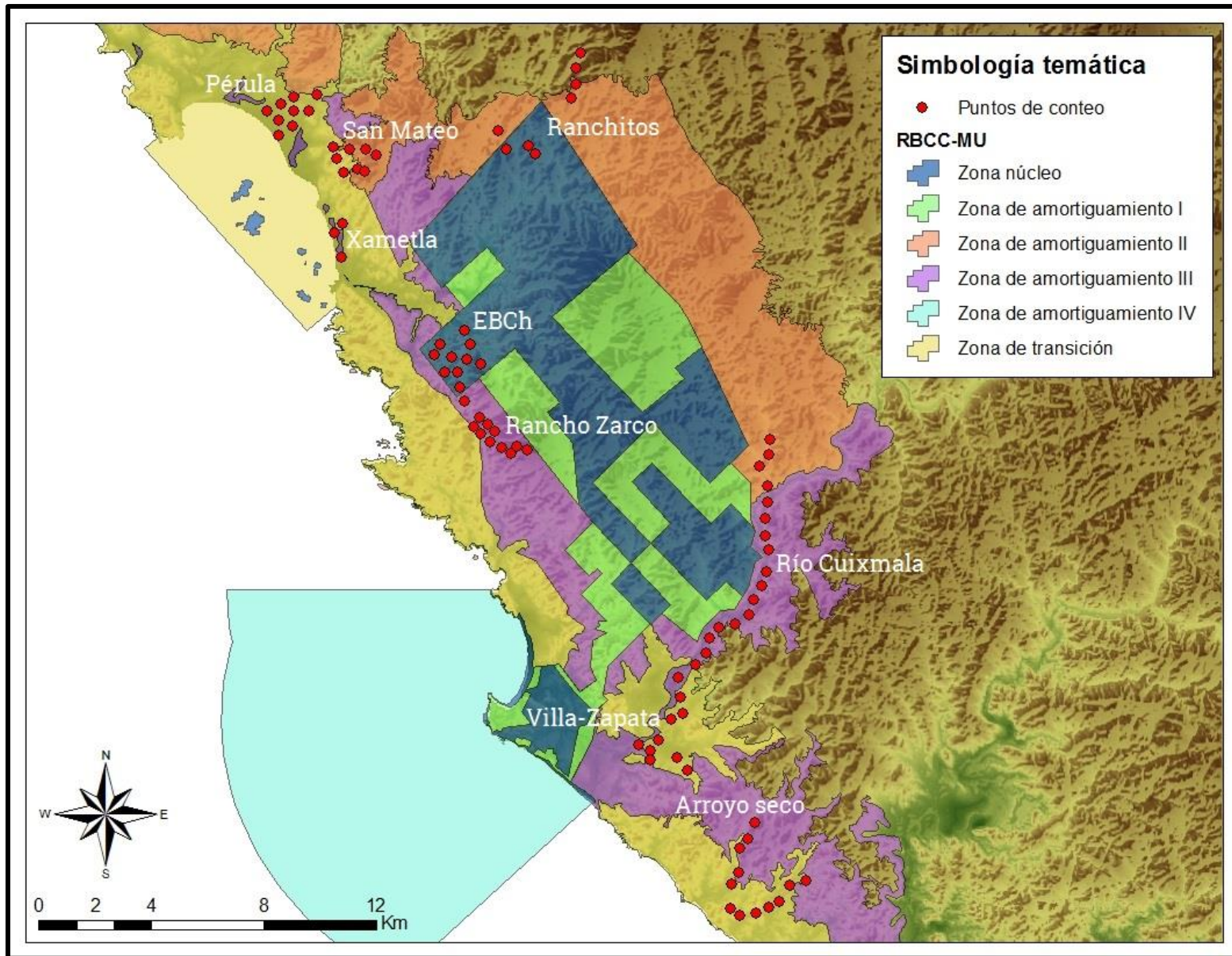


Figura 9. Ubicación de los puntos de conteo en la RBCC.

Método de muestreo

Cada sitio fue visitado una vez al mes durante ambas estaciones; de marzo a mayo para la estación seca, y de julio a septiembre para la estación lluviosa. En este estudio se utilizó la técnica de muestreo de puntos de conteo de distancia variable combinada con el uso de vocalizaciones, o playbacks. Los puntos de conteo de distancia variable son una técnica ampliamente utilizada y aceptada en estudios ornitológicos que incluyen inventarios y monitoreos (Hutto 1986, Bibby *et al.* 2000, Buckland *et al.* 2004). El tiempo de conteo en cada punto fue de 10 minutos (Hutto *et al.* 1986), durante los cuales se anotó el número de individuos observados en cada registro, así como la distancia y dirección de las aves observadas. Esto último se realizó con ayuda de brújula, un telémetro láser Leica® DISTOTM D5 utilizado para medir distancias menores a 10 m, y un telémetro Nikon Forestry Pro utilizado para medir distancias mayores a 10 m. Antes de continuar es necesario aclarar la diferencia entre número de registros y número de individuos; un registro consistió en la detección de una o más chachalacas (pues podían encontrarse solitarias, en grupo o parejas), mientras que el número de individuos es el número de chachalacas que conformaban cada registro. Así, por ejemplo, se podía tener un registro de dos chachalacas en un punto de conteo, y en el siguiente punto se podían obtener dos registros de una y tres chachalacas cada uno.

En cada punto de conteo se reprodujeron playbacks de vocalizaciones de *O. poliocephala* durante los últimos 3 minutos de observación. Aunque en la literatura

no hay mención del uso de playbacks para aumentar la probabilidad de registros de crácidos, estudios con otras especies de Galliformes han demostrado que la reproducción de playbacks es una herramienta efectiva para su censo (van Niekerk 2010, 2012; Fuller *et. al.* 2012; Hale 2006). La vocalización más común de *O. poliocephala*, consiste en un canto trisílabo (similar a un *cha-cha-lac*, en adelante *boom*) realizado a dueto por el macho y la hembra (Gurrola 1985). Dado que durante las horas de actividad de las chachalacas esta vocalización es escuchada a distancias lejanas, y dado que aparentemente es territorial (Gurrola 1985), se eligió como la vocalización a reproducir durante los muestreos. Dentro de cada punto de conteo, se utilizaron los últimos 3 minutos del registro para reproducir constantemente dicha vocalización, dejando espacios de tiempo (no mayores a 10 segundos) al criterio del observador para detener la reproducción y escuchar si las chachalacas respondían. Se utilizó un amplificador portátil (marca Mitsu, mod. AMP-012) y un repertorio de 6 *booms* obtenidos tanto de la página de internet de Xeno-Canto Foundation (2013), así como grabaciones realizadas en campo por el autor.

Los puntos de conteo fueron establecidos en senderos y caminos de terracería existentes dentro de cada sitio de muestreo, separados entre sí por una distancia de 500 m. En la mayoría de los sitios se establecieron al menos 8 puntos de conteo por sitio, con la excepción de Xametla (Tabla 1).

Es importante mencionar que al reproducir la vocalización de las chachalacas, estas respondían vocalizando y moviéndose hacia las ramas más altas del árbol, haciéndose evidentes. Solamente en 3 ocasiones las chachalacas respondieron moviéndose en dirección a la posición del observador, por lo que estos registros no fueron tomados en cuenta para las estimaciones de densidad. Para dichas estimaciones se utilizaron solamente los registros visuales, mientras que los registros auditivos fueron utilizados en los análisis de fragmentación y uso del hábitat. Aún en estos casos sólo se utilizaron aquellos registros en los que las vocalizaciones de las chachalacas fueron claras y de suficiente intensidad como para inferir su ubicación. En tales casos, se infirió su ubicación de dos formas: (1) relacionando características topográficas o de vegetación del paisaje con el origen de la vocalización, midiendo posteriormente la distancia con el telémetro, y (2) mediante triangulación desde dos puntos distintos (Ríos *et al.* 2005). Además, se registraron los individuos que fueron observados entre los desplazamientos entre puntos, y se emplearon junto con todos los registros obtenidos en los recorridos de muestreo para realizar el análisis de uso de hábitat.

De manera adicional, se realizó una comparación a nivel de región (RBCC) entre las estimaciones de densidad obtenidas mediante puntos de conteo con playback y transectos en línea. Los transectos en línea fueron establecidos dentro de los senderos y caminos de terracería donde fueron establecidos los puntos de conteo (Figura 10). En total, se establecieron 12 transectos en la RBCC (Tabla 1). Al terminar

el tiempo de muestreo en cada punto de conteo, se recorría el transecto tratando de ubicar a los individuos, utilizando los mismos telémetros para determinar su distancia al centro del transecto. Debido al tamaño tan pequeño de Xametla, no fue posible establecer ningún transecto, por lo que no fue posible estimar la densidad en este sitio mediante este método. Los transectos fueron recorridos como parte de los desplazamientos entre puntos de conteo, y se siguieron las recomendaciones hechas por Strahl & Silva (1997): caminar a una velocidad aproximada de 1 km/h, registrando sólo aquellos individuos que fueron vistos, y utilizando los telémetros anteriormente mencionados para medir con exactitud las distancias de los individuos al transecto.

Tabla 1. Puntos de conteo, transectos, longitud del transecto y superficie muestreada por cada sitio. El área muestreada se calculó generando un *buffer* alrededor de cada ubicación de chachalacas.

| Sitio | Puntos de conteo | Transectos | Distancia recorrida (Km) | Área muestreada (ha) | |
|--------------|------------------|------------|--------------------------|----------------------|---------|
| | | | | Secas | Lluvias |
| Río Cuixmala | 17 | 1 | 11.4 | 609 | 325 |
| Rancho Zarco | 10 | 1 | 3.6 | 96 | 183 |
| Arroyo Seco | 12 | 1 | 3.7 | 445 | 389 |
| EBCh | 11 | 3 | 10.3 | 232 | 280 |
| Villa-Zapata | 11 | 1 | 1.9 | 280 | 138 |
| Pérula | 9 | 1 | 3.1 | 242 | 169 |
| Ranchitos | 8 | 2 | 5.1 | 507 | 277 |
| San Mateo | 8 | 2 | 5.7 | 275 | 228 |
| Xametla | 3 | - | - | 99 | 113 |

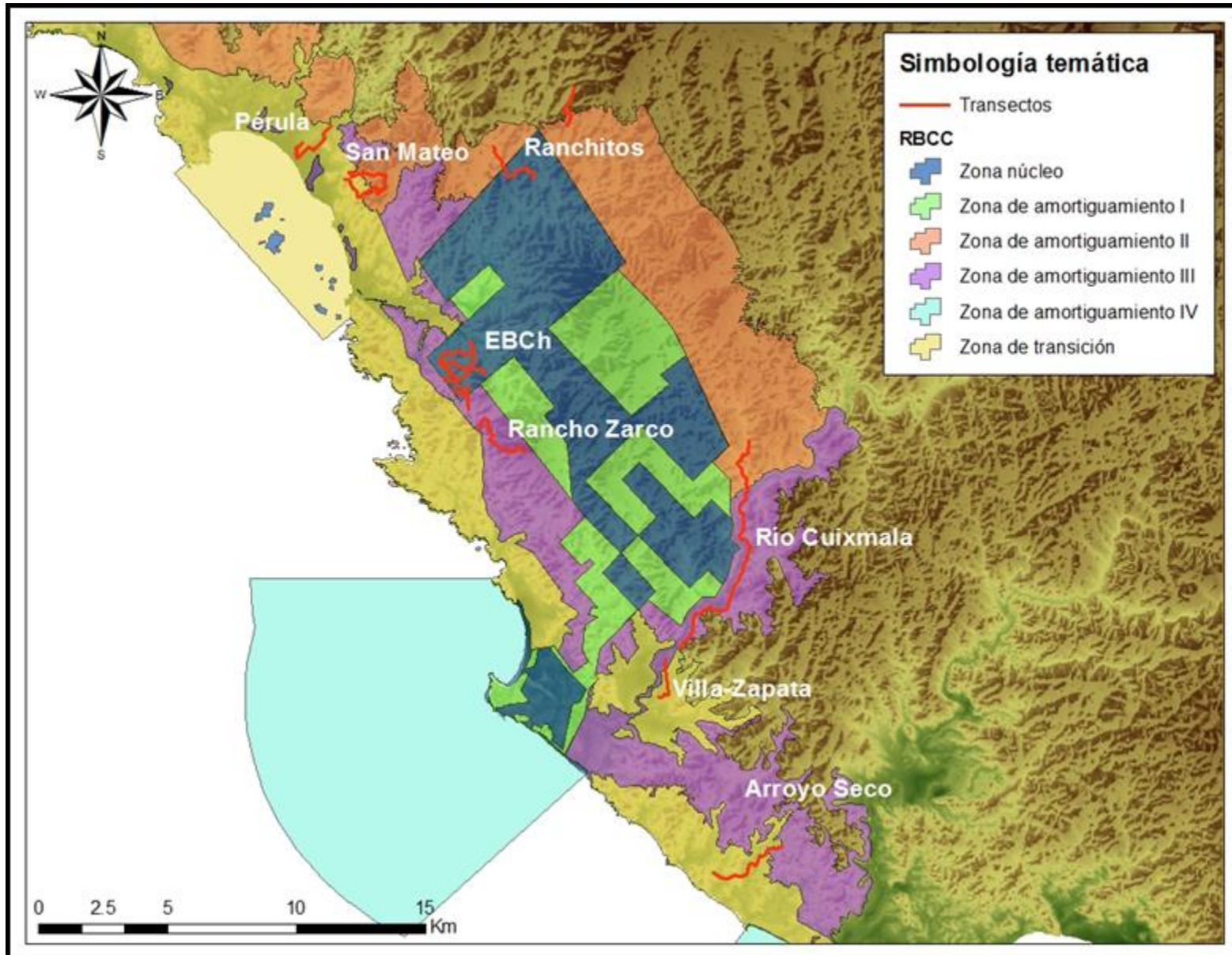


Figura 10. Ubicaciones de los transectos en la RBCC.

Densidad poblacional

La densidad de cada sitio fue estimada para cada estación (seca y lluviosa). De manera adicional, se estimó la densidad poblacional para cada tipo de vegetación o uso de suelo (excepto para las zonas urbanas, dado que no hubo puntos de conteo sobre ese tipo de suelo) agrupando los puntos de conteo en relación al tipo de vegetación donde se encontraban, y utilizando los registros asociados a ellos para los cálculos de densidad. Además, se estimó la densidad poblacional para la región de Chamela utilizando los datos de todos los puntos de conteo y de transectos.

Para estimar la densidad poblacional, las distancias y los individuos registrados fueron analizados con el programa *Distance* V6.0., basado a su vez en el método de muestreo por distancias (Buckland *et al.* 2001). En el muestreo de distancias (*distance sampling*) el observador registra la distancia entre el objeto detectado y el centro del transecto/punto de conteo; así, el observador muestrea las distancias. Esta teoría no requiere que todos los individuos deban ser registrados, pues reconoce que muchos de ellos permanecerán sin ser detectados, además, reconoce la marcada tendencia de la detectabilidad a decrecer conforme se incrementa la distancia entre los objetos y el observador (Buckland *et al.* 2001). Entonces, la teoría debe partir de una pregunta central: dada la detección de n objetos ¿Cuántos objetos se estima que hay en un área determinada?

Para responder esta pregunta, la teoría se basa en una *función de detección* $g(y)$, la cual se define como la probabilidad de detectar un objeto dada su distancia (y) al

centro del transecto/punto de conteo (Buckland *et al.* 2001). Esta función es estimada a partir de las distancias registradas y es utilizada para computar la *probabilidad de detección* (p) (Rosenstock *et al.* 2002). Los datos finales pueden representar subgrupos de detecciones correspondientes a distintas curvas de detección, puesto que la probabilidad de detección decrece debido a diversos factores, tales como características del hábitat, distancia de los individuos al observador, habilidades del observador, etc. Se utilizan entonces modelos robustos que pueden ajustarse a una amplia variedad de formas plausibles (Burnham *et al.* 1980). Son robustos porque el resultado de la densidad estimada no se ve afectada por las variaciones en la probabilidad de detección. En la Figura 11 se puede apreciar un ejemplo de la curva de detección de la Pava Yacutinga (*Pipile jacutinga*) en el bosque lluvioso del Atlántico Brasileño (Bernardo *et al.* 2011).

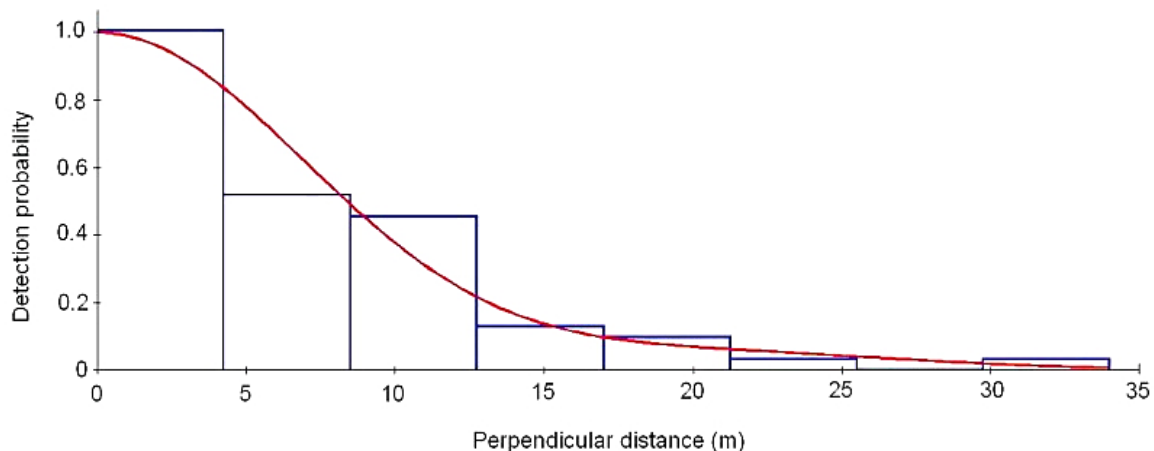


Figura 11. Curva de detección de *Pipile jacutinga* (Bernardo *et al.* 2011). Las columnas representan el número de detecciones en diferentes clases y la línea roja representa la función de detección ajustada a los datos.

Las estimaciones de densidad obtenidas por el muestreo de distancias sólo son útiles cuando se evitan todos los sesgos. Para que esto sea posible, se requiere cumplir la siguiente serie de supuestos:

1. Todos los individuos sobre el punto/transecto son detectados.
2. Los individuos son detectados en su ubicación original.
3. Las distancias son medidas con exactitud.
4. Todas las observaciones son independientes; registrar un individuo no afecta la probabilidad de registrar otros individuos.

Además, un tamaño de muestra adecuado es necesario si se quiere obtener estimaciones racionales. Por ejemplo, para obtener estimaciones con un coeficiente de variación de 0.15, es requerida una muestra de 60-100 registros (Rosenstock *et. al.* 2002). Como una solución, el muestreo repetido es una manera adecuada de incrementar la n y una práctica común en estudios de aves donde se utiliza el muestreo de distancias. Las observaciones repetidas del mismo individuo en múltiples visitas o en la misma visita no violan el supuesto de independencia, mientras los individuos no sean detectados más de una vez en el mismo punto/transecto y durante el mismo muestreo (Rosenstock *et. al.* 2000). Para elegir el modelo de densidad más robusto se tomó en cuenta el menor valor de acuerdo con el Criterio de Información de Akaike (AIC), la menor diferencia entre los intervalos de confianza y un número intermedio de parámetros. Dado que el software *Distance* arroja resultados que no pueden ser contrastados directamente

a través de inferencia estadística, los intervalos de confianza fueron ajustados al 84%, ya que se ha demostrado que tales intervalos imitan a las pruebas con un error de 0.05, esto además permite probar hipótesis nulas respecto a diferentes condiciones ambientales (por ejemplo, hábitats) (Payton et. al. 2003, MacGregor-Fors & Payton 2013).

De manera adicional, se realizó una medición de la frecuencia con la que las chachalacas responden al playback. Esto con el fin de saber el tipo de respuesta que podríamos esperar de las chachalacas ante la reproducción de playbacks. Utilizando los senderos de la EBCh, se buscaron chachalacas en los meses de abril y mayo, de 8 a 12 hrs. En el momento en que se detectaba algún individuo/grupo, el observador se aseguraba de estar alejado de ellos a una distancia suficiente para pasar desapercibido por los individuos; posteriormente, se reprodujeron playbacks desde un lugar donde pudiera visualizarse la actividad que realizaban las chachalacas, sin que estas detectaran al observador. En cada reproducción se registró el tipo de respuesta, los resultados se muestran en la Figura 18.

Análisis de uso y preferencias de hábitat

Durante los recorridos de muestreo y utilizando las imágenes satelitales obtenidas de Google Earth®, se identificaron los tipos de hábitats presentes en los sitios y se agruparon en 6 categorías (las cuales se ilustran con fotografías en el ANEXO):

- *BTC primario*: llamado Selva Baja Caducifolia conservada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). En esta categoría se agrupó al BTC y a las formaciones discretas de Bosque Tropical Subcaducifolio que no han sufrido alteración apreciable en su cobertura. La cobertura arbórea es continua y el sotobosque es denso; la composición de la vegetación consta de plantas herbáceas, arbustivas y árboles, todos en distintos grados de crecimiento, por lo que no pueden apreciarse estratos bien definidos.
 - *BTC secundario*: denominado Selva Baja Caducifolia secundaria por el INEGI. En esta categoría se agrupó al BTC y a las formaciones discretas de BTS que han sufrido alteración apreciable en su cobertura, comúnmente fragmentación e introducción de ganado. La cobertura arbórea es menos densa que en el BTC conservado, y de igual manera lo es el sotobosque, este último debido a la acción del ganado, el cual ha removido gran parte de la vegetación herbácea y arbustiva.
10. *Agrícola*: son aquellas zonas donde la vegetación original fue reemplazada por huertas de mango, plátano y papaya, así como cultivos para uso del ser humano, como jitomate, pepino, sandía, papaya y plátano. En todos los sitios, las zonas agrícolas se encontraban rodeados de BTC primario o secundario. En Pérula y Arroyo Seco habían huertas de mango que formaban un continuo con el BTC secundario.

- *Zonas urbanas:* en esta categoría se agruparon aquellas áreas donde la vegetación original fue erradicada para el asentamiento de casas, caminos, carreteras, o algún otro tipo de construcción. Estas construcciones se encontraban muy próximas al BTC y contaban con algunas zonas de vegetación de jardinería. Si bien no hubo puntos de conteo sobre este tipo de uso de suelo, se decidió incluirlo en el análisis de preferencias de hábitat ya que su superficie era suficientemente extensa para tener al menos un registro esperado por azar (de acuerdo con la frecuencia esperada de la Tabla 3 y la Tabla 4) (Neu *et. al.* 1974).
- *Uso pecuario:* lugares donde se realiza la explotación ganadera y el pastoreo de manera intensiva o extensiva mediante el corte y quema del BTC con el fin de inducir el crecimiento de pasto para el ganado. Estos sitios se encontraban, o bien rodeados de BTC (comúnmente secundario), o entremezclados con este, y podían encontrarse en su interior grupos de árboles aislados del BTC circundante.
- *Vegetación hidrófila:* esta categoría está constituida básicamente por comunidades vegetales que habitan en terrenos pantanosos e inundables de aguas salobres o dulces poco profundas. También era común que la vegetación hidrófila se encontrara rodeado de BTC, tanto primario como secundario, formando un continuo con la cobertura arbórea del BTC.

Con excepción del BTC primario y secundario, los nombres asignados a cada categoría de hábitat corresponden a los utilizados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 2012) en su Carta de Usos de Suelo y Vegetación Serie V (CUSV). Los análisis de preferencias de hábitat estuvieron basados en dicha carta; sin embargo, dado que esta fue elaborada a una escala de 1:250 000 (i.e., una unidad en el mapa equivale a 250,000 unidades en la realidad), resultaba poco práctica para los cálculos de área de cada hábitat. Por ello, fue necesario afinar su escala utilizando las imágenes satelitales de la siguiente manera:

Se cargó la CUSV en el sistema de Información Geográfica QGIS 2.8.3 (QGIS Development Team 2013) junto con las imágenes satelitales de la región de Chamela. Con ayuda de la CUSV, se diferenciaron las categorías de vegetación/ usos de suelo presentes en las imágenes satelitales, y se procedió a crear polígonos alrededor de cada una de ellas. La diferenciación también se basó en el conocimiento previo y de campo que se tenía sobre los sitios de muestreo. La CUSV sirvió como guía para corroborar el tipo de vegetación presente, y para establecer los límites cuando estos resultaban indistinguibles (i. e., para establecer límites entre BTC primario y secundario). En la Figura 12 se muestra una comparación entre los polígonos de la CUSV y los polígonos resultantes de este método. Finalmente se unieron todos los polígonos para crear un único mapa de los diferentes hábitats presentes en el área de estudio.



Figura 12. Comparación entre las definiciones de la CUSV (izquierda) y de los polígonos elaborados a partir de imágenes satelitales de Google Earth®. Se muestra en amarillo el uso de suelo agrícola, en azul las zonas urbanas, y en café el uso pecuario, rodeados por BTC secundario.

En este análisis se utilizaron todos los registros, tanto visuales como auditivos. Con las coordenadas de cada punto de conteo, y los datos de distancia y dirección de cada registro, se estimó la ubicación de las chachalacas en cada sitio de muestreo. Se siguió el protocolo utilizado por Soldatini *et al.* (2010) y Legault *et al.* (2011).

Como primer paso, se separaron los registros de la estación seca de los registros de la estación lluviosa. Posteriormente, alrededor de cada registro se crearon buffers de 250 m de radio, lo que equivale a un área de 19.6 ha. Aunque no existen reportes del ámbito hogareño de esta especie, se considera un tamaño de hábitat factible para ser utilizado por *O. poliocephala*, puesto que el tamaño es similar al utilizado por *Aburria pipile* (19 ha) en la Isla Trinidad (Hayes *et al.* 2009).

Adicionalmente, un área de este tamaño compensa posibles errores de geolocalización (GPS), mapeo y ubicación de los registros (Legault 2011). Como resultado se obtuvieron dos mapas de buffers, uno para la estación seca y otro para la lluviosa (Figura 13 y Figura 14), los cuales corresponden a las áreas muestreadas durante cada estación. Estos mapas se utilizaron para hacer un corte (*clip*) del mapa de hábitats realizado en pasos anteriores, esto es, un corte del mapa de vegetaciones utilizando los mapas de buffers como molde. Posteriormente se midió la superficie total de los mapas resultantes, así como la superficie de cada categoría de hábitat para calcular la proporción (disponibilidad) de cada hábitat.

Para los análisis de preferencias de hábitat fueron comparadas las proporciones de uso y de disponibilidad de hábitats (Neu *et al.* 1974, Cherry 1996, Carneiro *et al.* 2012). Las proporciones de uso fueron calculadas dividiendo el número de registros por hábitat entre el número total de registros, mientras que las proporciones de disponibilidad se obtuvieron dividiendo el área que ocupaba cada hábitat entre el área total. La comparación se llevó a cabo mediante un análisis de ji-cuadrada de bondad de ajuste, siendo calculadas las frecuencias esperadas multiplicando las proporciones de disponibilidad por el número total de registros. Dado que el valor de ji-cuadrada alcanzó valores significativos, la hipótesis nula de un uso aleatorio de hábitats fue rechazada, se procedió entonces a evaluar las diferencias entre proporciones de uso y disponibilidad mediante el análisis de intervalos de confianza de Bonferroni para cada proporción de uso (Neu *et al.* 1974, Cherry 1996,

Soldatini *et al.* 2010, Legault *et al.* 2011, Carneiro *et al.* 2012). Cuando las proporciones de disponibilidad cayeron fuera de los intervalos, la diferencia se consideró significativa (Neu *et al.* 1974). Se usó el término “prefirió” para indicar cuando las chachalacas usaron un hábitat más de lo esperado por azar (i.e., los intervalos de confianza cayeron por arriba de las proporciones de disponibilidad). Un hábitat es “evitado” cuando las chachalacas lo utilizan menos de lo esperado por azar (i.e., cuando los intervalos de confianza cayeron por debajo de las proporciones de disponibilidad).

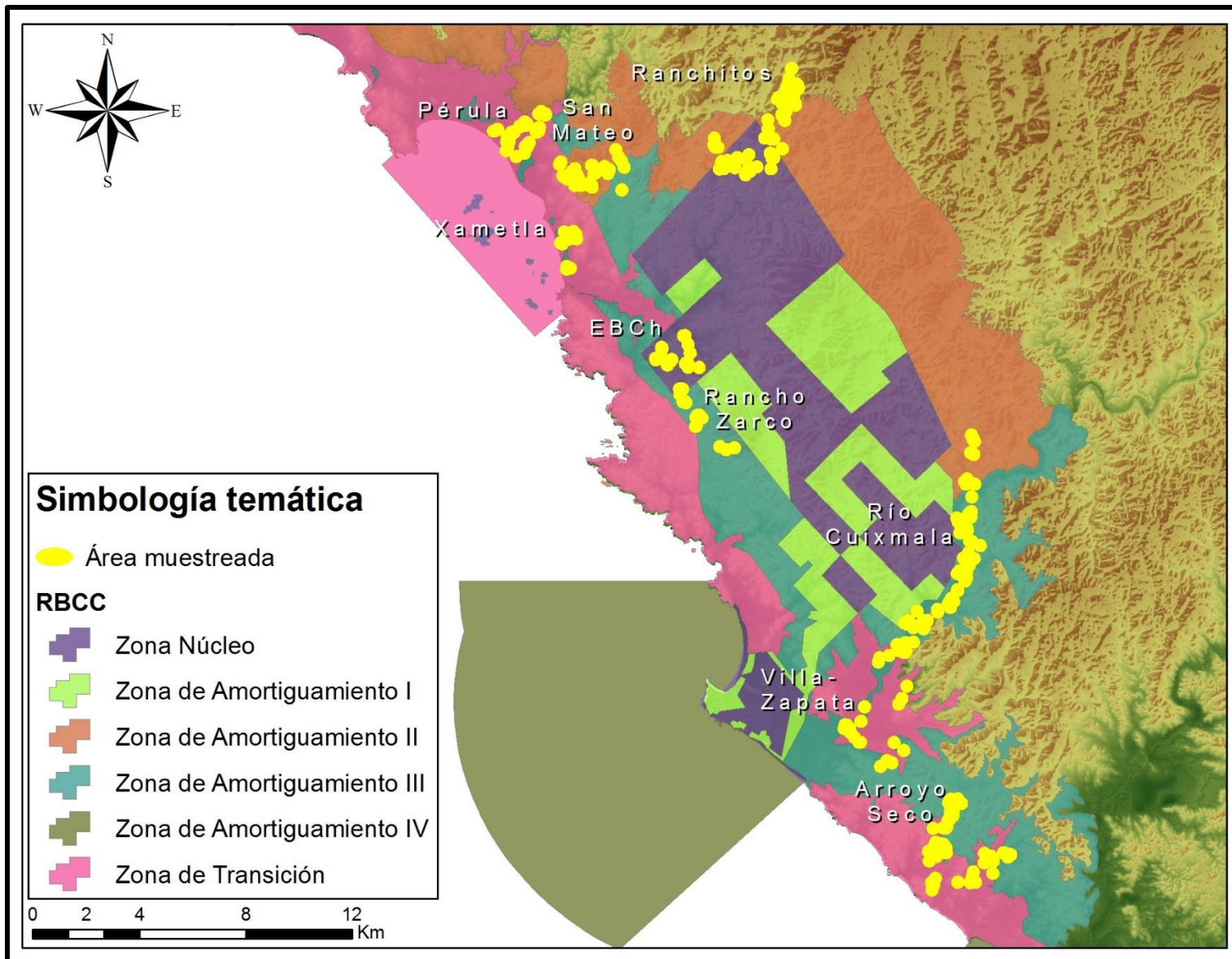


Figura 13. Mapa del área muestreada durante la estación seca.

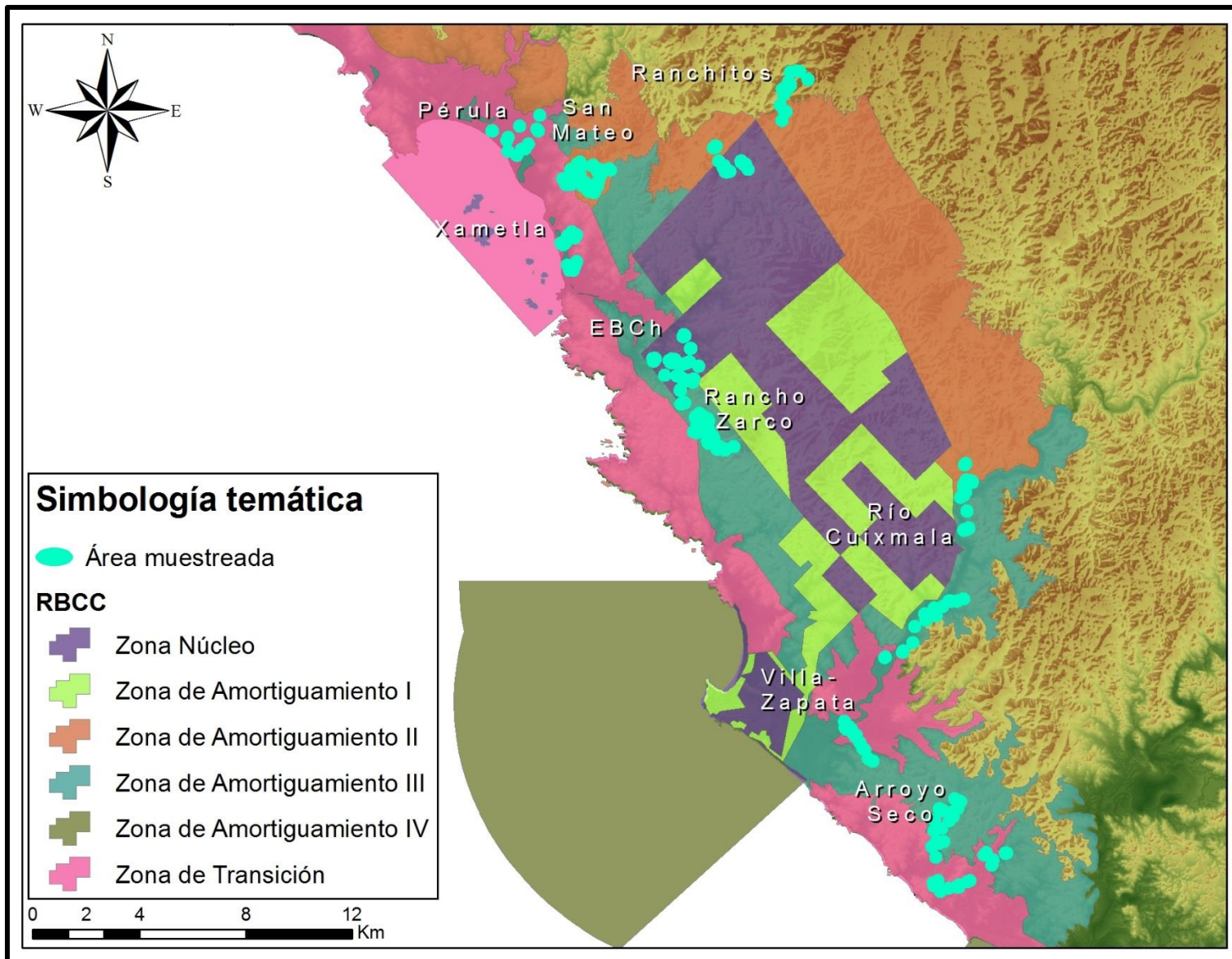


Figura 14. Mapa del área muestreada durante la estación lluviosa.

Análisis de la fragmentación del hábitat

Se realizó un análisis exploratorio de las imágenes satelitales con el fin de identificar todos aquellos parches de zonas de cobertura arbórea original (en adelante, fragmentos). Dado que un objetivo de este trabajo es definir las variables de fragmentación de la cobertura arbórea más fuertemente asociadas a la densidad de chachalacas, no se hizo distinción entre BTC primario ni secundario. Se digitalizaron polígonos alrededor de todos los fragmentos encontrados dentro de los sitios de muestreo, con excepción de aquellos cuya superficie midiera menos de 1 ha. Como resultado, se obtuvo una capa de cobertura forestal compuesta por todos los fragmentos presentes en los sitios de muestreo durante los meses de muestreo (marzo-mayo y julio-septiembre). Los mapas de buffers de secas y lluvias elaborados en el análisis de uso de hábitat se utilizaron para realizar cortes de la capa de cobertura forestal (fragmentos), y posteriormente se procedió a obtener las siguientes variables para cada sitio de muestreo: número, tamaño promedio, distancia promedio y densidad de fragmentos (número de fragmentos divididos entre el área muestreada), además del porcentaje de cobertura forestal (e.g. la suma de las superficies de todos los fragmentos). Exceptuando la distancia promedio entre fragmentos (distancia euclidiana promedio del vecino más cercano), la cual fue estimada utilizando el programa Fragstats v4.2.1. (McGarigal et. al. 2012), todos los anteriores parámetros fueron calculados utilizando QGIS. La relación entre las

densidades poblacionales de chachalacas y fragmentación a nivel de sitio fue explorada realizando correlaciones entre el promedio de la densidad poblacional de secas y lluvias, y los parámetros anteriormente mencionados.

Para determinar el tamaño de fragmento con el mayor número de registros, se unieron las capas de ubicaciones de chachalacas de secas y lluvias, para así obtener una sola capa de ubicaciones. Posteriormente se hizo una selección por ubicación (*selection by location*) en QGIS utilizando la capa original de fragmentos y dicha capa de ubicaciones; fueron seleccionados solamente aquellos fragmentos que contenían ubicaciones de chachalacas, y a partir de esta selección se elaboró una tabla (Tabla 7) de número de ubicaciones por categorías de tamaño de fragmentos, las cuales fueron: >1 ha, 1-10 ha, 10-50 ha, y <50 ha.

RESULTADOS

Se obtuvieron 631 registros, 364 (57%) durante la estación seca y 267 (43%) durante la estación lluviosa. Del total de registros correspondientes a la estación seca, 198 (53%) fueron auditivos y 166 (47%) fueron registros visuales. Por otro lado, durante la estación lluviosa se obtuvieron 158 (59%) registros auditivos y 109 visuales (41%). En ambas estaciones se obtuvo un mayor número de registros auditivos que visuales (Figura 15).

Como se esperaba, a nivel de sitios hubo más registros durante la estación seca; se obtuvieron más registros visuales durante esta estación que durante las lluvias, con excepción de la EBCh y el Rancho Zarco (Figura 16). El número de registros auditivos también fue mayor en la estación seca, exceptuando Rancho Zarco, San Mateo y Xametla (Figura 16). El mismo patrón se observó para el número de individuos, se registró un total de 508 individuos, 315 durante la estación seca y 193 durante la estación lluviosa (Figura 17). En este caso las excepciones fueron el Rancho Zarco y San Mateo. Así, Rancho Zarco fue siempre la excepción al patrón de mayor número de registros e individuos en la estación seca.

Respecto al tipo de respuesta obtenido con los *booms*, se encontraron 15 parejas de chachalacas a los que se les reprodujo el playback. De las 15 ocasiones, en 10 de ellas hubo algún tipo de respuesta: en 1 ocasión se alejaron, en 1 ocasión se

acercaron al observador, en 6 ocasiones respondieron con *boom*, y en 2 ocasiones con un tipo de graznido (Figura 18).

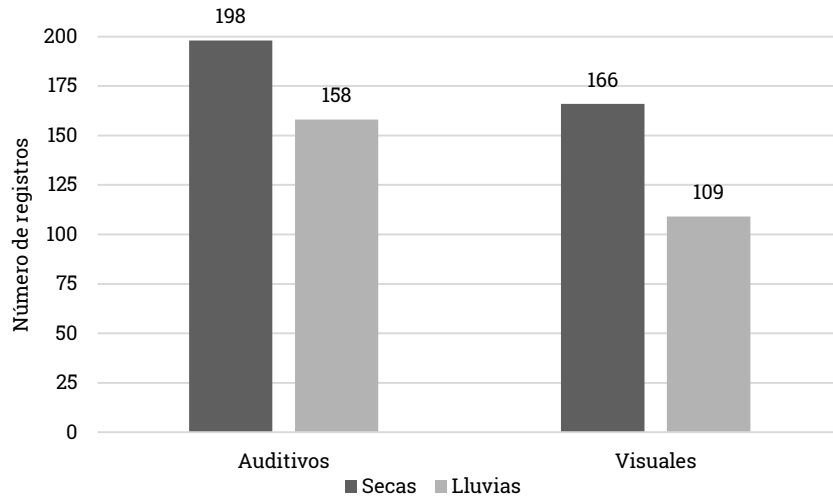


Figura 15. Tipos de registros obtenidos para cada estación.

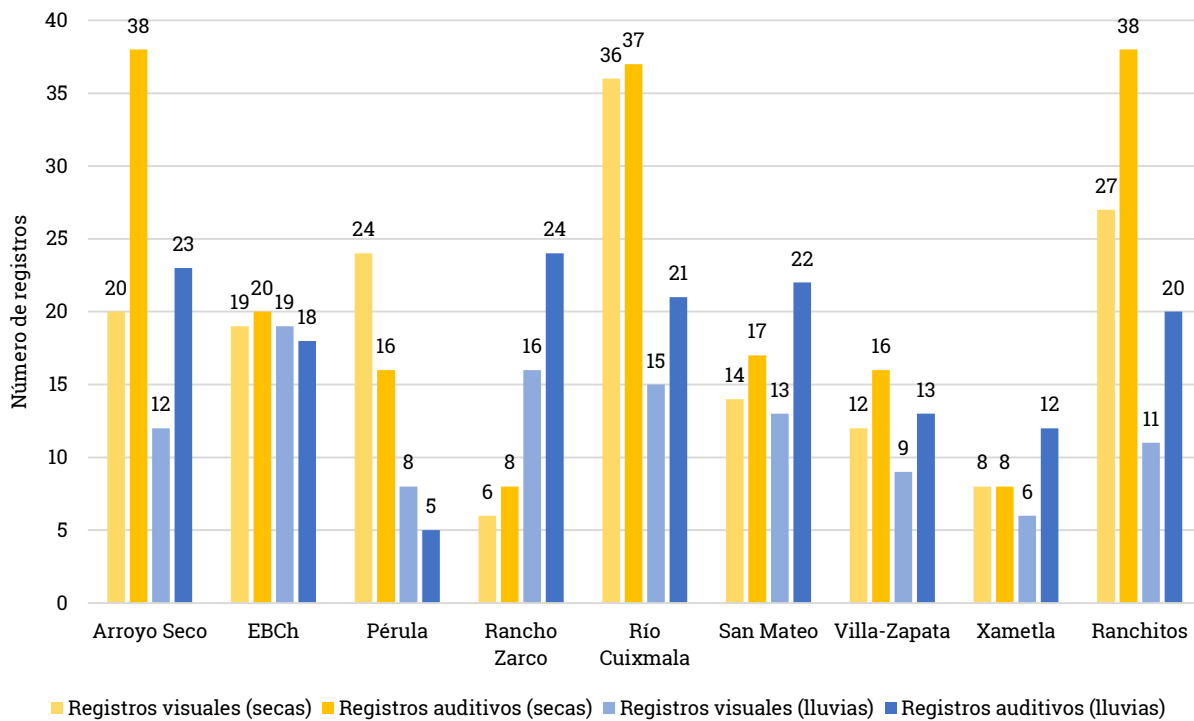


Figura 16. Número de registros visuales y auditivos para cada sitio de muestreo.

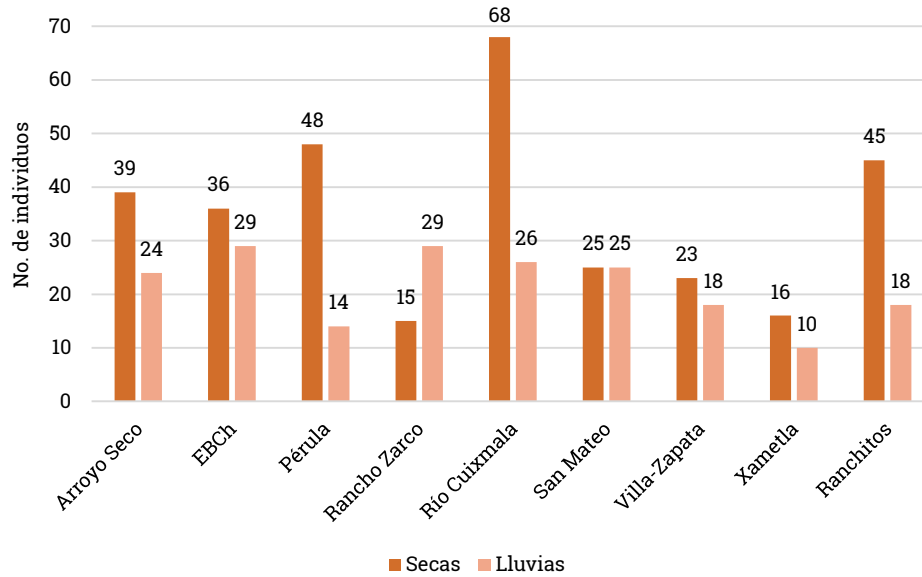


Figura 17. Número de individuos registrados en cada sitio de muestreo durante ambas estaciones.

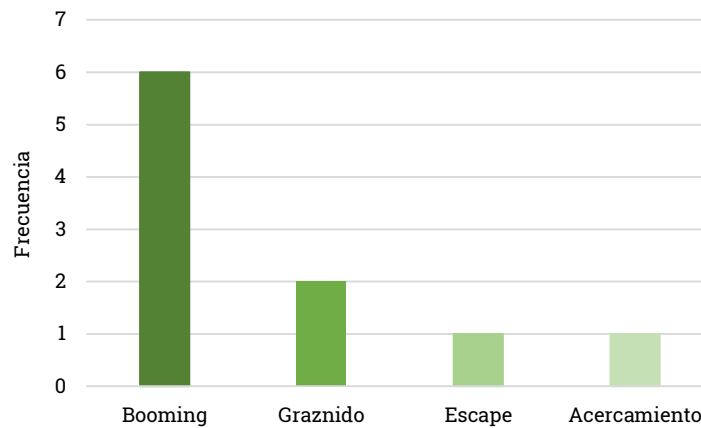


Figura 18. Frecuencias y tipos de respuesta al playback.

Densidad poblacional

Los resultados de las estimaciones de densidad por sitio de muestreo se muestran en la Figura 19. En Villa-Zapata fue imposible estimar la densidad para la estación lluviosa dado el tamaño de muestra (no. de registros = 6), lo que provocó que el programa *Distance* arrojara valores de densidad irreales. La densidad fue mayor durante la estación seca en los siguientes sitios de muestreo: EBCh, Xametla, Río

Cuixmala y Ranchitos. Por el contrario, la densidad fue mayor durante la estación lluviosa en los siguientes sitios: San Mateo, Rancho Zarco, Arroyo Seco y Pérula.

Los radios efectivos de detección para cada sitio se muestran en la Figura 20. En la EBCh, el sitio mejor conservado, los radios efectivos de detección mostraron los menores valores, seguidos del Río Cuixmala. Posteriores correlaciones mostraron una relación entre el porcentaje de cobertura forestal y el radio efectivo de detección (más detalles adelante).

Las estimaciones de densidad por tipo de vegetación se muestran en la Figura 21. En ambas estaciones los valores estimados de densidad fueron mayores en el BTC primario y secundario que en los demás tipos de uso de suelo. Por el contrario, los radios efectivos de detección fueron mayores en los usos de suelo agrícola, pecuario y en la vegetación hidrófila que en el BTC. Para todos los sitios, se observó una mayor densidad durante la estación seca. Los radios efectivos de detección fueron menores en ambos tipos de BTC en comparación con los otros tipos de uso de suelo (Figura 22).

Las densidades para la región de Chamela se estimaron en 1.1 ind/ha mediante puntos de conteo con playback, y 1.5 ind/ha mediante transectos (Figura 24). Los radios efectivos de detección mostraron una clara diferencia, siendo mayores los obtenidos mediante puntos de conteo con playback (67 m) que mediante transectos (16 m) (Figura 25).

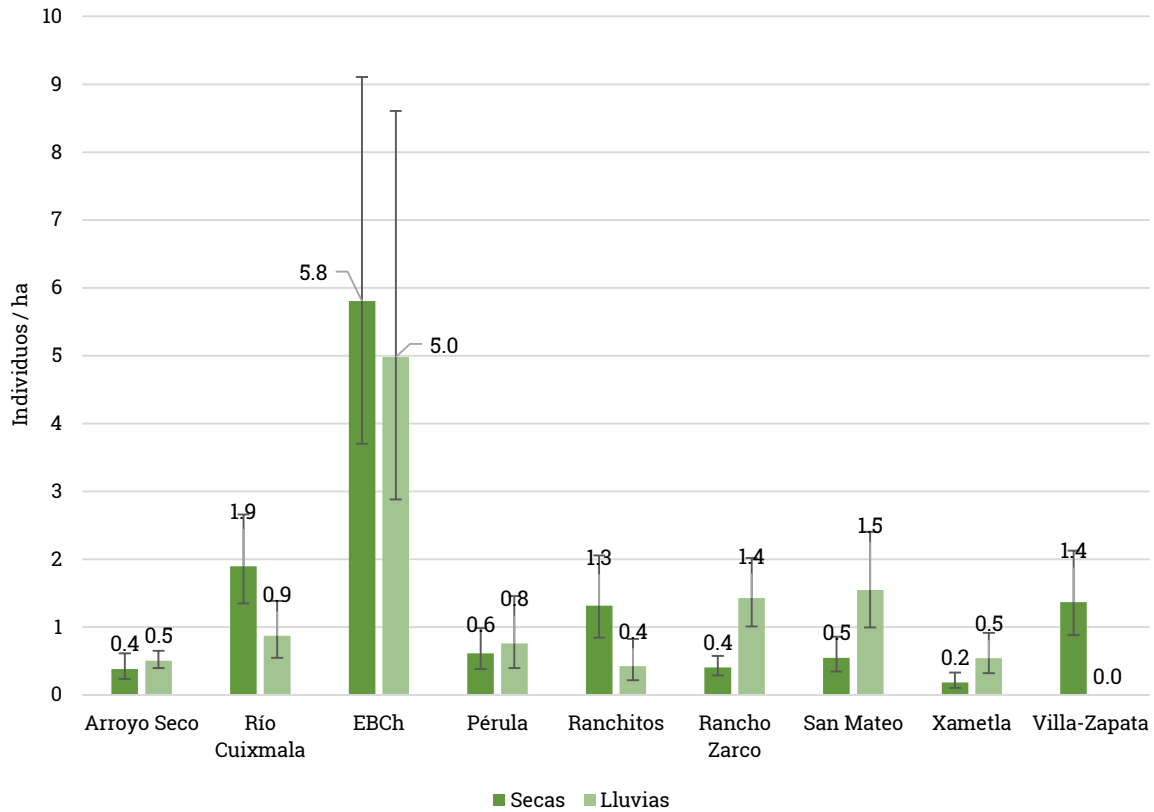


Figura 19. Densidad poblacional de cada sitio durante ambas estaciones, estimada por puntos de conteo con playbacks. Los números representan los valores de densidad obtenidos.

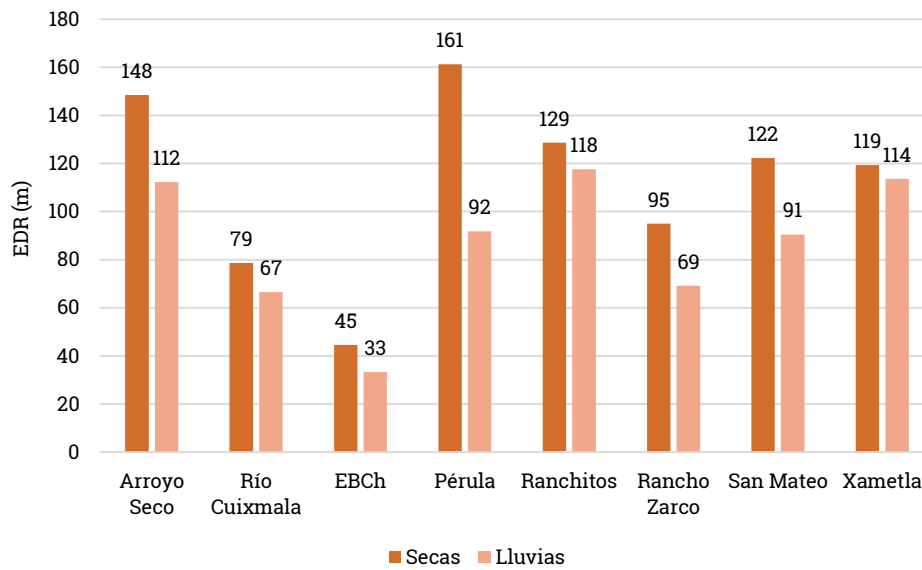


Figura 20. Radios efectivos de detección para cada sitio y cada estación (seca y lluviosa).

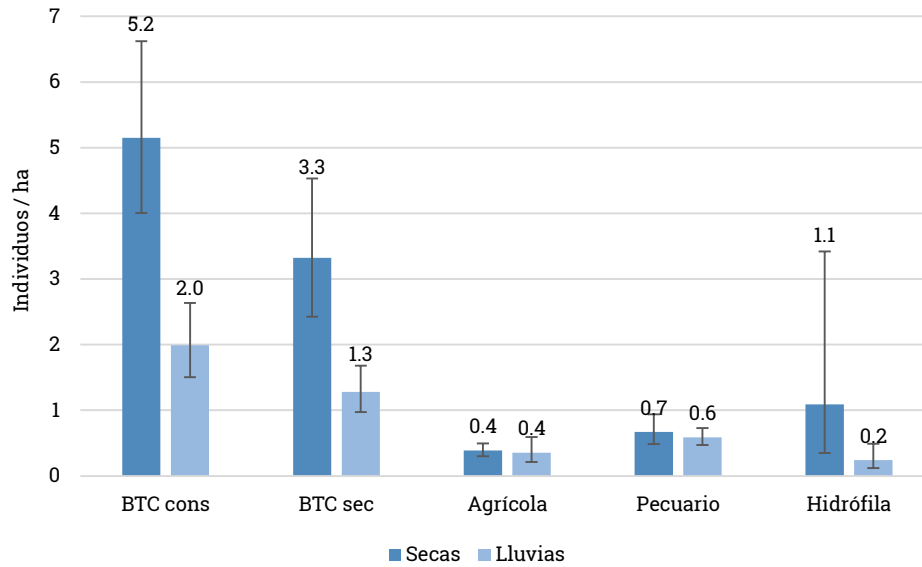


Figura 21. Densidad poblacional de cada tipo de vegetación/uso de suelo durante ambas estaciones estimada mediante puntos de conteo con playbacks. Los números sobre cada barra representan los valores de densidad.

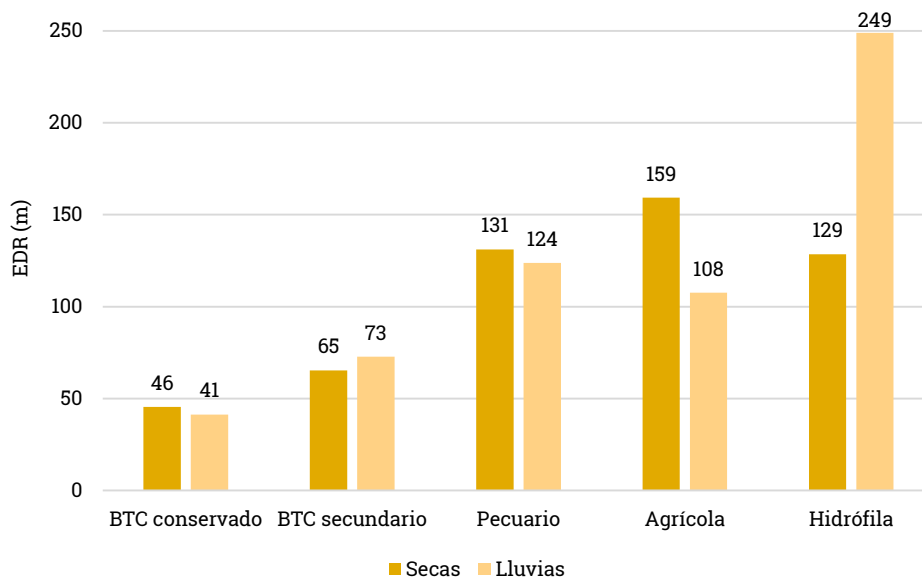


Figura 22. Radios efectivos de detección (EDR) para cada tipo de vegetación durante ambas estaciones.

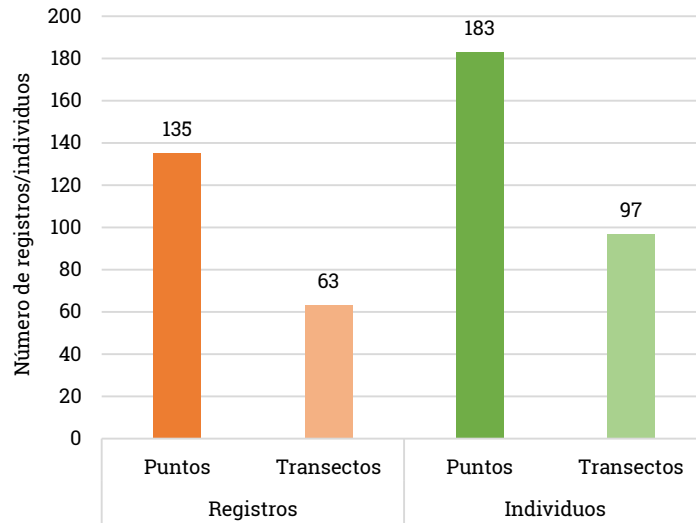


Figura 23. Número de registros y de individuos detectados mediante ambos métodos.

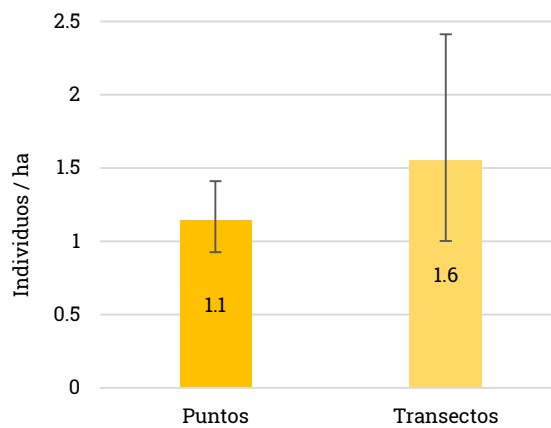


Figura 24. Estimaciones de densidad poblacional para la región de Chamela mediante ambos métodos. Los números dentro de cada barra corresponden al valor de densidad estimada.

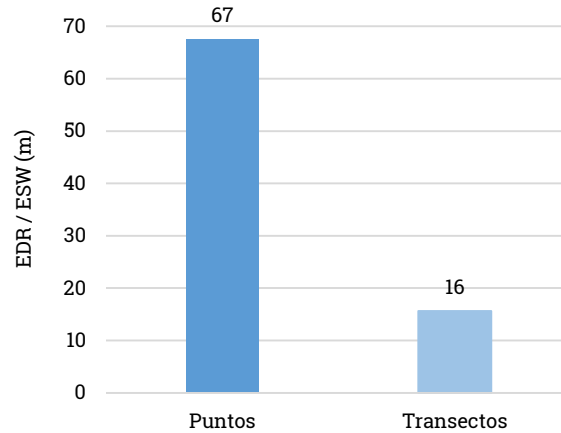


Figura 25. Radio efectivo de detección (EDR) y ancho de banda efectivo (ESW) para puntos con playback y transectos, respectivamente.

Uso y preferencias de hábitat

En el BTC primario y el BTC secundario hubo más registros que en cualquier otro tipo de hábitat (Tabla 2). Los análisis de preferencias de hábitat en ambas estaciones mostraron una distribución diferencial en las categorías de hábitat, la prueba de ji cuadrada de bondad de ajuste alcanzó valores significativos durante la estación seca (Chi-Square Test, $X^2 = 35.5$, $P = 11.1$), por lo que la hipótesis nula de un uso aleatorio de los hábitats fue descartada. Los intervalos de confianza de Bonferroni mostraron que las chachalacas prefieren el BTC secundario, mientras que evitan los usos de suelo agrícola, pecuario y las zonas urbanas. La vegetación hidrófila y el BTC primario fueron usados como se esperaría por azar (Tabla 3). Durante la estación lluviosa las chachalacas también mostraron una distribución diferente a la esperada por azar (Chi-Square Test, $X^2 = 33.8$, $P = 11.1$), y los intervalos de confianza de Bonferroni mostraron que en esta estación hubo preferencia tanto

por el BTC primario como el secundario, mientras que se seguían evitando los usos de suelo agrícola, pecuario y las zonas urbanas. La distribución en la vegetación hidrófila mostró nuevamente un comportamiento similar al esperado por azar (Tabla 4).

Tabla 2. Detecciones de chachalacas en cada tipo de vegetación/uso de suelo a lo largo de los muestreos.

| Mes de muestreo | Tipos de vegetación y usos de suelo (tipos de hábitat) | | | | | | |
|-----------------|--|----------------|---------------|----------|-----------|--------------|-------|
| | Agrícola | BTC secundario | Zonas urbanas | Pecuario | Hidrófila | BTC primario | TOTAL |
| Marzo | 9 | 60 | 0 | 15 | 11 | 19 | 114 |
| Abril | 7 | 57 | 0 | 16 | 6 | 42 | 128 |
| Mayo | 10 | 59 | 2 | 24 | 3 | 24 | 122 |
| Julio | 4 | 52 | 0 | 11 | 2 | 39 | 108 |
| Agosto | 5 | 50 | 0 | 10 | 7 | 23 | 95 |
| Septiembre | 1 | 27 | 0 | 9 | 4 | 23 | 64 |
| Total | 36 | 305 | 2 | 85 | 33 | 170 | 631 |

Tabla 3. Áreas y proporciones de los hábitats disponibles en el área de estudio durante la estación seca. *Proporciones que cayeron fuera de los intervalos de Bonferroni.

| Hábitat | Área (ha) | Proporción de la cobertura total | No. de registros observados | Proporción de registros observados | No. de registros esperados | Intervalo inferior | Intervalo superior |
|----------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| Agrícola | 396.81 | 0.14* | 26 | 0.07 | 51.84 | 0.071 | 0.072 |
| BTC secundario | 998.99 | 0.36* | 178 | 0.49 | 130.5 | 0.45 | 0.53 |
| Zonas urbanas | 43.96 | 0.02* | 2 | 0.01 | 5.74 | 0.00007 | 0.01 |
| Pecuario | 503.22 | 0.18* | 53 | 0.15 | 65.74 | 0.12 | 0.17 |
| Hidrófila | 175.55 | 0.06 | 20 | 0.05 | 22.93 | 0.04 | 0.07 |
| BTC primario | 667.89 | 0.24 | 85 | 0.23 | 87.25 | 0.2 | 0.26 |
| Total | 2786.43 | 1 | 364 | 1 | 364 | | |

Tabla 4. Áreas y proporciones de los hábitats disponibles en el área de estudio durante la estación lluviosa. *Proporciones que cayeron fuera de los intervalos de Bonferroni.

| Hábitat | Área (ha) | Proporción de la cobertura total | No. de registros observados | Proporción de registros observados | No. de registros esperados | Intervalo inferior | Intervalo superior |
|----------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| Agrícola | 267.44 | 0.13* | 10 | 0.04 | 33.96 | 0.02 | 0.05 |
| BTC secundario | 796.73 | 0.38* | 129 | 0.48 | 101.18 | 0.44 | 0.52 |
| Zonas urbanas | 20.49 | 0.01* | 0 | 0 | 2.6 | 0 | 0 |
| Pecuario | 342.75 | 0.16* | 30 | 0.11 | 43.53 | 0.08 | 0.14 |
| Hidrófila | 108.83 | 0.05 | 13 | 0.05 | 13.82 | 0.03 | 0.07 |
| BTC primario | 566.31 | 0.27* | 85 | 0.32 | 71.92 | 0.28 | 0.36 |
| Total | 2102.54 | 1 | 267 | 1 | 267 | | |

Análisis de fragmentación

Los resultados de los análisis de fragmentación para la estación seca se muestran en la Tabla 5. En esta estación, los sitios con mayor número de fragmentos fueron Río Cuixmala y Arroyo Seco. Los sitios con mayor densidad de fragmentos fueron Xametla y San Mateo. Respecto al porcentaje de cobertura forestal, Rancho Zarco destacó sobre todos los sitios al tener 93 y 82% de cobertura forestal para la estación seca y lluviosa, respectivamente. Por otro lado, durante la estación lluviosa (Tabla 6), Arroyo Seco destacó como el sitio con el mayor número de fragmentos, seguido por el Río Cuixmala. Los sitios con mayor densidad de fragmentos fueron Xametla, Villa-Zapata y Pérula. Finalmente, Rancho Zarco fue el sitio con mayor porcentaje de cobertura forestal, seguido de San Mateo. En ambas estaciones, Villa-Zapata tuvo la mayor distancia promedio entre fragmentos, así como el menor porcentaje de

cobertura forestal. Pérula mostró el mismo patrón pero en relación a los valores del tamaño promedio de fragmentos.

Tabla 5. Parámetros de fragmentación correspondientes a la estación seca.

| Sitio | Número de fragmentos | Tamaño promedio (ha) | Desv. Est. | Distancia promedio (m) | Desv. Est. | Densidad de fragmentos | Cobertura forestal (%) |
|--------------|----------------------|----------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------------------|
| Arroyo seco | 22 | 12.8 | 17.17 | 37.09 | 15.18 | 0.05 | 63 |
| Río Cuixmala | 26 | 15.17 | 14.91 | 39.91 | 27.32 | 0.04 | 65 |
| Xametla | 9 | 7.31 | 6.57 | 41.15 | 26.97 | 0.09 | 66 |
| Villa-Zapata | 13 | 6.54 | 6.1 | 108.47 | 264.29 | 0.05 | 30 |
| Rancho Zarco | 3 | 29.75 | 27.37 | 39.05 | 125.70 | 0.03 | 93 |
| Ranchitos | 16 | 15.45 | 13.65 | 45.61 | 18.45 | 0.03 | 49 |
| San Mateo | 19 | 9.76 | 12.73 | 22.20 | 16.21 | 0.07 | 67 |
| Pérula | 14 | 6.53 | 5.83 | 27.81 | 26.38 | 0.06 | 38 |

Tabla 6. Parámetros de fragmentación correspondientes a la estación lluviosa.

| Sitio | Número de fragmentos | Tamaño promedio (ha) | Desv. Est. | Distancia promedio (m) | Desv. Est. | Densidad de fragmentos | Cobertura forestal (%) |
|--------------|----------------------|----------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|------------------------|
| Arroyo seco | 20 | 11.95 | 15.15 | 39.42 | 35.67 | 0.05 | 61 |
| Río Cuixmala | 17 | 11.53 | 11.91 | 51.79 | 56.70 | 0.05 | 60 |
| Xametla | 11 | 6.72 | 6.98 | 23.28 | 20.58 | 0.1 | 65 |
| Villa-Zapata | 11 | 5.75 | 6.74 | 144.32 | 553.54 | 0.08 | 45 |
| Rancho Zarco | 4 | 37.57 | 39.71 | 14.34 | 7.37 | 0.02 | 82 |
| Ranchitos | 10 | 15.11 | 13.55 | 32.38 | 32.39 | 0.04 | 55 |
| San Mateo | 14 | 12.48 | 17.15 | 16.88 | 7.49 | 0.06 | 77 |
| Pérula | 14 | 4.56 | 4.79 | 24.79 | 41.81 | 0.08 | 38 |

Las correlaciones entre densidad poblacional y las variables de fragmentación para la estación seca se muestran en la Figura 26, mientras que la Figura 27 muestra las correlaciones correspondientes a la estación lluviosa. Para la estación seca, el mayor valor de R^2 se encontró en la relación densidad poblacional-densidad de fragmentos (fragmentos / hectárea), mientras que para la estación lluviosa, el mayor valor de R^2 fue el encontrado entre la densidad poblacional-porcentaje de

cobertura forestal. Adicionalmente se realizaron correlaciones entre el porcentaje de cobertura forestal y los valores de EDR (Figura 26 y Figura 27). Dado que no se encontraron fragmentos dentro de la EBCh, se asumió una cobertura forestal del 100%, lo que permitió incluirla en las correlaciones densidad poblacional-porcentaje de cobertura forestal y, de manera adicional, en las correlaciones entre EDR-porcentaje de cobertura forestal. No se incluyó a Villa-Zapata en las correlaciones de la estación lluviosa dado que no fue posible obtener los valores de densidad poblacional correspondientes.

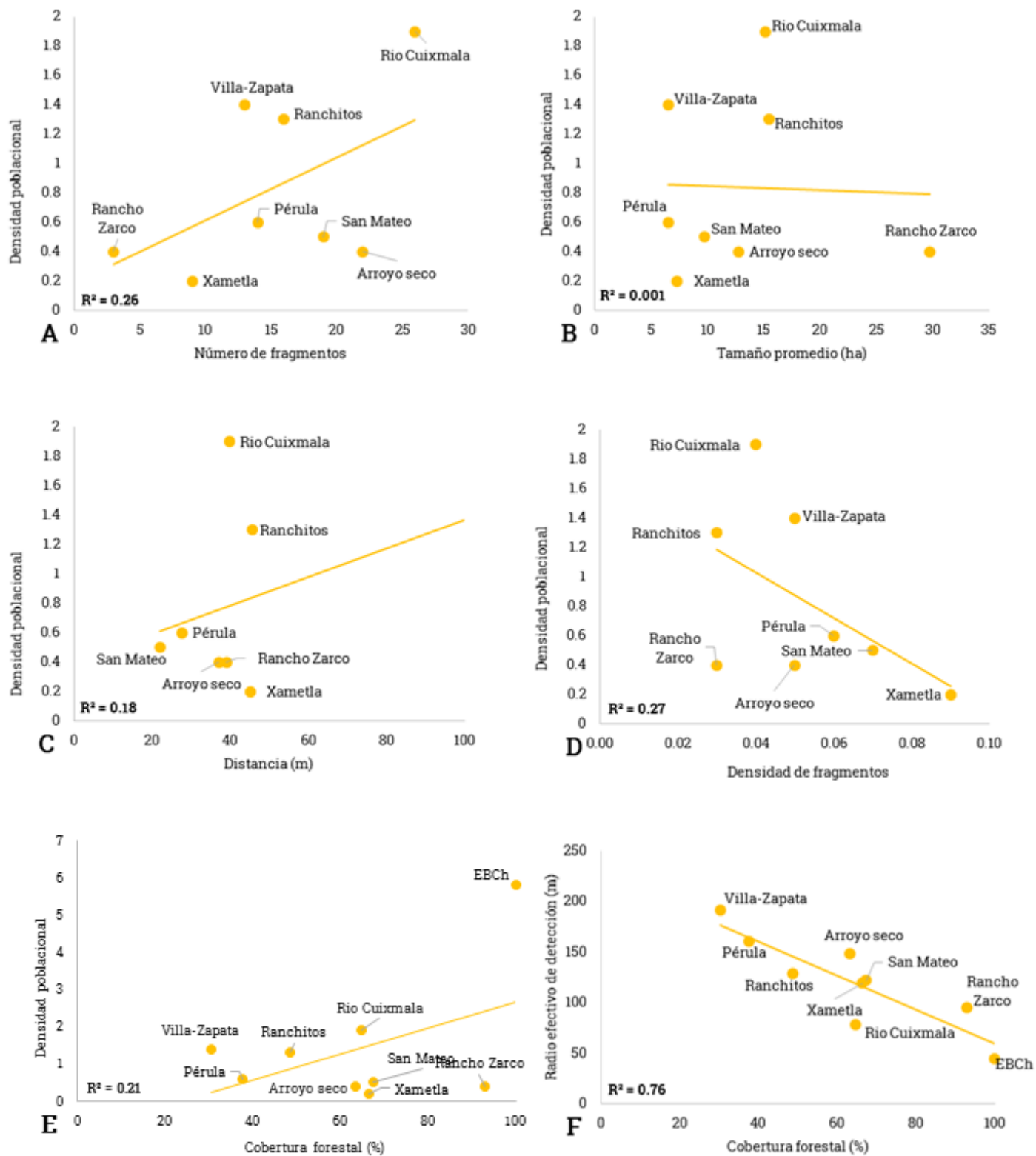


Figura 26. Correlaciones entre densidad poblacional y las variables de fragmentación (A-E) para la estación seca. El gráfico F corresponde a la correlación entre EDR y el porcentaje de cobertura forestal.

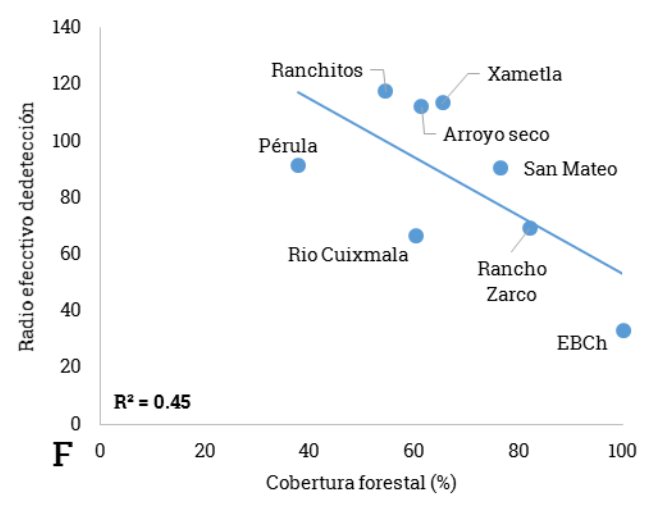
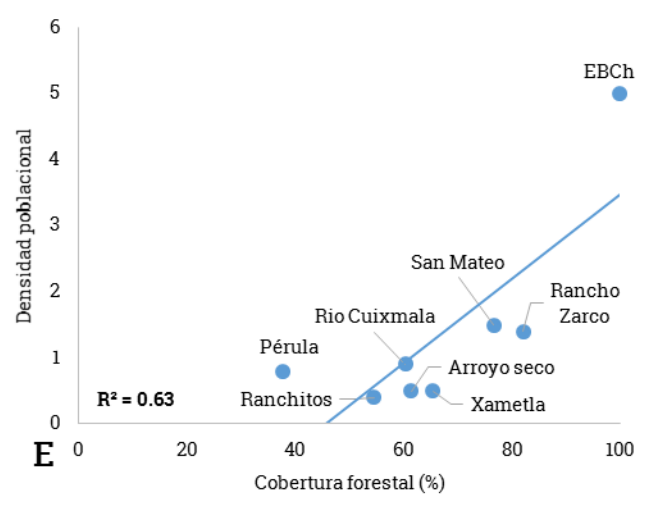
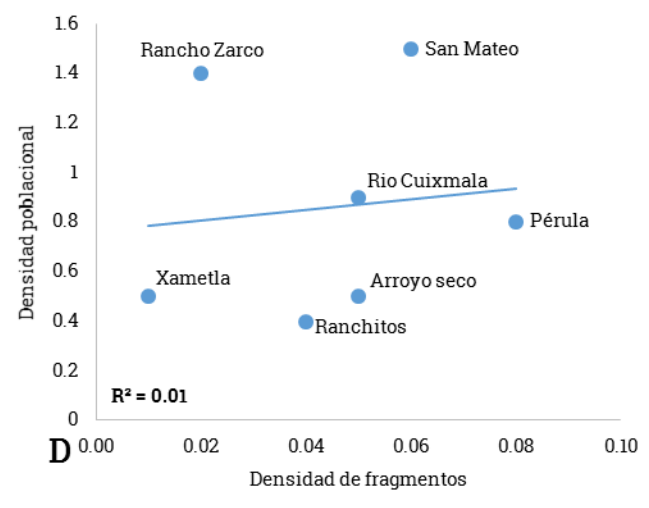
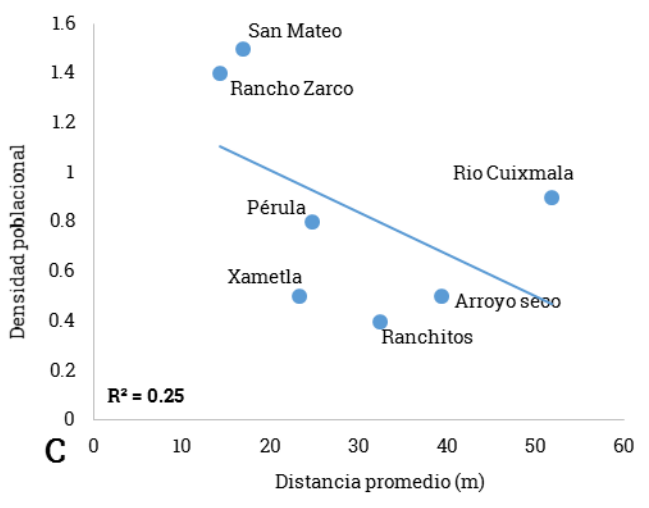
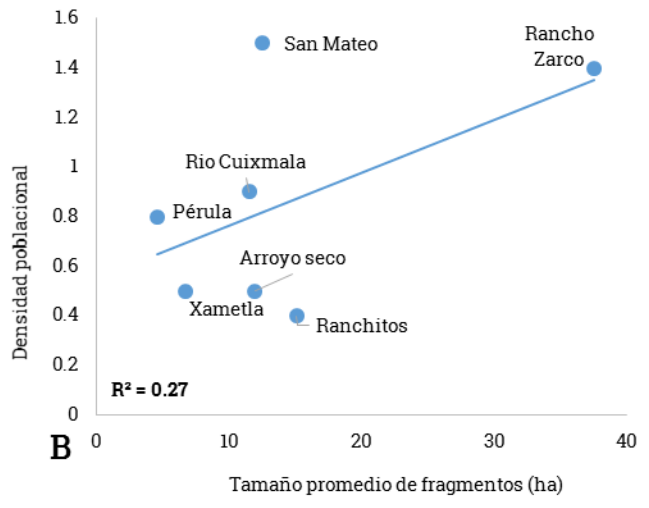
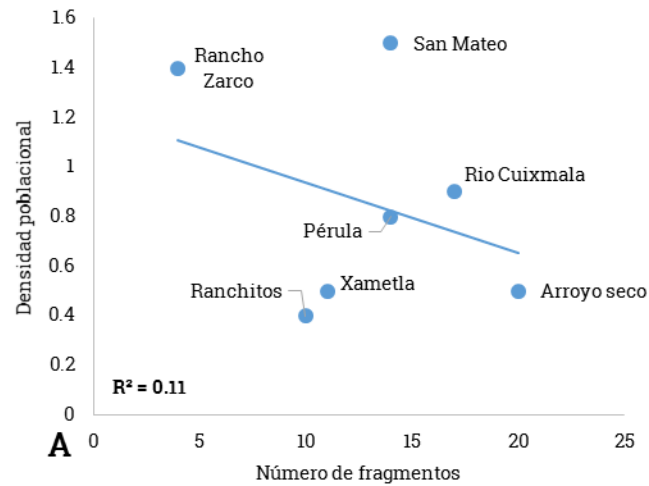


Figura 27. Correlaciones entre densidad poblacional y las variables de fragmentación (A-E) para la estación lluviosa. El gráfico F corresponde a la correlación entre EDR y el porcentaje de cobertura forestal.

En total, hubo 108 fragmentos que fueron ocupados por chachalacas. En la Tabla 7 se puede apreciar el número de fragmentos por categoría de tamaño que fueron ocupados en cada sitio. Rancho Zarco y Xametla tuvieron el menor número de fragmentos ocupados, mientras que Río Cuixmala tuvo el mayor número de fragmentos ocupados. Se realizó un análisis de ji cuadrada con los datos de la Tabla 7 con el fin de analizar si existía relación entre el uso y el tamaño de los fragmentos. El análisis mostró que, en todos los sitios, las chachalacas usaban los fragmentos independientemente de su tamaño (Chi-Square Test, $X^2 = 28.95$, $P = 32.671$). En la Tabla 8 se puede observar que la mayor distancia entre fragmentos ocupados la tuvo Villa-Zapata, así como la mayor densidad de fragmentos.

Tabla 7. Número de fragmentos ocupados por chachalacas por sitio y por categoría de tamaño.

| Sitio | <1 ha | 1-10 ha | 10-50 ha | >50 ha | Total |
|--------------|-------|---------|----------|--------|-------|
| Arroyo Seco | 2 | 5 | 8 | 2 | 17 |
| Río Cuixmala | 6 | 6 | 7 | 6 | 25 |
| Xametla | 0 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| Villa-Zapata | 8 | 2 | 5 | 0 | 15 |
| Rancho Zarco | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Ranchitos | 3 | 3 | 4 | 4 | 14 |
| San Mateo | 3 | 6 | 4 | 4 | 17 |
| Pérula | 1 | 6 | 2 | 2 | 11 |
| Total | 23 | 30 | 32 | 23 | 108 |

Tabla 8. Distancia promedio (m) entre los fragmentos ocupados y densidad de fragmentos ocupados por chachalacas.

| Sitio | Distancia promedio (m) | Desv. Est. | Densidad de fragmentos |
|--------------|------------------------|------------|------------------------|
| Arroyo seco | 17.2 | 16.9 | 0.1 |
| Rancho Zarco | 13.7 | 7.2 | 0.13 |
| San Mateo | 16.3 | 15.1 | 0.14 |
| Ranchitos | 41.4 | 96.1 | 0.18 |
| Pérula | 27.9 | 38.4 | 0.2 |
| Xametla | 27.6 | 18.3 | 0.21 |
| Cuixmala | 16.9 | 8.3 | 0.25 |
| Villa-Zapata | 275.2 | 428.7 | 0.34 |

DISCUSIÓN

Detección de chachalacas

En la región de Chamela, las chachalacas muestran una mayor actividad vocal durante el período de primavera-verano, cuando la temperatura y la duración del día son mayores (Gurrola 1985). Dado que en el verano (estación lluviosa) sus movimientos y conductas están supeditados al cuidado de nidos, huevos y pollos (Gurrola 1985), se puede suponer que su detectabilidad fue mayor durante los muestreos de la estación seca. En general, se obtuvo un mayor número de registros, y se detectó un mayor número de individuos durante la estación seca. Es posible, además, suponer que durante la estación seca la probabilidad de que las chachalacas respondan al playback es mayor. Esto puede deberse a que en esos meses aún no han iniciado actividades de cortejo o apareamiento, razón por la cual mantienen durante un mayor tiempo sus vocalizaciones de contacto (Gurrola 1985). Una vez que el período reproductivo (estación lluviosa) comienza, las chachalacas disminuyen su actividad vocal y dedican mayor tiempo al cuidado de los nidos, a la incubación de los huevos y cuidado de los pollos, disminuyendo su actividad vocal y su frecuencia de respuesta al playback, haciéndose menos evidentes y disminuyendo su detectabilidad. Por otro lado, dado que se utilizaron playbacks, las detecciones ocurrieron al escuchar chachalacas respondiendo a la distancia (Figura 20), las cuales debían ser ubicadas con ayuda de los binoculares. El follaje

de los árboles jugó un papel determinante, pues era menos complicado ubicar a las aves en la estación seca, cuando el dosel no poseía hojas que obstruyeran la vista de los observadores, que durante la estación de lluvias, donde el follaje era más denso, tanto que en algunos casos no fue posible ubicar a las chachalacas.

Una crítica a este método podría ser la sobreestimación de la densidad debido a que, al usar playbacks, se obtuvo un número de registros mayor al que se obtendría normalmente (sin el uso de estos), o porque se les está atrayendo hacia la posición del observador. Sin embargo, los datos de frecuencia y tipo de respuesta (Figura 18) apoyan la idea de que no siempre es posible obtener una respuesta conspicua al playback, pues solamente en 8 de 15 ocasiones se obtuvo como respuesta una vocalización que pudo ser escuchada a la distancia (*booms* y una especie de graznido intenso). Además, durante las observaciones de respuesta al playback, solamente en 1 de 10 ocasiones las chachalacas respondieron acercándose al observador. A esto hay que añadir que, durante los puntos de conteo, no siempre fue posible ubicar a las chachalacas en el dosel, debido a factores como distancia, follaje denso, o al cese de sus vocalizaciones antes de poder ser ubicadas. Es importante añadir que, a lo largo de todos los muestreos por puntos, solamente en 3 ocasiones las chachalacas respondieron acercándose al observador (la respuesta de las chachalacas consistía en ascender por la copa de los árboles para vocalizar), y estos registros no fueron utilizados en las estimaciones de densidad.

El ancho efectivo de banda (ESW) para transectos y el radio efectivo de detección (EDR) para puntos de conteo proveen una medida simple de la detectabilidad (Isaac *et. al.* 2011). Los datos de EDR obtenidos en este estudio (Figura 20) sugieren que se cubre una mayor área al utilizar playbacks como herramienta para el muestreo, pues fueron considerablemente mayores que los datos obtenidos por Bernardo *et. al.* (2011), por ejemplo. Ellos obtuvieron un ESW generalizado de 9.6 m para *Pipile jacutinga* en el Atlántico Brasileño. Como Jiménez *et. al.* (2003) mencionaron, las vocalizaciones pueden revelar la presencia de pavones ubicados a >100 m de distancia del observador. Los datos de ESW (Figura 20) obtenidos en este estudio confirman dicha afirmación. Por otro lado, las diferencias del EDR obtenidas entre sitios se pueden atribuir a la variación de la cobertura forestal; como se aprecia en la Figura 26 y la Figura 27, el EDR estuvo negativamente correlacionado con el porcentaje de cobertura forestal. Los hábitats difieren en estructura, y por ende la detectabilidad en cada hábitat varía (Newson *et al.* 2008). Así, una mayor cobertura forestal implica una mayor densidad de árboles, follaje y dosel, lo que a su vez implica una menor probabilidad de detectar individuos. En el caso de este estudio, los valores de R^2 muestran una tendencia del EDR a decaer conforme se incrementaba la cobertura forestal. Ahora bien, a pesar de que el valor de R^2 correspondiente a la estación lluviosa (0.45) es menor que el de la estación seca (0.76) y se aleja más de 1, es posible que este valor se incrementara si se hubiera

obtenido el EDR de Villa-Zapata (lo cual no fue posible dado el tamaño de muestra obtenido para ese sitio en la estación lluviosa).

En este estudio se registró un mayor número de individuos que en otros estudios de densidad poblacional de crácidos. Por ejemplo, Bertsch & Barreto (2008) realizaron estimaciones de densidad poblacional del paují de copete (*Crax daubentoni*) en el bosque estacional seco de los llanos centrales de Venezuela; realizaron muestreos por transectos de distancia variable a lo largo de 9 meses, obteniendo 93 registros y 113 individuos. Por otro lado, Bernardo *et. al.* (2011) realizaron muestreos de la pava yacutinga (*Pipile jacutinga*) de julio de 2002 a octubre de 2004 (2 años, 3 meses), estableciendo 76 transectos de distancia variable en 11 áreas de Bosque Lluvioso en Brasil, obteniendo 70 registros en total, con densidades diferentes para cada área. En este estudio, a lo largo de 89 puntos de conteo se obtuvieron 631 registros y 508 individuos para los 6 meses de muestreo. Aún, tomando en cuenta solamente los registros visuales obtenidos en este estudio (508 individuos distribuidos en 275 registros, detectados durante 3 meses de muestreo), la diferencia sigue siendo importante. Si bien las dos especies anteriormente mencionadas se caracterizan por sus bajas abundancias y por una menor tolerancia a la perturbación del hábitat (del Hoyo *et. al.* 1997), los resultados aquí obtenidos sugieren que el uso de playbacks durante los muestreos puede ser una herramienta efectiva para el muestreo de crácidos. En ambas estaciones se obtuvieron más registros auditivos que visuales (Figura 15), debido a que al utilizar

playbacks se cubría un mayor radio de detección que utilizando solamente la vista para encontrarlas, lo que aseguró un mayor número de detecciones.

Densidad poblacional

Dado que en este trabajo se decidió implementar el uso de playbacks en los puntos de conteo, una crítica puede ser que los supuestos del método de muestreo de distancias no fueron cumplidos. Sin embargo, (1) siempre se detectó a los individuos que se encontraban sobre el punto de conteo, (2) las distancias fueron medidas con exactitud mediante el uso de telémetros, y se aseguró que los registros fueron independientes descartando los registros que pudieran ser el mismo individuo, esto con ayuda de los datos de dirección y distancia. Uno de los supuestos que podrían no ser cumplidos al usar playbacks es que los individuos no sean detectados en su posición original; sin embargo, nunca se notó un cambio en la intensidad de las vocalizaciones que sugiriera que las chachalacas se alejaban o se acercaban al observador, además de que los 3 individuos que se acercaron al observador no fueron incluidos en los análisis de densidad. Adicionalmente, en los casos en que fue posible observar la respuesta de las chachalacas al playback, se observó lo siguiente: al escuchar el playback, las chachalacas subían por el árbol hasta las copas, desde donde comenzaban a vocalizar.

Otra crítica a este trabajo podría ser, como se mencionó anteriormente, que se sobreestimó la densidad debido a que se detectaron todas las chachalacas

presentes en el sitio, sin embargo, esto no ocurrió. En primer lugar, los datos de frecuencia y tipo de respuesta (Figura 18) muestran que las chachalacas respondían al playback solamente en 8 de 15 ocasiones (50%), y de estas 8 ocasiones, solamente en 6 respondieron con *booming* (40%), la cual era la vocalización escuchada en campo, durante los muestreos por puntos. Adicionalmente, durante estos muestreos, no en todas las ocasiones fue posible ubicar las chachalacas que respondían al playback, y los 3 individuos que se acercaron al observador no fueron tomados en cuenta para las estimaciones de densidad.

Dentro de la literatura, existe un solo estudio de densidad poblacional de *O. poliocephala* contra el cual comparar este trabajo. Parra (2010) estimó las densidades de esta especie en tres distintos sitios del estado de Michoacán, a lo largo de 5 estaciones (Tabla 9). Los valores de densidad obtenidos en el presente estudio fueron considerablemente mayores a los obtenidos por Parra (2010). Dado que *O. poliocephala* está asociada principalmente a bosques tropicales deciduos (del Hoyo *et. al.* 1994), las diferencias en las densidades obtenidas pueden deberse a las diferencias en las vegetaciones de cada área de estudio; Parra tuvo sitios de muestreo en un gradiente de vegetaciones templadas (bosques de pino y pino-encino) y tropicales (BTC), mientras que en el presente trabajo el área de estudio es completamente tropical, fuertemente representada por BTC. Por otro lado, Schmitz-Ornés (1999) estimó densidades poblacionales de *Ortalis ruficauda* en diferentes tipos de vegetación/uso del suelo, durante la mañana y la tarde, en el norte de

Venezuela. En la Tabla 10 se muestran las densidades obtenidas en su estudio. Al comparar sus densidades de vegetación natural contra las obtenidas en este estudio para la EBCh, es evidente que las densidades fueron mayores en esta última. Tanto Schmitz-Ornés (1999) como Parra (2010) obtuvieron densidades mucho menores a las obtenidas en este estudio; si bien ambos estudios fueron llevados a cabo en ambientes diferentes al BTC de la región de Chamela, otra causa posible de estas diferencias puede ser el método utilizado, pues ninguno de estos autores utilizó el muestreo de distancias, por lo que sus densidades pudieron ser subestimadas, posiblemente porque, al no utilizar un estímulo como playbacks, la dificultad de detectar a los individuos en la vegetación y a la distancia era mayor.

Tabla 9. Densidades poblacionales estimadas por Parra (2010) para *O. poliocephala* en diferentes localidades de Michoacán.

| Estación y año de muestreo | Densidad (ind/ha) en cada localidad | | |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------|
| | Plan de Armas | San José de los Pinos | Los Pozos |
| Secas 2007 | - | - | 0.0003 |
| Lluvias 2007 | 0.00217 | 0.0053 | - |
| Secas 2008 | 0.00096 | 0.0064 | 0.0002 |
| Lluvias 2008 | 0.00057 | 0.00227 | 0.02022 |
| Secas 2009 | 0.0517 | 0.0058 | 0.0126 |

Tabla 10. Densidades poblacionales estimadas por Schmitz-Ornés (1999) para *O. ruficauda* en diferentes hábitats del norte de Venezuela.

| Tipo de vegetación/uso del suelo | Densidad (ind/ha) | |
|----------------------------------|-------------------|-------|
| | Mañana | Tarde |
| Natural | 0.49 | 0.3 |
| Agrícola-forestal | 0.68 | 0.48 |
| Urbano-forestal | 0.21 | 0.16 |
| Agrícola | 0.02 | 0 |
| Urbano | 0 | 0 |

Al comparar los intervalos de confianza de las densidades obtenidas en este estudio (Figura 19) se puede apreciar que hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las densidades poblacionales obtenidas en la ECBh y el resto de los sitios de muestreo. Al realizar los análisis exploratorios de las imágenes satelitales, no se notó fragmentación alguna, por lo que se asumió que el porcentaje de cobertura forestal era del 100%. Esto evidencia la poca o nula perturbación del hábitat que había en la ECBh. Las densidades obtenidas en este sitio de muestreo se atribuyen a dicho estado de conservación, dada la importancia de la cobertura arbórea para la alimentación, refugio y anidación de las chachalacas.

De acuerdo con el solapamiento de los intervalos de confianza, no hubo diferencias significativas entre las densidades de secas y lluvias obtenidas para cada sitio de muestreo, a excepción del Rancho Zarco y San Mateo; en ambos hubo una menor densidad en secas que en lluvias. El Rancho Zarco poseía dos tipos de vegetación/uso del suelo: BCT primario que rodeaba al uso pecuario. Por otro lado, en San Mateo había BTC secundario y uso pecuario; el patrón de menor densidad poblacional en secas estos sitios puede deberse al hecho de que las chachalacas preferían el BTC primario y secundario en lluvias (Tabla 3 y Tabla 4); el primero rodeaba al uso pecuario presente en el Rancho Zarco, mientras que el segundo se entremezclaba con el uso pecuario en San Mateo.

Hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las densidades estimadas para la estación seca y lluviosa del BTC primario, y el mismo patrón se

repite para el BTC secundario (Figura 21). Esto se atribuye al menor número de registros obtenidos durante la estación lluviosa por efecto de la cobertura del follaje y del comportamiento menos evidente de las chachalacas durante esta estación. Es importante mencionar que, durante la estación seca, se obtuvieron densidades similares para el BTC primario y la EBCh, el sitio con la menor perturbación y totalmente representado por BTC primario. Como se esperaba, la densidad fue mayor en el BTC primario y secundario que en los demás tipos de vegetaciones/usos de suelo, esto se debe a que las chachalacas son aves de hábitos arbóreos, que utilizan los árboles como sitios de refugio, anidación, descanso y resguardo (Gurrola 1985), condiciones que los sitios de uso de suelo agrícola, pecuario y de vegetación hidrófila les proporcionaban en menor medida que los BTC.

Puntos de conteo con playback vs transectos

Algunos autores habían sugerido el uso de pistas auditivas para detectar a otras especies de crácidos (Jiménez *et. al.* 2003, Baldo & Mennill 2011). Como se puede ver en la Figura 23, se obtuvo un mayor número, tanto de registros como de individuos, mediante los puntos de conteo con playback que mediante transectos, lo que deriva en intervalos de confianza más cortos para la densidad estimada mediante puntos de conteo, y por ende, una estimación de densidad más precisa. Como se aprecia en la Figura 22, existe un solapamiento entre los intervalos de 84% de confianza

obtenidos por ambos métodos, por lo que podemos inferir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las densidades estimadas. A pesar de esto, la diferencia entre la abundancia de chachalacas estimada por ambos métodos es considerable; tomando en cuenta la extensión de la RBCC (63,950 ha), la abundancia estimada mediante los puntos de conteo con *playbacks* sería de 70,345 individuos, mientras que la estimación mediante transectos sería de 102,320 individuos. Es decir, habría una diferencia de 31,975 individuos. Aquí radica la importancia de la obtención de un tamaño de muestra mayor; se obtuvo una estimación de densidad más precisa, tomando en cuenta la amplitud de los intervalos de confianza, mediante el uso de puntos de conteo y *playbacks*, que mediante transectos.

Al comparar los EDR y ESW de las densidades obtenidas para la región de Chamela se aprecia una diferencia evidente entre ellos (Figura 25); el EDR fue aproximadamente cuatro veces mayor (67 m) al ESW (16 m). Lo anterior implica que añadiendo *playbacks* a los puntos de conteo se cubre un área mayor, por lo que se puede decir que la superficie muestreada es mayor que con transectos. Además, una ventaja adicional es el esfuerzo invertido en términos de unidades de muestreo y de distancia a recorrer; se podría establecer una serie de puntos de conteo con *playbacks* a lo largo de un transecto, en vez de establecer varios transectos. En el caso de *O. poliocephala*, el añadir *playbacks* a los puntos de conteo conlleva las siguientes ventajas: (1) mayor tamaño de muestra, (2) menores intervalos de

confianza (mayor certeza del valor de densidad), (3) mayor distancia a la que se detectan las chachalacas y, por ende, (4) mayor superficie muestreada, y menor esfuerzo de muestreo.

Uso y preferencias de hábitat

A lo largo de los muestreos, se obtuvo un mayor número de registros de chachalacas en ambos tipos de BTC, tanto conservado (170 registros) como secundario (305 registros) que cualquier otro tipo de vegetación o uso de suelo. De hecho, aun sumando los registros del uso de suelo agrícola, pecuario, zonas urbanas y vegetación hidrófila (156 registros) no se igualaría el número de registros del BTC primario. Esto podría deberse a que (1) existe una mayor disponibilidad de ambos tipos de BTC que de los demás hábitats, y a que las chachalacas están distribuidos al azar en ellos, o (2) a que las chachalacas están prefiriendo ambos BTC. Es por esto por lo que se elaboraron intervalos de confianza de Bonferroni; para determinar si, en efecto, hubo un mayor número de registros de chachalacas en los BTC porque éstas los preferían sobre los otros hábitats, o simplemente porque los BTC cubrían una mayor superficie que los demás hábitats. Al observar las proporciones de cobertura en la Tabla 3 y la Tabla 4, se aprecia que, en efecto, ambos tipos de BTC cubrían una mayor extensión que los demás hábitats, pero esta diferencia no era tan marcada como en el caso del número de registros. Los intervalos de confianza de Bonferroni respondieron la pregunta: en efecto, las chachalacas preferían ciertos

hábitats y evitaban otros; durante la estación seca preferían el BTC secundario, evitaban el agrícola, pecuario y zonas urbanas, y usaban el BTC primario y la vegetación hidrófila de manera similar a lo esperado por azar. Por otro lado, durante la estación lluviosa prefirieron ambos tipos de BTC, evitaban los mismos hábitats que en la estación seca, y usaban la vegetación hidrófila de manera similar al azar.

Los intervalos de Bonferroni muestran que las chachalacas preferían solamente el BTC secundario durante la estación seca, mientras que en lluvias prefirieron tanto el secundario como el conservado. Esta diferencia en el uso de este hábitat puede atribuirse a lo siguiente: las chachalacas son aves de hábitos arbóreos cuyo período de anidación y cuidado de huevos y pollos ocurre durante la estación lluviosa (Gurrola 1985). En esta estación se vuelven más importantes los hábitats cuya cobertura forestal ofrezca mayor disponibilidad de alimento, sitios de anidación, y refugio. Así, en la estación seca prefirieron el BTC secundario porque los recursos que les ofrecía eran suficientes para sobrevivir (alimento, descanso y refugio), mientras que en la estación lluviosa prefirieron tanto el BTC secundario como el primario, porque además de la disponibilidad de alimento, requerían sitios de anidación y refugio que para el cuidado de nidos, huevos y pollos.

La tolerancia de las chachalacas hacia hábitats perturbados o abiertos está bien documentada (del Hoyo et. al. 1994, Howell & Webb 1995, Boges 1999), e inclusive algunos autores han sugerido que la perturbación del hábitat les es beneficioso; Brooks & Fuller (2006) mencionan que las chachalacas prosperan en bosques

secundarios, mientras que Porras & Arriaga (1981) y Ocampo (1981) sugirieron que las chachalacas aparentemente ganan espacio vital con la destrucción de bosques primarios, y notaron que la chachalaca enana (*Ortalis motmot*) habita áreas cultivadas. En este estudio, *O. poliocephala* evitaba los hábitats agrícola, pecuario y zonas urbanas en ambas estaciones, mientras en secas prefería el BTC secundario y en lluvias prefería ambos tipos de BTC. Este hecho pone en evidencia dos cosas; (1) en efecto, *O. poliocephala* puede registrarse en hábitat abiertos o perturbados, por lo que es tolerante a la perturbación, sin embargo, (2) su persistencia se verá mediada por el hecho de que dichos hábitats perturbados se encuentren rodeados o conectados con zonas de bosque, pues aunque esporádicamente puedan hacer uso de zonas agrícolas o pecuarias (para alimentarse o como sitio de paso), son aves de hábitos arbóreos (del Hoyo *et. al.* 1994); se alimentan, descansan y elaboran sus nidos en el dosel. La preferencia de las chachalacas por el BTC primario probablemente está relacionada con el hecho de que este hábitat ofrecía sitios de anidación durante la estación lluviosa, pues como se mencionó anteriormente, es en esta época del año cuando las chachalacas se dedican al cuidado de nidos y pollos (Gurrola 1985), por lo que las zonas arboladas cobraban una importancia aún mayor como sitios de refugio.

Fragmentación

Todos los sitios exhibieron diferentes grados de fragmentación (e.g. diferente número, densidad, tamaño promedio, y distancia entre fragmentos), tanto para la estación seca como para la lluviosa. Sin embargo, no se observó un patrón de interacción constante entre los parámetros de fragmentación y la densidad poblacional. En el caso de la estación seca, solamente el EDR y el porcentaje de cobertura forestal mostraron un valor de R^2 cercano a 1 ($R^2 = 0.76$). En el caso de la estación lluviosa, por otro lado, la correlación entre la densidad poblacional y el porcentaje de cobertura forestal mostró un valor de $R^2 = 0.63$, mientras que para la correlación entre el EDR y el porcentaje de cobertura forestal fue de $R^2 = 0.45$.

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los valores de densidad poblacional de los sitios fuera de la RBCC, sin embargo, sí la hubo entre las densidades poblacionales de la ECBh y los demás sitios. Además, a lo largo de los muestreos, las chachalacas utilizaron los fragmentos como se esperaría por azar, no importando su tamaño. Entonces, (1) si no hubo un patrón de correlación entre los parámetros de fragmentación y la densidad poblacional, (2) si entre los sitios fragmentados no hubo densidades poblacionales con diferencias estadísticamente significativas, y (3) si las chachalacas usaron indistintamente fragmentos de diferente tamaño, podemos suponer que la disminución en la densidad poblacional de *O. poliocephala* no depende de los parámetros de fragmentación utilizados en este estudio, sino de otros factores asociados a ella, como pérdida de densidad de árboles, pérdida de sotobosque, menor disponibilidad

de recursos alimenticios, de sitios de anidación y de refugio, o mayor presión de depredación y de cacería.

La ausencia de correlación entre los parámetros de fragmentación y la densidad poblacional puede deberse a la influencia de la RBCC; ninguno de los sitios estuvo suficientemente alejado de ella, ni lo suficientemente fragmentado como para que se encontrara una relación entre la fragmentación y las densidades poblacionales. Los datos sugieren que, en los sitios de muestreo, las chachalacas pueden persistir en hábitats perturbados siempre y cuando haya zonas arboladas en ellos. Durante los recorridos de muestreo, en ocasiones se observó a las chachalacas desplazándose entre fragmentos con relativa facilidad, tanto por el dosel, como por el suelo, aunque no se tomaron datos de la frecuencia con la que se les observó realizando estos movimientos. De manera adicional, la escala a la que se realizó el estudio (escala local, a nivel de la costa de Chamela) puede no ser lo suficientemente grande como para reflejar los efectos de la fragmentación sobre sus poblaciones. Por otro lado, es probable que la distancia a la que los parches se encontraban uno del otro no fuera lo suficientemente grande como para impedir la dispersión de las chachalacas a lo largo de los sitios de muestreo (Tabla 5 y Tabla 6).

CONCLUSIONES

Hubo una diferencia estadísticamente significativa entre la densidad poblacional de *O. poliocephala* estimada para la EBCh, y la estimada para el resto de los sitios de muestreo. Además, hubo una diferencia estadísticamente significativa entre la densidad estimada para el BTC primario y el resto de los tipos de vegetación/uso de suelo. Podemos concluir que la densidad poblacional en la RBCC fue mucho mayor en los sitios bien conservados que en los que muestran algún grado de perturbación. Por otro lado, sólo hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las densidades de la estación seca y las de la estación lluviosa del Rancho Zarco y San Mateo.

A lo largo de los muestreos de la estación seca, las chachalacas mostraron una preferencia por el BTC secundario, mientras que evitaban el uso de suelo agrícola, pecuario y las zonas urbanas. El BTC primario y la vegetación hidrófila fueron usados como se esperaría por azar.

A lo largo de los muestreos de la estación lluviosa, las chachalacas prefirieron ambos tipos de BTC, tanto primario como secundario, mientras que los usos de suelo agrícola, pecuario y las zonas urbanas fueron evitados, y la vegetación hidrófila fue utilizada de manera similar a lo esperado por azar.

Se ha documentado la tolerancia de las chachalacas a la perturbación del hábitat. En este estudio se sugiere que existe dicha tolerancia, pues se registraron chachalacas en sitios y hábitats perturbados, además de que el BTC en la RBCC no está lo suficientemente fragmentado como para influir en las densidades poblacionales. Sin embargo, *O. poliocephala* mostró cierta vulnerabilidad a la perturbación, pues hubo una diferencia estadísticamente significativa entre la densidad poblacional de los sitios o hábitats conservados, y la densidad de los sitios o hábitats perturbados. Esto aunado a los resultados del análisis de Bonferroni, el cual mostró una menor proporción en el uso de dichos hábitats perturbados.

Dado que las estimaciones de densidad fueron estadísticamente mayores en la Estación Chamela y el bosque tropical caducifolio primario, y dadas las preferencias de hábitat, los resultados de este estudio sugieren que las chachalacas son vulnerables a la perturbación, contrario a la tolerancia que se ha reportado en estudios previos. Además, el adicionar playbacks a los puntos de conteo puede ser una herramienta efectiva para su muestreo, y este método podría ser implementado en situaciones en las que los recursos de los observadores sean limitados.

LITERATURA CITADA

1. American Ornithologist's Union. 1998. Checklist of North American birds. 7th ed. American Ornithologist's Union, Washington, D.C., USA.
2. Baldo, S. & Mennill, D. J. 2011. Vocal behavior of Great Curassows, a vulnerable neotropical bird. *J. Field Ornithol.* 82(3): 249-258.
3. Berlanga, G., H. A. 1991. Las aves frugívoras de Chamela, Jalisco. Su recurso vegetal y su papel en la dispersión de semillas. Tesis de licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.
4. Bernardo, C. S. S., P. Rubim, R. S. Bueno, R. A. Begotti, F. Meirelles, C. I. Donatti, C. Denzin, C. E. Steffler, R. M. Marques, R. S. Bovendorp, S. K. Gobbo & M. Galetti. 2011. Density estimates of the Black-Fronted Piping Guan in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Wilson J. Ornithol.* 123(4): 690-698.
5. Bertsch, C. & G. R. Barreto. 2008. Abundancia y área de acción del Paují de copete (*Crax daubentoni*) en los llanos centrales de Venezuela. *Ornitol. Neotrop.* 19: 287-293.
6. Bibby, C. J., N. D. Burgess, D. A. Hill, & S. H. Mustoe, 2000. Bird census techniques. 2nd ed. Academic Press, London, U. K.
7. Borges, S. H. 1999. Relative use of secondary forests by cracids in Central Amazonia. *Ornitol. Neotrop.* 10: 77-80.

8. Brooks, D. M. & S. D. Strahl. 2000. Curassows, guans and chachalacas. Status survey and conservation action plan for cracids 2000-2004. IUCN/SSC Cracid Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
9. Brooks, D. M. & R. A. Fuller. 2006. Pp. 13 *in* Brooks, D. M. & L. Cancino (eds). *Conservando Crácidos: La familia de aves más amenazada de las Américas*. Misc. Publ. Houston Mus. Nat. Sci., No. 6., Houston, Texas.
10. Brush, H. T. 2009. Great curassow and crested guan near Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico. *Cracid Specialist Group Bulletin*. 27: 16-20.
11. Buckland, S. T.; D. R. Anderson, K. P. Burnham, & J. L. Laake. 1993. *Distance sampling: Estimating abundance of biological populations*. Chapman and Hall, New York, USA.
12. Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers & L. Thomas. 2001. *Introduction to distance sampling*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
13. Bullock, S. H. & J. A. Solis-Magallanes. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest on Mexico. *Biotropica*. 22: 22-35.
14. Bullock, S. H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the South Coastal region of Mexico. *Arch. Met Geoph. Biocl., Ser. B*. 36: 297-316.
15. Burnham, K. P., D. R. Anderson, & J. L. Laake. 1980. *Estimating density from line transect sampling of biological populations*. Wildlife Monographs.

16. Byers, C. R., Steinhorst, R. K., & Krausman, P. R. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *J. Wildl. Manage.* 48(3): 1050-1053.
17. Carneiro, A. P. B., Jiménez, J. E., & White Jr., T. H. 2012. Post-fledling habitat selection by the Slender-Billed Parakeet (*Enicognathus leptorhynchus*) in a fragmented agricultural landscape of Southern Chile. *Condor.* 114(1): 166-172.
18. Ceballos, G. 1995. Conserving neotropical biodiversity: the role of dry forests in western Mexico. *Conserv. Biol.* 9 (6): 1349-1356.
19. Ceballos, G., A. Szekely, A. García, P. Rodríguez, & F. Noguera. 1999. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). D.F. México.
20. Cherry, S. 1996. A comparison of confidence interval methods for habitat use-availability studies. *J. Wildl. Manage.* 60(3):653-658.
21. del Hoyo, J., A. Elliot & J. Sargatal. 1994. Handbook of the birds of the world, Vol. 2. New World Vultures. Lynx Editions. Barcelona, España.
22. Desbiez, A. L. J. & C. S. S. Bernardo. 2011. Density estimates of the Bare-faced Curassow (*Crax fasciolata*) in the Brazilian Pantanal. *Rev. Bras. Ornitol.* 19(3): 385-390.

23. Fuller, R. A., P. Akite, J. B. Amuno, C. L. Fuller, J. M. Ofwono, G. Proaktor, & R. Ssemmanda. 2012. Using playback of vocalizations to survey the Nahan's francolin, a threatened African forest Galliform. *Ostrich*. 83(1): 1-6.
24. García-Oliva, F., A. Camou, & J. M. Maass. 2002. El clima de la región central de la costa del Pacífico mexicano. Pp. 3-10 En Noguera F. A., J. H. Vega-Rivera, A. N. García-Aldrete, & M. Quesada (eds). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.
25. González-García, F., D. M. Brooks, & S. D. Strahl. 2001. Estado de conservación de los crácidos en México y Centroamérica. *In* Brooks, D. M. & F. García-González (eds). *Cracid Ecology and conservation in the new millenium*. Misc. Publ. Houson Mus. Nat. Sci.
26. Gurrola, H. M. A. 1985. Hábitos de alimentación, reproducción y comportamiento de la Chachalaca (*Ortalis policephala policephala* Aves: Cracidae) en la región costera de Chamela, Jalisco. Tesis de Licenciatura (Biología). México, D. F. Facultad de Ciencias, UNAM.
27. Hale, A. M. 2006. Group living in the black-breasted wood-quail and the use of playbacks as a survey technique. *Condor*. 108: 107-119.
28. Hayes, F. E.; Shameerudeen, C. L.; Sanasie, B.; Hayes, B. D.; Ramjohn, C. L. & Lucas, F. B. 2009. Ecology and behavior of the critically endangered Trinidad piping-guan *Aburria pipile*. *Endanger. Species Res.* 6: 223-229.

29. Howell, S.N.G. & S. Webb. 1995. A Guide to the birds of México and Northern Central America. Oxford University Press, NY.
30. Hutto, R. L., Pletschet, S. M. & Hendricks, P. 1986. A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *Auk*. 103(3): 593-602.
31. Instituto Nacional de Estadística, Geografía en Informática. 2012. Guía para la interpretación de cartografía: Uso de suelo y vegetación: Escala 1:25,000: Serie IV. México. 126 p.
32. Isaac, N. J. B., Cruickshanks, K.L., Weedle, A. M., Rowcliffe, J. M, Brereton, T. M., Dennis, R. L. H., Shuker, D. M. & Thomas, C. D. 2011. Distance sampling and the challenge of monitoring butterfly populations. *Methods Ecol. Evol.* 2(6): 585-594.
33. Janzen, D. H. & Schoener, T. W. 1968. Differences in insect abundance and diversity between wetter and drier sites during tropical dry season. *Ecology*. 49: 96-110.
34. Klump, G. M. & Shalter, M. D. 1984. Acoustic behavior of birds and mammals in the predator context. *Z. Tierpsychol.* 66: 189-226.
35. Legault, A.; Vivien, C.; Theuerkauf, J.; Rouys, S. & Barré, N. 2011. Large-scale habitat selection by parrots in New Caledonia. *J. Ornithol.* 152: 409-419.
36. Lott E.J. 1985. La Estación de Biología Chamela, Jalisco. Listado Florísticos de México III. Instituto de Biología, UNAM. México.

37. MacGregor-Fors, I. & Payton, M. E. 2013. Contrasting diversity values: Statistical inferences based on overlapping confidence intervals. PLoS ONE. 8(2): e56794.
38. Magde, S. & McGowan, P. 2002. Pheasants, partridges and grouse – A guide to the Pheasants, Partridges, Quails, Grouse, Guineafowl, Buttonquails, and Sagegrouse of the world. Helm Identification Guides. Christopher Helm, London.
39. Mandujano, S.; Gallina, S. & Bullock, S. H. 1994. Frugivory and dispersal of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) in a tropical deciduous forest in Mexico. Rev. Biol. Trop. 42(1/2): 107-114.
40. Marques T. A., Buckland S. T., Bispo R. & Howland B. 2013. Accounting for animal density gradients using independent information in distance sampling surveys. StatMethods Appl. 22:67-80.
41. Martin, T. E. & J.R. Karr. 1986. Temporal dynamics of neotropical birds with special reference to frugivores in second-growth woods. Wilson Bull. 98:38-60.
42. McGarigal, K., Cushman S. A. & Ene E. 2012. FRAGSTAST v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: <http://umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

43. Muñoz M. C., Ríos M. M. & Kattan G. 2007. Food habits of the Cauca Guan (*Penelope perspicax*): exploitation of a novel food source in times of scarcity. *Condor*. 109: 841-851.
44. Murphy P. G. & Lugo A. E. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. *Ann. Re. Ecol. Sist.* 17:67-88.
45. Naiman, R. J. 1988. Animal influences on ecosystem dynamics. *BioScience*. 38(11):750-752.
46. Navarro A. G. & Peterson A. T. 2007. *Ortalis poliocephala* (chachalaca pálida) residencia permanente. Distribución potencial, escala 1:1000 000. Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, University of Kansas, Museum of Natural History, México.
47. Neu, C. W.; Byers, C. R. & Peek, J. M. 1974. A technique for analysis of utilization- availability data. *Journal of Wildlife Management*. 38(3): 541-545.
48. Newson S. E., Evans K.L., Noble D.G., Greenwood J.J.D. & Gaston K.J. 2008. Use of distance sampling to improve estimates of national population sizes for common and widespread breeding birds in the UK. *J. Appl. Ecol.* 45:1330-1338.
49. Ocampo, C. 1981. General remarks on cracids in Colombia. Pp. 161 *in* Memorias del primer simposio internacional de la familia Cracidae. Univ. Nacional Autónoma de México, Cocoyoc, Morelos, México.
50. Parra N., K. P. 2010. Distribución, ecología y abundancia relativa de dos especies de crácidos en la región del bajo balsas, Michoacán. Tesis de

Licenciatura (Biología) Morelia, Michoacán. México. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

51. Payton, M. E., Greenstone, M. H. & Schenkerk, N. 2003. Overlapping confidence intervals or standard error intervals: What do they mean in terms of statistical significance? *J. Insec. Sci.* 3: 34.
52. Peterson, A. T.; Sánchez-Cordero, V.; Soberón, J.; Bartley, J.; Buddemeier, R. & Navarro-Sigüenza, A. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecol. Model.* 144: 21-30.
53. Porras, J., & I. Arriaga. 1981. Aspects of the conservation of cracids in Venezuela. Pp.116-155 *in* Memorias del primer simposio internacional de la familia Cracidae. Univ. Nacional Autónoma de México, Cocoyoc, Morelos, México.
54. Poulin, B., G. Lefebvre, & R. McNeil. 1994. Feeding guild characteristics and species diet variation in birds of three adjacent tropical sites. *Biotropica.* 26:187-197.
55. QGIS Development Team. 2013. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>
56. Ríos, M. M.; Londoño, G. A. & Muñoz, M. C. 2005. Densidad poblacional e historia natural de la pava negra (*Aburria aburri*) en Colombia. *Ornitol. Neotrop.* 16: 205-217.

57. Rosenstock, S. S.; Anderson, D. R.; Giesen, K. M.; Leukering, T. & Carter, M. F. 2002. Landbird counting techniques: current practices and an alternative. *Auk*. 119 (1): 46-53.
58. Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ª edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
59. Schmitz-Ornés, A. 1999. Vulnerability of rufous-vented chachalacas (*Ortalis ruficauda*) to man-induced habitat alterations in Northern Venezuela. *Ornitol. Neotrop.* 10: 27-34.
60. Soldatini, C.; Albores-Barajas, V. & Pellizzi, B. 2010. Habitat preferences of high- altitude Galliformes in Sagamatha National Park, Nepal. *Ital. J. Zool.* 77 (3): 347-353.
61. Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.* 18 (1): 1-35.
62. Strahl, S. D., & J. L. Silva. 1997b. Census methods for cracid populations. Pp. 26-33 *in* Strahl, S. D., S. Beaujon, D. M. Brooks, A. J. Begazo, G. Sedaghatkish, & F. Olmos (eds.). *The Cracidae: their biology and conservation*. Hancock House Publ., Washington, D.C.
63. Trejo V., I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones geográficas (Mx)*. 39: 40-52.
64. Trejo V. & Dirzo, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biol. Conserv.* 94:133-142.

65. UNESCO. 2005.
(<http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?mode=all&code=MEX+19>[04/03/2015 06:08:40 p.m.]
66. van Niekerk, J. H. 2010. Vocal behaviour of Crested Francolin *Dendroperdix sephaena* in response to playbacks calls. *Ostrich*. 81(2): 149-154.
67. van Niekerk, J. H. 2012. Vocal behaviour of the Orange River Francolin *Scleroptila levaillantoides* based on visual and sound-playback surveys. *Ostrich*. 83(3): 147-152.
68. Xeno-Canto Foundation. 2013. "*Ortalis poliocephala*". Disponible en http://www.xeno-canto.org/browse.php?species_nr=&query=ortalis+poliocephala. Fecha de consulta: 11 de febrero de 2013.

ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Arroyo Seco





Estación de Biología Chamela







Pérula





Ranchitos



Rancho Zarco



San Mateo



Río Cuixmala





Ejidos Francisco Villa y Emiliano Zapata



Xametla



ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN Y USOS DE SUELO

Bosque Tropical Caducifolio primario



Bosque Tropical Caducifolio secundario y uso pecuario



Vegetación hidrófila

