UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO SUSTENTABLE DE BIORRECURSOS Y MEDIO AMBIENTE

Tesis de Grado para la obtención del Título de Magíster en Ciencias: Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente

SIMILITUD BIOGEOGRÁFICA Y ECOLOGÍA DE LAS COMUNIDADES DE ANUROS EN EL OCCIDENTE DE ECUADOR

LUIS AMADOR

GUAYAQUIL – ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Mgs. Dialhy Coello Salazar

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MSc. Jaime Salas Zambrano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MSc. William Sánchez Arízaga

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MSc. Telmo Escobar Troya

DIRECTOR DE MAESTRÍA

Dra. Carmita Bonifaz de Elao, MSc.

DECANA

DEDICATORIA

A Mayra García, Dharma y Gael Amador.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas las personas e instituciones que de alguna manera han contribuido intelectual, física y económicamente desde el año 2005 cuando fui por primera vez a Loma Alta, hasta las últimas salidas a Cerro Blanco y Dos Mangas.

Agradezco sobremanera a Juan Manuel Guayasamín por aceptar ayudarme, por la paciencia y guía desinteresada en colaborar con este trabajo; muchas gracias por todo. Un agradecimiento especial a Jaime Salas y Ma. Del Carmen Terán por sus valiosos comentarios a este trabajo.

A Carlos C. Martínez-Rivera por invitarme a participar en las primeras salidas de campo para la caracterización de la Reserva Comunal Loma Alta (RECLA). A Betty Salvatierra por todo su apoyo durante mi tiempo como profesor asistente de Zoología de Vertebrados y Morfología Animal en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. A Carmen Bonífaz de Elao por su ayuda durante mis estudios en la Maestría. A Luis Muñiz, Roberto Retamales, Mario Yánez-Muñoz y Diego Páez-Moscoso por sus consejos y colaboración en la presentación de datos y resultados preliminares de esta investigación. A Telmo Escobar y Fabiola por las gestiones en la administración del Programa de Maestría. A mis amigos y compañeros de clases, especialmente a mi grupo de trabajo: Alejandra, Jorge, David, Paul, Adrián y Diego.

A mis amigos Jorge Ortega, David Almeida por su apoyo en el campo durante las primeras salidas, de igual forma a Keyko, Jennifer, Tania, Byron, Edwin, Manuel y Jaime por la colaboración en varias de las salidas a las diferentes localidades, sin ustedes el trabajo no hubiera sido posible y mucho menos divertido. A Paúl Cun de ProBosque por su atención y ayuda en Cerro Blanco, a la gente de Cantalapiedra y Dos Mangas, gracias por su guía; quiero agradecer a la gente de la RECLA quienes cuidan su bosque con una devoción que conmueve y agradezco especialmente a Don Alejandro Ramírez quien nos llevó en nuestro primer viaje a la reserva y pudimos conocer ese fantástico lugar.

Un agradecimiento especial Jorge Torres Prieto Rector de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte-ULVR y al personal del Departamento de Investigación (DICTI) de la ULVR por todo el apoyo.

Por último pero no menos importante, agradezco a mis padres, a mis hermanos, a mis abuelos por estar siempre a mi lado. Gracias a mi esposa Mayra y a mi pequeña y hermosa hija Dharma (por ser mi inspiración) por todo su amor, paciencia y apoyo constante.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Objetivos 3
Objetivo General 3
Objetivos Específicos 4
1.2. Hipótesis 4
2. REVISIÓN DE LITERATURA 5
2.1. Actualidad Científica 5
2.2. Diversidad 5
2.3. Endemismo 6
2.4. Conservación 7
2.5. Distribución 8
3. MATERIALES Y MÉTODOS 9
3.1. Descripción del área de estudio 9
Localidades de estudio 10
Ecosistemas presentes en la CCHC 12
3.2. Obtención y Procesamiento de Datos 14
Muestreo 14
Revisión de literatura y colecciones 16
Variables a estudiar 18
Medición de las Variables 18
Tratamiento estadístico, pruebas y programas empleados 20
4. RESULTADOS 22
4.1. Fase de Campo 22
Semejanzas en las distribuciones 28
4.2. Comunidades de anuros 32
Especies representativas 34
Endemismo 38
Variación espacial 39

4.3. Análisis Biogeográfico 39
Similitud Biogeográfica en el occidente de Ecuador 40
Biogeografía cladística 47
Uso de Micro-hábitat y tiempo de actividad 49
Estado de Conservación 52
5. DISCUSIÓN 53
6. CONCLUSIONES 56
7. RECOMENDACIONES 57
7.1. Investigación futura 57
8. LITERATURA CITADA 59
9. ANEXOS 69

Índice de figuras

Figura 1. Sectores biogeográficos de Ecuador, en el círculo rojo se muestra a la CCPE. 10
Figura 2. Imagen de la Cordillera Chongón Colonche (sombreada) y las cuatro localidades de estudio. Cerro Blanco (amarillo), Dos Mangas (rojo), Loma Alta (azul) y Cantalapiedra (verde). 11
Figura 3. Diferentes tipos de ecosistemas encontrados en las cuatro localidades. 13
Figura 4. Perfiles altitudinales de las localidades muestreadas en la CChC. 14
Figura 5. Número de especies de anfibios-anuros por familia registradas. 22
Figura 6. Curva de abundancia de especies en localidades de la CChC. 24
Figura 7. Curvas de rarefacción para las cuatro localidades de estudio en la CChC. ... 24
Figura 8. Valores del índice de Shannon-Wiener (*H'*) (puntos) de acuerdo a la riqueza y abundancia de especies para cada localidad analizada. 25
Figura 9. Dendograma de similitud de Jaccard de la fauna de anfibios registrada en las cuatro localidades de la CChC. 27
Figura 10. Diversidad de especies de anfibios de acuerdo a la formación vegetal. 33
Figura 11. Algunas especies registradas en la CChC. A) Rhinella marina (Cerro Blanco), B) Espadarana prosoblepon (Loma Alta), C) Ceratophrys stolzmanni (Loma Alta), D) Pristimantis achatinus (Loma Alta), E) Pristimantis walkeri (Loma Alta), F) Pristimantis nyctophylax (Loma Alta), G) Pristimantis sp.1 "subsigillatus" (Loma Alta) y H) Barycholos pulcher (Dos Mangas). Fotos B, C y E por C.C. Martínez. 35
Figura 12. Rana nodriza de machalilla (*Epipedobates machalilla*). Localidad: Pedro Carbo – este de la Cordillera Chongón Colonche. 36
Figura 13. Variaciones en la coloración de *Hyloxalus* aff. *infraguttatus* en diferentes localidades del occidente de Ecuador. A y B= Cerro Blanco, C y D= Churute, E y F= Dos Mangas y G y H= Loma Alta. Fotos G y H por C.C. Martínez. 37
Figura 14. Ejemplar macho adulto de *Hypsiboas* cf. *pellucens* en Loma Alta, provincia de Santa Elena. Fotos por C.C. Martínez. 38
Figura 15. Mapa de Ecuador mostrando los sitios de estudio. Estrellas (Chocó ecuatorial): 1 = Río Canandé, 2 = Bilsa-Mache Chindul, 3 = Jama Coaque; Cuadrados

(Pacífico ecuatorial): 4 = Ayampe-Machalilla, 5 = Chongón-Colonche, 6 = Churute; Círculos (Tumbes ecuatorial): 7 = Buenaventura, 8 = Achiotes-El Faique, 9 = Cordillera Arañitas-La Ceiba; Triángulos (Cordillera Occidental): 10 = Río Guajalito, 11 = Río Faisanes, 12 = Quebrada Zapadores. 40

Figura 16. Dendograma de similitud cualitativa de Jaccard para las localidades escogidas por sector biogeográfico 42

Figura 17. Escalamiento multidimensional no métrico señalando las relaciones entre composición de especies y sitios 45

Figura 18. Correlaciones entre la disimilutud (inverso de Jaccard - J_{disim})) y variables ambientales (temperatura, precipitación, altitud, distancia geográfica) elaboradas con un test de Mantel 46

Figura 19. Análisis de biogeografía cladística de las especies registradas para las familias Hylidae y Leptodactylidae en cuatro localidades de la CChC. 47

Figura 20. Cladograma general de áreas para cuatro localidades de la CChC en base a taxones de la familia Hylidae y Leptodactylidae. 48

Figura 21. Perfil de hábitat típico en CChC (recuadro: Cerro Blanco). 1= *R. marina*, 2= *E. prosoblepon*, 3= *C. stolzmanni*, 4= *E. machalilla*, 5= *H.* aff. *infraguttatus*, 6= *H.* cf. *pellucens*, 7= *H. rosenbergi*, 8= *T. typhonius*, 9= *S. quinquefasciatus*, 10= *S. phaeota*, 11= *T. jordani*, 12= *E.* cf. *montubio*, 13= *E. pustulatus*, 14= *L. labrosus*, 15= *L. ventrimaculatus*, 16= *L. vaillanti*, 17= *B. pulcher*, 18= *C. longirostris*, 19= *P. achatinus*, 20= *P.* cf. *nytophylax*, 21= *P. walkeri*. Modificado de Duellman (1997)..... 50

Índice de tablas

Tabla 1. Tiempo de muestreo en las cuatro localidades de estudio en la fase de campo 14
Tabla 2. Abundancia de anfibios registrados en cuatro sitios de la Cordillera Chongón-Colonche (CChC), occidente de Ecuador. Acrónimos: LA= Loma Alta, CB= Cerro Blanco, CLP= Cantalapiedra, DM= Dos Mangas..... 23
Tabla 3. Intervalos de confianza (IC) para las cuatro localidades en la CChC. 25
Tabla 4. Valores obtenidos de la riqueza de especies, individuos y de los índices analizados (λ, H' y J') para cada una de las cuatro localidades..... 26
Tabla 5. Índice de reemplazo de especies - Whittaker β_w..... 26
Tabla 6. Ocurrencia de las especies de anuros en los cuatro sitios en la CChC*. 28
Tabla 7. Listado ampliado de especies registradas en la Cordillera Chongón Colonche (CChC). Registros actuales más registros de literatura y de museo. Acrónimos: PN M= Parque Nacional Machalilla, BP CB= Bosque Protector Cerro Blanco, RB A= Reserva Biológica Ayampe. 30
Tabla 8. Riqueza específica por familia de acuerdo al tipo de formación vegetal. 32
Tabla 9. Número de especies de acuerdo a su distribución por países. 38
Tabla 10. Riqueza de especies por sitio (promedio y desviación estándar)..... 41
Tabla 11. Índice de reemplazo de especies - Whittaker β..... 43
Tabla 12. Especies compartidas y número de especies por región biogeográfica. En negritas el número de especies compartidas por pares de regiones, colores más oscuros indican más especies compartidas. Números subrayados indican la riqueza total por región. 43
Tabla 13. Resultados del análisis PERMANOVA entre sectores biogeográficos 45
Tabla 14. Uso de hábitat y actividad de los anuros registrados en la CChC. 51

RESUMEN

Entre febrero del 2005 y octubre del 2011, se llevó a cabo la evaluación de la fauna anfibia en cuatro localidades de la Cordillera Chongón Colonche (CChC). Los anfibios se encontraron agrupados solamente en el Orden Anura con ocho familias y 24 especies, se determinó la abundancia y riqueza de especies para cada localidad y las similitudes biogeográficas entre localidades. También se hicieron comparaciones con otras localidades del occidente de Ecuador. La mayor diversidad alfa está en la región del Chocó Ecuatorial. Resultados de un análisis de clúster y de un escalamiento multidimensional no métrico (2D-NMDS) sugieren que la región del Pacífico Ecuatorial actúa como una zona de transición entre las regiones del Chocó Ecuatorial y Tumbes Ecuatorial. La región de los Andes occidentales fue la más disímil y presentando un mayor recambio de especies respecto a las localidades. Se evaluó si la distancia geográfica, diferencias de altitud entre localidades, la temperatura y la precipitación afectan los patrones de distribución de los anuros, demostrando que existe una correlación positiva significativa. El estado de conservación de los anuros registrados es estable, aunque existen especies dentro de categorías de amenaza de la UICN y las listas rojas de Ecuador. Dado al pobre conocimiento de la composición y diversidad de anfibios de la Cordillera es muy importante esta investigación, la que aporta como una línea base para futuros programas de conservación.

Palabras clave: anfibios, diversidad, biogeografía, conservación, Pacífico Ecuatorial, Andes, Ecuador.

ABSTRACT

Between February 2005 and October 2011, the assessment of the amphibian fauna was conducted in four localities of the Cordillera Chongón Colonche (CChC). Amphibians were found clustered in the order Anura with eight families and 24 species, abundance and species richness for each locality is determined and the biogeographical similarities between locations. Comparisons were made with other sites in western Ecuador. Most alpha diversity is in the region of Equatorial Choco. Results of cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (2D-NMDS) suggest that the Equatorial Pacific region acts as a transition zone between the regions of Equatorial Chocó and Equatorial

Tumbes. The region of the western Andes was the most dissimilar and having a higher turnover of species for locations. We assessed whether the geographical distance, altitude differences between sites, altitude, temperature and precipitation affect distribution patterns of anurans, showing that there is a significant positive correlation. The conservation status of registered anurans is stable, although there are species in threatened categories of IUCN and Ecuador Red List. Given the poor knowledge of the composition and diversity of amphibians in the Cordillera it is very important this research, which provides a baseline for future conservation programs.

Key words: amphibians, diversity, biogeography, conservation, Equatorial Pacific, Andes, Ecuador.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado como uno de los países megadiversos del planeta (Myers et al., 2000). Alberga en su territorio (superficie aproximada: 256.370 km²) varias áreas protegidas, bosques protectores y remanentes de bosques tropicales en todas las regiones que presenta, las que poseen una biodiversidad muy significativa e importante dentro de la región tropical o neo-trópico. Entre esta biodiversidad se encuentran los anuros (Orden Anura= ranas y sapos) que conjuntamente con los apodos (Gymnophiona) y caudados (Caudata) componen la clase Amphibia. Cabe mencionar que hasta el mes de abril del 2015 en Ecuador se han registrado aproximadamente 550 especies de anfibios (Ron et al., 2014; Centro Jambatu, 2011-2015), ocupando el tercer lugar en el mundo de acuerdo al número de especies, después de Brasil y Colombia. Una revisión rápida de la riqueza específica de la fauna de anfibios ecuatoriana revela que desde el 2005 a la fecha (10 años) se han descrito o registrado para Ecuador más de 100 especies, la mayoría de ellas encontradas en las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes.

En la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (CCPE), especialmente en la Cordillera Chongón Colonche (CChC), ubicada justamente en la región occidental de Ecuador, existen varios estudios taxonómicos hechos a grupos tales como plantas (Bonífaz y Cornejo, 2004), aves, mamíferos (Cun, 2012), reptiles y anfibios (Amador y Martínez, 2011). En este último grupo, Amador y Martínez (2011) registraron 24 especies de anuros para la CChC; sin embargo, no profundizan sobre el entendimiento del origen de la diversidad y la distribución de las especies, por lo que en base a estas condiciones actuales en el área de estudio, este componente faunístico es un objeto de investigación prioritario en esta región del país y sirve precisamente como modelo de estudio para el entendimiento de patrones de distribución en la cordillera.

En este contexto, se torna necesario realizar el estudio sobre la similitud biogeográfica de los anfibios anuros de la CChC. Este trabajo tiene como finalidad conocer nuevos aspectos sobre la ecología de la fauna anfibia de algunos de los bosques más representativos que conforman la estructura de la cordillera, realizando un estudio en primera parte de sentido descriptivo, para luego correlacionar los resultados y establecer criterios explicativos sobre los patrones de distribución de las especies en

base la diversidad de anfibios anuros registrados, la diversidad de ecosistemas presentes en el área de estudio y la selección del recurso hábitat y su variación espacial.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que en la actualidad existe una marcada disminución de poblaciones de anfibios a nivel mundial, ya sea por enfermedades como el ranavirus o la quitridiomicosis ocasionada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Berger et al., 1998; Voyles et al., 2009); este hongo quítrido también ya ha sido reportado en Ecuador, pero sólo en ranas distribuidas sobre los 1000 metros sobre el nivel del mar en la cordillera de los Andes (Ron y Merino-Viteri, 2000). También los anfibios se ven afectados por la pérdida de hábitat, el cambio climático atribuido al calentamiento global (Pounds et al., 2006), contaminación, introducción de especies invasoras como por ejemplo la rana toro *Lithobates catesbeianus* proveniente de la ranicultura (Daszack et al., 2004; Schloegel et al., 2012), cultivo de trucha, etc. Esta declinación en la biodiversidad anfibia es mucho más evidente y más grave aun cuando existe una combinación de todas estas causas antes mencionadas (Menéndez-Guerrero y Graham, 2013). Al tener una idea más clara de cómo funcionan los patrones de distribución de especies de anfibios, podemos utilizar este conocimiento como herramienta para una mejor gestión en los planes de conservación, sobre todo en aquellas especies en peligro de extinción y las áreas donde habitan.

Por otro lado, discutiendo sobre los patrones ecológicos y biogeográficos, aun no existen estudios que determinen o analicen el origen de la distribución de las especies de anfibios que habitan en la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (CCPE) especialmente en las provincias de Guayas, Santa Elena y Manabí (Cordillera Chongón-Colonche) y su implicación en la estimación de los patrones de distribución geográfica actual que posee este grupo taxonómico y la estructura de sus poblaciones.

Estudios biogeográficos específicos tampoco han ahondado en esclarecer las relaciones de distribución de la fauna y flora en el área de estudio, tomando como referencia a organismos como los anfibios, en este caso. Sin embargo, sí se han desarrollado investigaciones sobre la composición y abundancia de anfibios en varias localidades de la CCPE (Almendáriz y Carr, 2007; Amador y Martínez, 2011; Cisneros-

Heredia, 2006b); estos trabajos se convierten para este estudio en la línea base de la cual se parte con respecto a la diversidad alfa de especies.

Por lo antes expuesto, juntando los aspectos antes mencionados, se establece que el principal problema planteado en esta investigación es poder determinar y entender los patrones de distribución comunes de los anfibios dentro de las localidades estudiadas en la Cordillera Chongón-Colonche que nos permitan estimar y sugerir una respuesta macro sobre la biogeografía de los anfibios anuros de la CCPE. Estos resultados iniciales permiten realizar una evaluación correlacional para determinar el grado de relación entre dos variables, selección de hábitat (ecología) y la distribución (biogeografía) de los anfibios anuros; por último es explicativa al momento de exponer las causas que ocasionan los patrones de distribución de las especies de anuros registradas en la CCPE (Chongón-Colonche).

En este sentido se plantea las siguientes preguntas de investigación:

a) ¿Cuáles son los patrones biogeográficos de las especies de anuros en la Cordillera Chongón-Colonche?
b) ¿Presentan los anfibios anuros en la Cordillera Chongón-Colonche patrones comunes de distribución geográfica?
c) ¿Qué tipo de hábitat seleccionan o usan con mayor frecuencia las especies de anuros en la Cordillera Chongón-Colonche?
d) ¿Cómo se comportan los índices y patrones de diversidad alfa y beta de los anuros presentes en la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial?

1.1. Objetivos

Objetivo General

Estudiar la similitud biogeográfica y de diversidad de anfibios anuros en la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial con énfasis en las poblaciones de la Cordillera Chongón Colonche.

Objetivos Específicos

1) Caracterizar los atributos de la biodiversidad de los anfibios en la Cordillera Chongón-Colonche.
2) Conocer los patrones de distribución de los anfibios de la Cordillera Chongón Colonche.
3) Explicar las similitudes biogeográficas de anfibios en localidades de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial.
4) Analizar la selección del hábitat de los anfibios-anuros estudiados en la Cordillera Chongón-Colonche.
5) Analizar si existen cambios en la riqueza de especies de anuros en cuatro distintas regiones biogeográficas del occidente de Ecuador.

1.2. Hipótesis

1. Existen similitudes biogeográficas y de diversidad entre las poblaciones de anfibios-anuros en las localidades de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial a manera general y de la Cordillera Chongón-Colonche en un sentido más local.

2. Los patrones de distribución de los anfibios en la Cordillera Chongón Colonche, dependen, en alguna medida, de la variación espacial del hábitat que las especies eligen y/o seleccionan.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Actualidad Científica

Los causantes de la diversificación y persistencia de especies son de gran interés para la biogeografía actual, sobre todo en aquellos "puntos calientes" de la biodiversidad global propuestos por Conservación Internacional (Myers et al., 2000) y que albergan la mayor parte de la vida animal y vegetal de la Tierra como es el caso del *hotspot* llamado “Tumbes-Chocó-Magdalena”. Por otro lado, recientemente los trabajos clásicos biogeográficos multiespecíficos o multitaxón han dado una visión fascinante sobre los patrones a gran escala de diversificación, y los estudios filogeográficos intraespecíficos basados en ADN han comenzado a complementar este cuadro en escalas temporales y espaciales mucho más finas; incluida la reciente aparición de la nueva secuenciación de próxima generación (NGS por sus siglas en inglés) que es una tecnología que ofrece la oportunidad de ampliar enormemente el número de genes, individuos, poblaciones y especies muestreadas, fusionando enfoques intraespecíficos e interespecíficos para inferencias biogeográficas (Lexer et al., 2013).

Actualmente existe importante información sobre los patrones de distribución geográfica propiamente dicha y patrones filogeográficos de los anfibios tanto a nivel mundial como a nivel de la región neotropical, incluyendo a Ecuador (Castroviejo-Fisher et al., 2014; Pinto-Sánchez et al., 2014). Estos estudios están enfocados a una escala geográfica mayor que trata sobre patrones de distribución a nivel de continente y regional; pero muy pocos estudios se realizan en sitios más específicos como lo es un ecosistema determinado (e.g. una cordillera, un bosque protector o un área protegida). Asimismo la mayoría de los estudios biogeográficos no consideran factores ecológicos como lo es la selección de hábitat o el análisis de variación espacial de nichos para lograr entender los patrones de distribución de las especies (Wiens, 2011).

2.2. Diversidad

Ecuador es un país con gran diversidad de anfibios, concentrándose su mayoría de especies en la región amazónica, por ejemplo en las selvas lluviosas de Yasuní y Tiputini (Cisneros-Heredia, 2006a). Sin embargo en la región occidental de Ecuador

encontramos también un interesante fragmento de comunidades herpetofaunísticas especialmente de anfibios; por ejemplo, Almendáriz y Carr (2007) registraron ocho especies de anfibios y trece especies de reptiles como parte de una evaluación ecológica rápida organizada por Conservación Internacional en los bosques remanentes de la costa ecuatoriana, principalmente bosques deciduos y semideciduos. En la CChC, se registraron 24 especies de anfibios en cuatro localidades separadas entre sí (Amador y Martínez, 2011) en algunos casos con registros atípicos para una comunidad de bosque costero de tierras bajas ubicado en la región tumbesina; por ejemplo se registró que existen especies típicas de bosques siempreverdes piemontanos occidentales como es el caso de la rana cutín *Pristimantis walkeri*.

Es impresionante la cantidad de especies de anfibios descubiertas en los últimos años en Ecuador, aproximadamente el 20% de anfibios ecuatorianos fueron descubiertos en la última década (2005-2015). Eldredge (2002) afirma que más del 36 % de todas las especies de anfibios del mundo fueron descubiertas entre los años 1980 y 2000 y que la tasa de descubrimiento de nuevas especies aumenta cada año. Mientras tanto, Mendelson (2011) indica que existen especies de anfibios que han sido descritas después de ser consideradas extintas y esperando en un frasco lleno de alcohol su descripción, a esta forma de descripción se la nombró recientemente “taxonomía forense”.

2.3. Endemismo

El porcentaje de endemismo de la CChC presenta valores que son considerados “medianos” de acuerdo al porcentaje de diversidad que tiene el área de estudio. Estos patrones de endemismo en anfibios están muy ligados a su distribución dentro de la columna térmica en las regiones naturales donde habitan (Lynch y Suárez- Mayorga, 2002); este fenómeno se puede apreciar claramente en las poblaciones de anfibios de la CChC. En el área de estudio, se encuentran varias especies endémicas para Ecuador, como es el caso de los dendrobátidos *Epipedobates machalilla*, *Hyloxalus infraguttatus*, los cutínes *Pristimantis walkeri* y *Barycholos pulcher*; la rana nodriza *E. machalilla* incluso es endémica de los bosques deciduos y semideciduos del occidente de Ecuador.

2.4. Conservación

Actualmente los anfibios se encuentran amenazados por factores directos (e.g. enfermedades, pesticidas, tráfico ilegal, pérdida de hábitat) e indirectos (e.g. cambio climático, introducción de especies, y otros efectos sinérgicos) que reducen la viabilidad de las poblaciones e incrementan su vulnerabilidad a la extinción (Gardner, 2001). Una de las principales causas de la disminución de estas especies es la pérdida y fragmentación del hábitat, que convierte paisajes compuestos por fragmentos de bosque remanente inmersos en una matriz con diferentes usos antropogénicos como agricultura y ganadería (Saunders et al., 1991), esta podría ser la principal causa de impactos negativos a las poblaciones de anfibios dentro de la CChC.

En las últimas dos décadas se ha evidenciado la disminución de poblaciones de anfibios en todo el mundo, de todas las causas posibles establecidas, a ninguna aún se la puede determinar como la más importante (Sodhi et al., 2008; Menéndez-Guerrero y Graham, 2013). Uno de los factores que parece estar asociado a la rápida declinación de anfibios en Ecuador, sobre todo en la región andina, es la enfermedad llamada chytridiomycosis, causada por el hongo micótico *Batrachochytrium dendrobatidis* (Ron y Merino-Viteri, 2000); hasta la fecha no se ha reportado ni registrado chytridiomycosis o alguna otra enfermedad para las poblaciones de anfibios en la CChC. Otros de los factores que ha influenciado en la disminución de poblaciones de anfibios es la modificación del hábitat, la creciente presencia de especies exóticas de fauna y flora, contaminación química del agua, por citar los más importantes (Bustamante et al., 2005).

También la deforestación en la costa ecuatoriana es un factor alarmante, y quizá la principal amenaza para las poblaciones de anfibios de la CChC; los bosques de tierras bajas de Ecuador (0 - 1000 msnm) han perdido casi la totalidad de la cobertura vegetal original, debido principalmente a causas antrópicas como el crecimiento demográfico que originó graves efectos negativos a la vegetación natural cuando los bosques fueron transformados en sembríos y fragmentados por largas carreteras (Dodson y Gentry, 1991). Dentro de los bosques más amenazados en Ecuador se encuentran los bosques secos y húmedos pre-montanos o de “transición”, ecosistemas propios de la CCPE y que se encuentran en riesgo de extinción (Ortega-Andrade, 2005).

2.5. Distribución

La biogeografía se preocupa de preguntas como: ¿por qué los organismos viven o pueden vivir donde habitan? (Huggett, 2004), o ¿por qué algunos lugares contienen más especies que otros lugares? (McGlynn, 2012); existen varios modelos, teorías y técnicas para poder explicar estos fenómenos y responder a estas preguntas.

Dentro de los vertebrados, los anfibios son la Clase con los individuos más pequeños; esta cualidad en tamaño proporciona ciertas ventajas, por ejemplo, pueden habitar en microhábitats no disponibles para otros vertebrados de mayor tamaño (Wells, 2007).

Lynch y Duellman (1997) exponen que las especies de cutínes (Craugastoridae: *Pristimantis*) de las tierras bajas del occidente ecuatoriano presentan rangos de distribución grandes en comparación con las especies de *Pristimantis* de la parte andina (zonas altas), las cuales presentan distribuciones más restringidas. En cuanto a las ranas diurnas de la familia Dendrobatidae que habitan en la Cordillera, las poblaciones de *Epipedobates machalilla* y de *Hyloxalus infraguttatus* están caracterizadas por tener distribuciones desiguales, propias por los efectos de la deforestación (Coloma, 1995).

Por otro lado, Hutter et al. (2013) en su sistema modelo con centrolénidos en los Andes, explican que las tasas de evolución nicho-climática y los cambios elevacionales están relacionados, apoyando la hipótesis de que el conservatismo nicho-climático desacelera el recambio altitudinal de especies. En los centrolénidos andinos, dependiendo de los grupos analizados, los picos de diversidad se encuentran en las elevaciones bajas (Hyalinobatrachinae) o entre los 1500-2000 m (Centroleninae).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

La CCPE (figura 1) recorre aproximadamente 200 kilómetros de la costa ecuatoriana en un sentido este-oeste desde el norte de Guayaquil (Guayas) hasta el extremo norte de Manabí justo en el límite con la provincia de Esmeraldas, y la conforman un cinturón de cerros constituidos de material volcánico según Valverde (1991). La mayoría de las cimas de la CCPE varían entre 400 y 600 metros sobre el nivel del mar, pero algunas montañas que se encuentran aisladas pueden sobrepasar los 800 m. La CCPE es continua en toda su longitud excepto llegando al sur (a Guayaquil) donde se fragmenta en varios cerros de máximo 300 msnm (e.g. Cerro Blanco, Cerros de Prosperina). También a la cordillera se la conoce con varios nombres dependiendo de las localidades: de norte a sur, las cordilleras de Mache, Chindul, Jama, Colonche y Chongón (Neill, 1999a).

Esta cadena montañosa se constituye en el principal regulador climático de las provincias de Guayas, Santa Elena, Manabí y Esmeraldas. Actualmente es considerada como uno de los sectores biogeográficos en los que se divide el país (Ministerio del Ambiente, 2013).

La Cordillera Chongón Colonche - CChC (figura 2) presenta una superficie de 70000 ha, una altitud media de 200 m y un máximo de 800 m, la temperatura oscila entre 20 y 33 °C, dependiendo de la estación del año (estación lluviosa de enero a mayo; estación seca de junio a diciembre); la precipitación anual promedio en la cordillera es de 700 a 1300 mm.

En la parte norte y central de la cordillera, en este estudio representado por las localidades de Loma Alta, Dos Mangas y Cantalapiedra, persiste una llovizna constante (garúa) que es más evidente en los meses de estación seca; esta llovizna es ocasionada por la condensación de masas de aire oceánicas de la corriente fría de Humboldt que quedan atrapadas por la Cordillera provocando un efecto de nubosidad. Este aporte de humedad determina formaciones vegetales distintas en las partes altas de la cordillera (≥400 msnm) (Ministerio del Ambiente, 2013). También, las características del relieve que se encuentran en la Cordillera determinan la presencia de varios ecosistemas y

hábitats asociados con microclimas y comunidades bióticas específicas (Martínez et al., 2006), lo que crea condiciones favorables para que prosperen los organismos herpetofaunísticos.

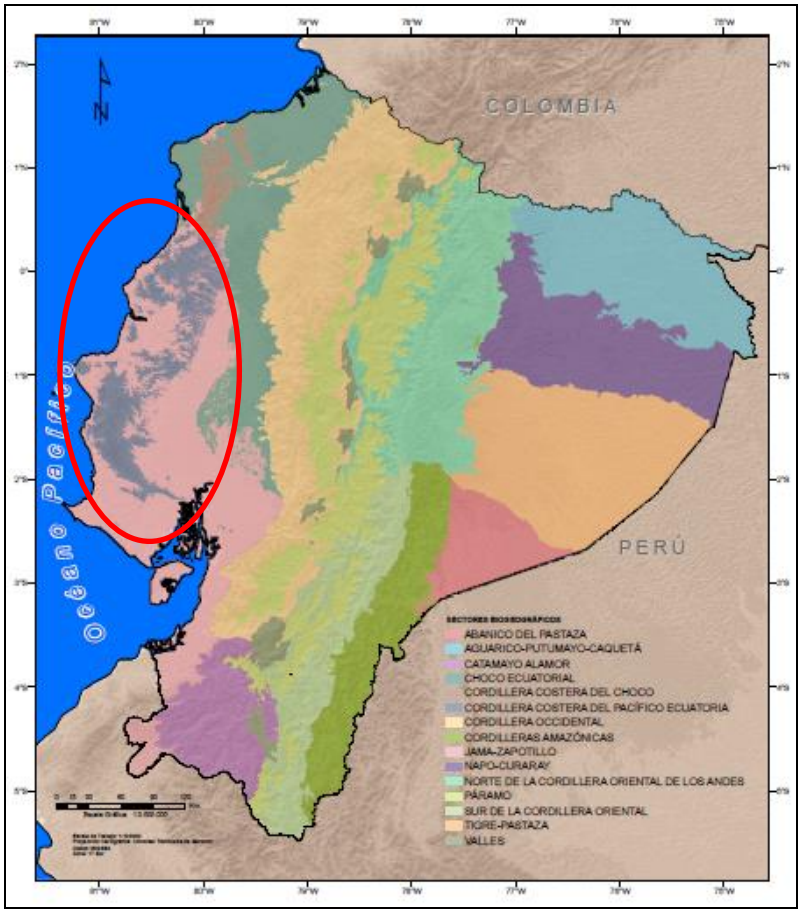

Figura 1. Sectores biogeográficos de Ecuador, en el círculo rojo se muestra a la CCPE.
Fuente: Ministerio del Ambiente (2013).

Localidades de estudio

Bosque Protector Cerro Blanco (BPCB)

Se localiza a sólo 14 km hacia el oeste de la ciudad de Guayaquil, cerca del extremo SE de la CChC (02°10’14’’S; 80°00’48’’O). BPCB incluye dos tipos de ecosistemas: Bosque deciduo de la cordillera costera del pacífico ecuatorial y Bosque semideciduo de la cordillera costera del pacífico ecuatorial (Ministerio del Ambiente, 2013), tanto prístinos como alterados y en regeneración. Todo el bosque está destinado a la conservación de la diversidad biológica, pero existen áreas donde se realiza turismo de naturaleza y actividades de reforestación. La Fundación Pro-Bosque se encarga del

manejo del Bosque Protector y lleva a cabo varios proyectos de investigación y conservación.

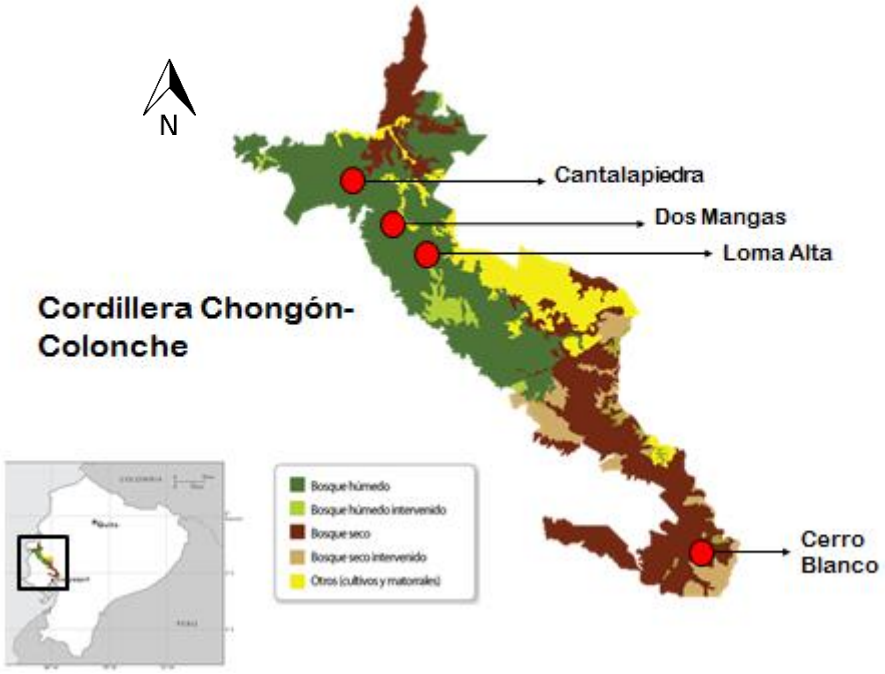

Figura 2. Cordillera Chongón Colonche en Ecuador (recuadro) y las cuatro localidades de estudio. Modificado de: Fundación Natura y CIIFEN.

Reserva Ecológica Comunal Loma Alta (RECLA)

Se localiza aproximadamente a 50 km de la comuna Valdivia, en la provincia de Santa Elena (01°51’02’’S; 80°36’24’’O) y a unos 160 km al noroeste de Guayaquil (Bonífaz y Cornejo, 2004). La RECLA se encuentra entre la ecoregión del Chocó y la de Tumbes en la Cordillera de Chongón-Colonche. En las partes más bajas de la cordillera la vegetación es seca y decidua. RECLA presenta también ecosistemas de Bosque siempre verde estacional piemontano y montano bajo de la cordillera costera del pacífico ecuatorial (Ministerio del Ambiente, 2013). La Reserva incluye áreas de bosque de neblina o de garúa, así como bosques secundarios y áreas en regeneración; la presencia de garúa y, por tanto, la humedad del bosque se presentan mayores en los meses de junio a octubre.

Santuario de Vida Silvestre Cantalapiedra

Se encuentra cerca del extremo suroccidental del Parque Nacional Machalilla, constituye una parte importante de la zona de amortiguamiento del Parque y pertenece políticamente al cantón Puerto López en la provincia de Manabí (01°40’20’’S; 80°46’30’’O). Está ubicado en la ribera norte del Río Ayampe, aproximadamente a 11 km de su desembocadura en el Océano Pacífico. Cantalapiedra es una propiedad privada de cerca de 320 ha, que conserva en su interior los más grandes bosques de bambú nativo, importantes extensiones de bosque secundario con un proceso de recuperación de más de 30 años y significativas áreas de bosque primario. Cantalapiedra presenta tres tipos de ecosistemas: Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del pacífico ecuatorial, Bosque siempreverde estacional montano de la cordillera costera del pacífico ecuatorial y Bosque semideciduo de la cordillera costera del pacífico ecuatorial (Ministerio del Ambiente, 2013).

Comuna Dos Mangas

Ubicada a siete kilómetros al noreste de Manglaralto en la provincia de Santa Elena (01°48’04’’S; 80°39’37’’O). Esta comuna recibe este nombre debido a que antiguamente los habitantes llamaban a los ríos ‘mangas’ y cerca de la población se unen los riachuelos Grande y Colín. La comunidad se dedica además de la artesanía, a la siembra de productos de ciclo corto. La madera era antes la principal fuente de subsistencia, pero con la prohibición de la tala de árboles se ha reducido esta actividad, y ahora hay menos presión sobre las especies de árboles madereros más importantes. En Dos Mangas se pueden observar tipos de bosque como: Bosques de neblina montano bajo de la cordillera de la Costa, Bosque siempreverde piemontano de la cordillera de la Costa y Bosque siempreverde montano bajo de la cordillera de la Costa (Ministerio del Ambiente, 2013).

Ecosistemas presentes en la CCHC

En la cordillera se encuentran cuatro tipos de ecosistemas de acuerdo a la nueva clasificación del Ministerio del Ambiente: Bosques deciduo y semideciduo de la cordillera costera del pacífico ecuatorial y Bosques siempreverde estacional piemontano y montano bajo de la cordillera costera del pacífico ecuatorial (Figura 3).

Figura 3. Diferentes tipos de ecosistemas encontrados en las cuatro localidades.

La sabana y el bosque deciduo de la CCPE presentan extensas áreas de las tierras bajas de la costa del Ecuador donde la precipitación anual fluctúa entre 800 a 1200 mm y la estación seca puede ser incluso mayor a los seis meses normales, el límite entre la sabana y el bosque deciduo de la CCPE no está claro debido principalmente a la intervención antrópica y sus efectos, dificultando estimar la vegetación natural cuando no exista intervención humana (Neill, 1999b). A pesar de que Cerro Blanco y Dos Mangas pueden tener la misma elevación, pertenecen a dos formaciones vegetales diferentes; Cerro Blanco se encuentra bien aislado en el extremo sur de la Cordillera donde no cuenta con la influencia de los vientos de las corrientes marinas, presentes en los cerros de Santa Elena y Manabí cercanos al mar (Figura 4).

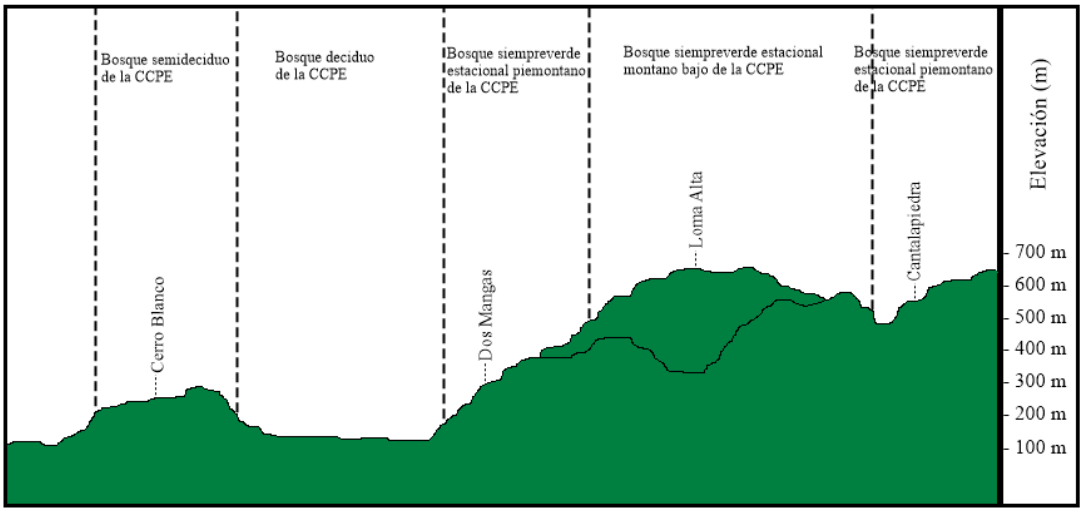

Figura 4. Perfiles altitudinales de las localidades muestreadas en la CChC.

3.2. Obtención y Procesamiento de Datos

Muestreo

Se efectuaron 10 salidas de campo entre los años 2005 y 2011 en las cuatro localidades de estudio (Cerro Blanco, Loma Alta, Dos Mangas y Cantalapiedra) (Tabla 1). Se utilizó la técnica de muestreo de Inventario Completo de Especies (ICE) (Angulo et al., 2006) en cada una de las cuatro localidades; en Cantalapiedra también se estableció un transecto diferente con una distancia aproximada de 1 km de largo y de ancho variable (Inspección por encuentro visual - IEV) (Heyer et al., 2001); este transecto fue realizado para muestrear a lo largo del Rio Ayampe que atraviesa el bosque de Cantalapiedra.

Tabla 1. Tiempo de muestreo en las cuatro localidades de estudio en la fase de campo

Localidad	Tiempo de muestreo		
	Año	**Mes**	**# días**
Cantalapiedra	2009	enero	5
Cerro Blanco	2008	octubre	5
	2011	enero	5
Dos Mangas	2009	mayo	5
	2011	octubre	3
Loma Alta	2005	febrero	6
		mayo	4
	2006	enero	4
	2009	diciembre	4
	2010	enero	8

Las labores en el campo consistieron en muestreos sistemáticos y con el fin de nivelar los resultados de los muestreos en cada localidad se efectuaron recorridos diurnos y nocturnos. Los recorridos se realizaron en dos grupos de dos personas cada uno, de esta manera también se pudo medir el esfuerzo de muestreo como horas/persona. Los muestreos diurnos se realizaron entre las 9:00 am y 12:00 pm en quebradas y riachuelos con la finalidad de encontrar especies de dendrobátidos y bufónidos diurnos; por la noche los muestreos se efectuaron desde las 19:00 a 24:00. Estos horarios fueron los mismos para las cuatro localidades y desarrollados en todos los períodos del muestreo.

Todos los individuos observados fueron capturados y trasportados hasta los campamentos levantados en las localidades, donde se procedió a la identificación taxonómica preliminar de cada individuo. Además, se tomaron datos morfométricos con la ayuda de un calibrador digital electrónico LUJII 150mm y se hicieron descripciones de la coloración en vida de cada espécimen capturado así como también fueron fotografiados para tener una base de datos de los registros. Luego de ser identificados, los individuos fueron liberados cerca al lugar de la captura, los individuos que no pudieron ser identificados o que se sospechaba de su identificación fueron retenidos y llevados como evidencia hasta el laboratorio, así como también individuos de especies que podrían tratarse de nuevos registros de distribución. Los individuos colectados fueron depositados en el Museo de Zoología de la Universidad Indoamérica bajo permiso de colección estipulado en el contrato MAE-DNB-CM-2015-0017.

Técnicas de muestreo

Transectos para Inspección por Encuentro Visual (IEV).- Los Transectos para Inspección por Encuentro Visual (Heyer et al., 2001; Lips et al., 2001), es una de las técnicas más usadas para medir la composición de anfibios y reptiles ya que requiere de un bajo esfuerzo de tiempo, bajo costo y poco personal. Para la ejecución de este estudio se establecieron transectos lineales, ubicados paralelos a lo largo de senderos, los cuales fueron escogidos por contener en su trayectoria la mayor parte de unidades de vegetación registrada para el área.

Inventario completo de especies (ICE).- Este método que consiste en buscar anfibios y reptiles de manera libre y sin restricciones, ya que es el método más eficiente cuando existen limitaciones de tiempo y dinero (Rueda et al., 2006). Para este método se muestreará solamente en horas de la tarde, ya que el anterior método abarca solo horas de la mañana y noche.

Determinación taxonómica

Las identificaciones fueron realizadas en campo por intermedio de una lupa y en laboratorio a través de un estereomicroscopio basándonos en las características morfológicas y biométricas de cada individuo, para poder identificar a los individuos se utilizaron claves taxonómicas, además de literatura especializada y específica para cada especie, así como también se revisaron las descripciones originales de las especies registradas (Duellman, 1971; Lynch & Duellman, 1973 - 1997; Lynch, 1976; Coloma, 1995; Ron et al., 2004; Cisneros-Heredia, 2006b). Se organizó taxonómicamente a las especies de acuerdo a la información disponible más reciente, para las familias Centrolenidae (Guayasamín et al., 2009), Craugastoridae (Pyron y Wiens, 2011; Padial et al., 2014), Dendrobatidae (Grant et al., 2006), Hylidae (Faivovich et al., 2005; Lavilla et al., 2010), Leptodactylidae (Pyron y Wiens, 2011) y para las demás familias (Bufonidae, Ceratophryidae y Ranidae) se sigue la nomenclatura indicada en Frost (2014).

Revisión de literatura y colecciones

Para completar el listado de las especies de anfibios de la CChC se realizó la revisión de información publicada y pertinente a la presente investigación, por ejemplo el listado de Morales y Altamirano-Benavides (2013) en la Reserva Biológica Ayampe, el de Almendáriz y Carr (2007) en Cerro Blanco y el Parque Nacional Machalilla (provincia de Manabí) y el listado de Cisneros-Heredia (2006b) también en el P. N. Machalilla. A mediados del año 2010 también se revisaron las colecciones de anfibios del Museo de Zoología QCAZ de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador para completar la lista.

Para comparar la similitud biogeográfica de las poblaciones de anfibios de la CChC, utilizamos listados publicados en otras localidades del occidente de Ecuador, los

análisis se basaron en una matriz de presencia/ausencia de especie por localidad, la misma se construyó con datos obtenidos en terreno, revisión bibliográfica (e.g. Ortega-Andrade et al. 2010; Jongsma et al. 2014; Morales et al. 2013; Amador y Martínez, 2011; entre otros) y revisión de colecciones de anfibios del Museo de Zoología QCAZ de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, la colección del Museo de Historia Natural Gustavo Orcés (MHNGO) de la Escuela Politécnica Nacional en Quito y la del Museo de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil (FCCNN-UG). Para comparar la similitud biogeográfica y complementar la matriz de presencia/ausencia, se utilizaron los listados publicados en otras localidades del occidente de Ecuador, para tener una comparación de las localidades desde el noroccidente de Ecuador hasta el suroccidente. Las localidades fueron agrupadas como comunidades de especies de anfibios de la siguiente manera:

1) Chocó Ecuatorial = Bilsa (Mache Chindul), Jama-Coaque (Ortega-Andrade et al. 2010; Jongsma et al. 2014; Lynch et al. 2014), Río Canandé (Morales et al. 2013);

2) Pacífico Ecuatorial: Chongón Colonche (Amador y Martínez, 2011), Churute (L. Amador, notas de campo), Reserva Biológica Ayampe (Morales y Altamirano-Benavides, 2013) y Parque Nacional Machalilla (Cisneros-Heredia, 2006b);

3) Tumbes Ecuatorial = Achiotes, el Faique (Almeida y Nogales, 2005), La Ceiba, Cordillera Arañitas (Díaz y Baus, 2001), Buenaventura (Yánez-Muñoz et al. 2013), y

4) Cordillera Occidental = quebrada Zapadores, Río Faisanes (Bustamante et al. 2005), Río Guajalito (Yánez-Muñoz y Morales, 2013).

No se utilizó datos de abundancia ya que el número de especies que son detectados en una comunidad puede depender del número de muestras recogidas (esfuerzo de muestreo). Para estimar la riqueza específica se estandarizó el esfuerzo de muestreo mediante la creación de una curva de acumulación de especies (Gotelli y Colwell, 2001) utilizando estimadores no paramétricos tales como Bootstrap, Jacknife 1 y 2, Chao 2, este análisis se realizó con el software *PRIMER* versión 6 (Clarke y Gorley, 2006).

Variables a estudiar

En base a las especies de anfibios registradas en el área de estudio los atributos o variables de este estudio son los siguientes:

1) abundancia de individuos por especie y abundancia total (número de individuos)
2) riqueza especifica (número de especies total y por localidad)
3) distribución de las especies
4) utilización de hábitat

Medición de las Variables

Las variables anteriormente mencionadas podrán ser medidas en cada uno de los objetos (individuos, especies, poblaciones y sitios) dependiendo de la técnica que se ajuste a cada uno.

Zug et al. (2001) dicen que dentro de todos los parámetros, el tamaño de la población es uno de los más sencillos de medir, sin embargo contar a todos los individuos de una población; o realizar métodos de marcado - recaptura y técnicas de remoción, no es una tarea fácil. Para medir la diversidad alfa (abundancia y la riqueza específica) se aplicaron índices directos como el número de especies por sitio y rarefacción para medir la riqueza específica. Se utilizaron índices de equidad y dominancia como Shannon-Wienner $H' = -\Sigma pi \log2 (pi)$, Pielou $J' = H'/H'_{max}$ y Simpson $1- \lambda$ para medir la estructura de la comunidad (Moreno, 2001; Villarreal et al., 2004).

Para medir la confiabilidad del índice de biodiversidad de Shannon se utilizó un método de remuestreo (bootstrap de percentiles simples) con la finalidad de construir intervalos de confianza (IC) (Pla y Matteucci, 2001).

Para la medición de la riqueza específica y para la estimación de la abundancia relativa se elaboró, además del conteo de especies observadas (Sobs), una curva de descubrimiento o aparición (rarefacción) que implica ilustrar el número acumulado de especies contra el número de individuos. La curva de aparición de especies estima cuánto del total de la riqueza de una localidad ha sido registrada durante un muestreo y el número total de especies que es posible encontrar (Rueda et al., 2006).

Para medir la similitud de especies (diversidad beta) por unidad de muestreo (localidad) se utilizaron índices de reemplazo de especies como el de Whittaker y de similaridad como el coeficiente de similitud de Jaccard (cualitativo) para el análisis de agrupamiento entre las áreas.

Para la comparación del área de estudio con otras áreas del occidente de Ecuador se utilizó también el coeficiente de semejanza biogeográfica (Coefficient of Biogeographic Resemblance – CBR) con la fórmula propuesta por Duellman (1990):

$$CBR = 2C / (N_1 + N_2)$$

Donde C es el número de especies presente en un par de sitios, N_1 es el número de especies presente en el primer sitio, y N_2 es el número de especies presente en el segundo sitio.

El hábitat y microhabitat se midió mediante la selección y uso que hacen de este las diferentes especies registradas en el campo. Para la descripción de la selección de hábitat por parte de los anfibios se consideró el número de individuos de cada especie en/sobre la clase o tipo de sustrato en particular en el cual fue observado por primera vez. Esta variable se dividió en tres subvariables para el análisis: 1) Subvariable - Asociación con cuerpos de agua= aguas de corriente permanente, aguas estancadas permanentes, cuerpos de agua estacionales y ausencia de cuerpos de agua. 2) Subvariable – Altura de la percha desde el suelo o agua= baja (< 50 cm), media (50 – 150 cm) y alta (> 150 cm). 3) Subvariable – Sustrato= ramas, hojas, raíces, troncos, hojarasca, piedras, suelo arenoso, suelo arcilloso. El tiempo de actividad fue medido muestreando en horas de la mañana (9:00 h a 11:00 h), en la tarde (15:00 h a 17:00 h) y en la noche (20:00 h a 23:00 h) en las cuatro localidades de estudio y en todos los microhabitats disponibles.

Se realizó un ejercicio de análisis de biogeografía cladística (biogeografía de la vicarianza) para estimar las relaciones entre áreas de acuerdo a los taxones que en ellas habitan. Se utilizó como modelo a 10 especies de anuros (seis especie de hílidos y cuatro especies de leptodactílidos) registrados en las cuatro localidades de estudio dentro de la CChC, con la intención de estimar relaciones de los taxones y con esta información inferir en las relaciones entre las áreas que ellos habitan. A partir de

cladogramas de los taxones, uno para la familia Hylidae y otro para la familia Leptodactylidae, se buscó deducir las relaciones históricas entre las áreas (Cerro Blanco, Loma Alta, Dos mangas y Cantalapiedra), para este análisis se sustituyen en los cladogramas los taxones por las áreas que ocupan, obteniéndose los cladogramas de áreas.

Para determinar el estado de conservación se utilizaron las Listas Rojas de especies de anfibios de la UICN[1] y de Ecuador (Coloma et al., 2011-2015; Ron et al., 2014). Adicionalmente en base a las abundancias relativas de cada especie registrada en la Cordillera se estimó el estado de conservación de las especies para la CChC de acuerdo al número de individuos registrados por especie, rango de distribución en el área de estudio y el tipo afectación al hábitat dentro de las localidades. Se evaluó también si existen especies clasificadas en categorías CITES[2].

Tratamiento estadístico, pruebas y programas empleados

Para la descripción de los datos de riqueza específica y abundancia se utilizaron tablas de bases de datos analizadas en Excel® y estadística descriptiva para calcular el margen de error al calcular los parámetros. Para el análisis de agrupación de individuos, especies y localidades se utilizó la técnica de análisis de conglomerados con la ayuda del software PAST (Palaeontological Statistics) versión 3.04 (Hammer y Harper, 2006). Para evaluar las relaciones de causalidad y/o similitud de las localidades en base a la diversidad y a la selección de hábitat en la Cordillera se utilizaron modelos estadísticos asociados a los parámetros y normalidad de los datos. Para probar las hipótesis de que las diversidades provenientes de las localidades de la CChC son iguales (medidas con el índice de Shannon) se realizó una prueba de t (diversity t test) (Zar, 1996). Para los análisis de distribución, similitud biogeográfica y elaboración de cladogramas de taxones y áreas, se empleó también el programa PAST 3.04.

Para analizar la variación en estructura y composición de la comunidad de anuros en los cuatro sectores biogeográficos, se calculó el índice de similitud de Jaccard para pares de especies. Con una matriz construida con este índice se realizaron dos análisis de agrupamiento: 1) un análisis clúster y 2) un análisis de escalamiento

[1] UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
[2] CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

multidimensional no métrico (2D-NMDS), que utiliza la distancia entre vectores para distinguir a los grupos. Para poner a prueba la hipótesis de que no existen diferencias entre los sitios y regiones se realizó un PERMANOVA (Manova permutacional) sobre la matriz de similitud de Jaccard, usando "Región Biogeográfica" como factor fijo. Los valores de probabilidad (P_{perm}) fueron calculados a partir de una distribución pseudo-F con un número de 10000 permutaciones; cuando las permutaciones simuladas no fueron suficientes para el cálculo probabilístico, el valor de probabilidad se obtuvo a través de simulaciones de Monte-Carlo P(MC). Estos análisis se realizaron usando el software PRIMER+PERMANOVA (Clarke y Gorley, 2006). Un test de Mantel (R_M) fue realizado para evaluar la correlación de cada variable ambiental medida en este estudio (precipitación, temperatura, altitud y distancia geográfica entre sitios) con el valor inverso de similitud de Jaccard (J_{disim}), este análisis se realizó utilizando el paquete VEGAN del software R (Oksanen et al. 2016), los datos de temperatura y precipitación fueron obtenidos del Servicio Meteorológico de Ecuador, la distancia geográfica y de altitud entre sitios se midió utilizando la herramienta Google Earth.

4. RESULTADOS

4.1. Fase de Campo

Entre las cuatro localidades de estudio (Loma Alta, Cerro Blanco, Cantalapiedra y Dos Mangas) se registraron 446 individuos después de un esfuerzo de muestreo en total de 1280 horas/hombre para las cuatro localidades; sin embargo, el esfuerzo de muestreo no fue el mismo para cada localidad, siendo Loma Alta y Cerro Blanco las localidades que tuvieron un mayor esfuerzo (26 y 10 días respectivamente) y cinco días de muestreo en Cantalapiedra y Dos Mangas, donde los registros correspondieron a 24 especies de anuros (Tabla 2, Figura 6).

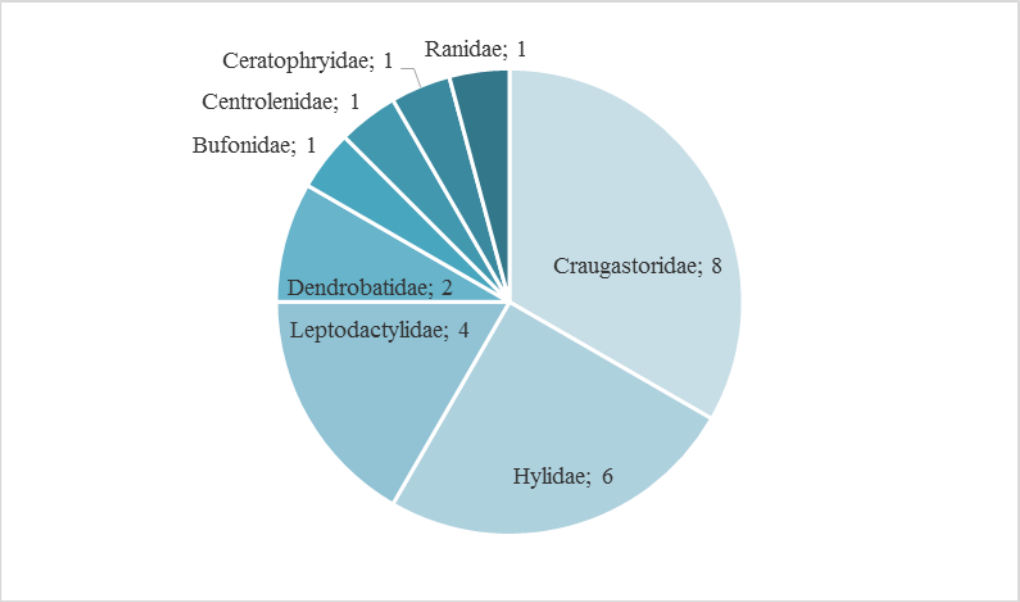

Figura 5. Número de especies de anfibios-anuros por familia registradas.

Las familias de anfibios más representativas fueron Craugastoridae con ocho especies (33,3%) e Hylidae con seis especies (25%), de la familia Leptodactylide se registraron cuatro especies (16,7%) y de la familia Dendrobatidae dos especies (8,3%). En las familias restantes (Bufonidae, Centrolenidae, Ceratophryidae y Ranidae) se registró una especie en cada una (4,2% cada familia) (Figura 5).

Loma Alta fue la localidad que registró más individuos (257) seguida de Dos Mangas (69), Cantalapiedra (65) y Cerro Blanco (55).

Tabla 2. Abundancia de anfibios registrados en cuatro sitios de la Cordillera Chongón-Colonche (CChC), occidente de Ecuador. Acrónimos: LA= Loma Alta, CB= Cerro Blanco, CLP= Cantalapiedra, DM= Dos Mangas.

Familia	Especie	LA	CB	CLP	DM	Total
Bufonidae	*Rhinella marina*	14	1	12	1	28
Centrolenidae	*Espadarana prosoblepon*	3	0	0	0	3
Craugastoridae	*Craugastor longirostris*	5	0	0	0	5
	Pristimantis achatinus	36	8	5	18	67
	Pristimantis walkeri	7	0	0	2	9
	Pristimantis aff. *nyctophylax*	22	0	0	0	22
	Pristimantis sp1.	2	0	0	0	2
	Pristimantis sp2.	1	0	0	0	1
	Pristimantis sp3.	0	0	1	0	1
Dendrobatidae	*Barycholos pulcher*	0	0	0	1	1
	Hyloxalus aff. *infraguttatus*	74	16	14	17	121
	Epipedobates machalilla	35	10	2	15	62
Hylidae	*Hypsiboas* cf. *pellucens*	7	0	3	5	15
	Hypsiboas rosenbergi	8	0	12	6	26
	Scinax quinquefasciatus	2	9	1	1	13
	Smilisca phaeota	9	1	0	1	11
	Trachycephalus jordani	8	1	3	0	12
	Trachycephalus typhonius	3	1	0	0	4
Leptodactylidae	*Engystomops* cf. *guayaco*	2	1	2	0	4
	Engystomops pustulatus	8	1	0	0	8
	Leptodactylus labrosus	6	5	8	1	20
	Leptodactylus ventrimaculatus	1	0	0	1	2
Ranidae	*Lithobates vaillanti*	0	0	2	0	2
Ceratophryidae	*Ceratophrys stolzmanni*	4	1	0	0	4
	Total individuos	257	55	65	69	446
	Total especies	21	12	12	12	24

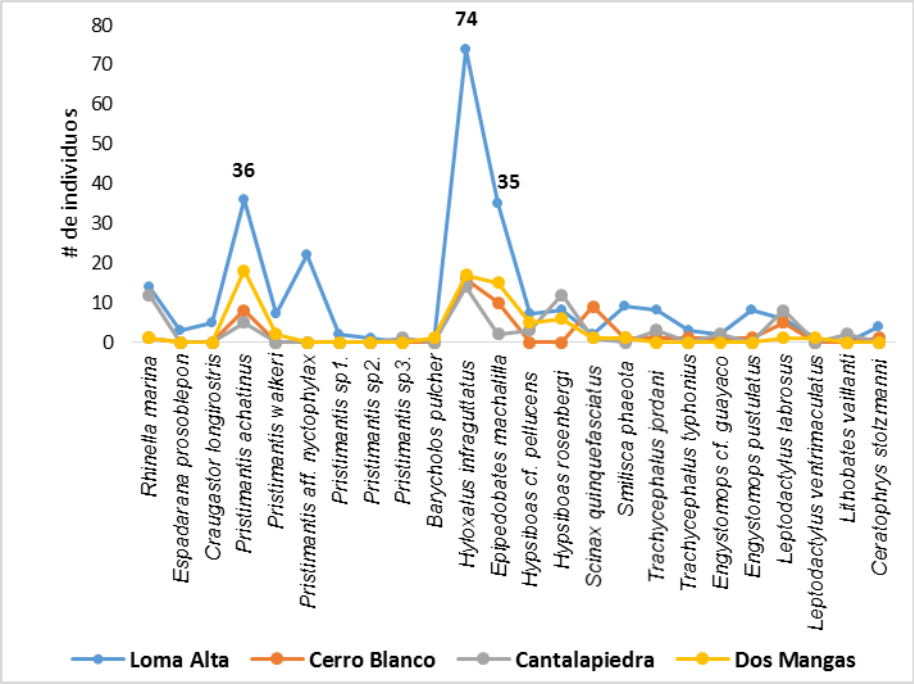

Figura 6. Curva de abundancia de especies en localidades de la CChC.

Diversidad alfa

Para calcular la riqueza de especies donde el tamaño en las muestras no es igual, se utilizó el método de curva de rarefacción, Loma Alta fue la localidad que tuvo el mayor esfuerzo de muestreo y que registró mayor número de especies (21 spp.) (Figura 7).

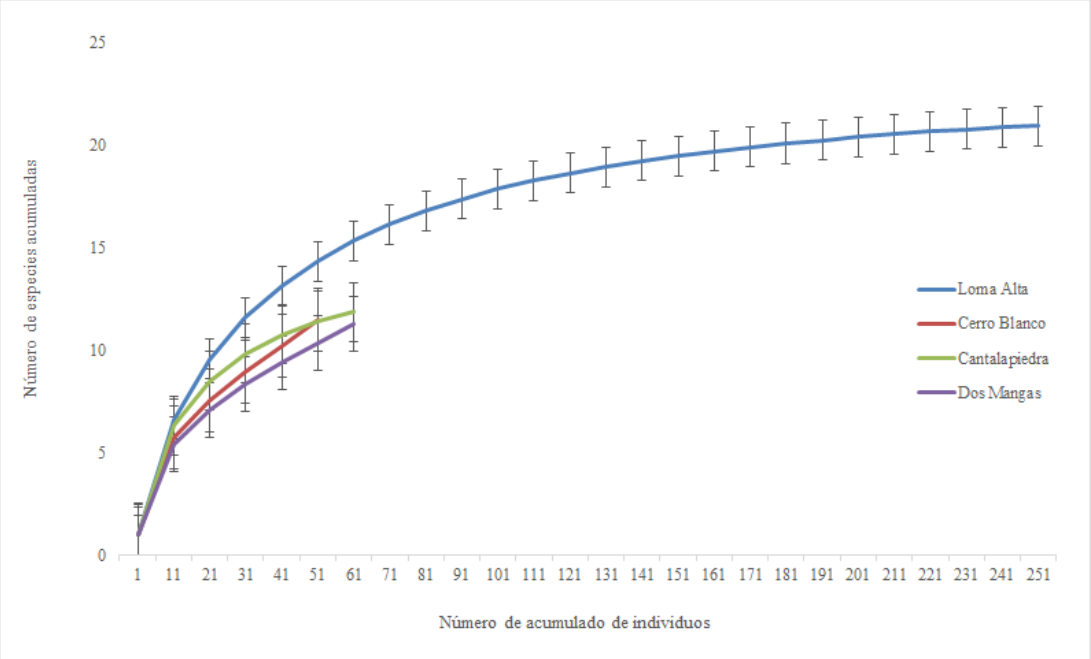

Figura 7. Curvas de rarefacción para las cuatro localidades de estudio en la CChC.

El índice de Shannon-Wiener (Figura 8) indica que Loma Alta fue la localidad más diversa (*H'*= 2,402) y más uniformemente representada, tomando en cuenta la abundancia de cada especie registrada; Cantalapiedra fue la localidad que sigue en términos de diversidad (*H'*= 2,143), seguido de Cerro Blanco (*H'*= 1,974) y Dos Mangas (H'= 1,901) con la menor diversidad registrada.

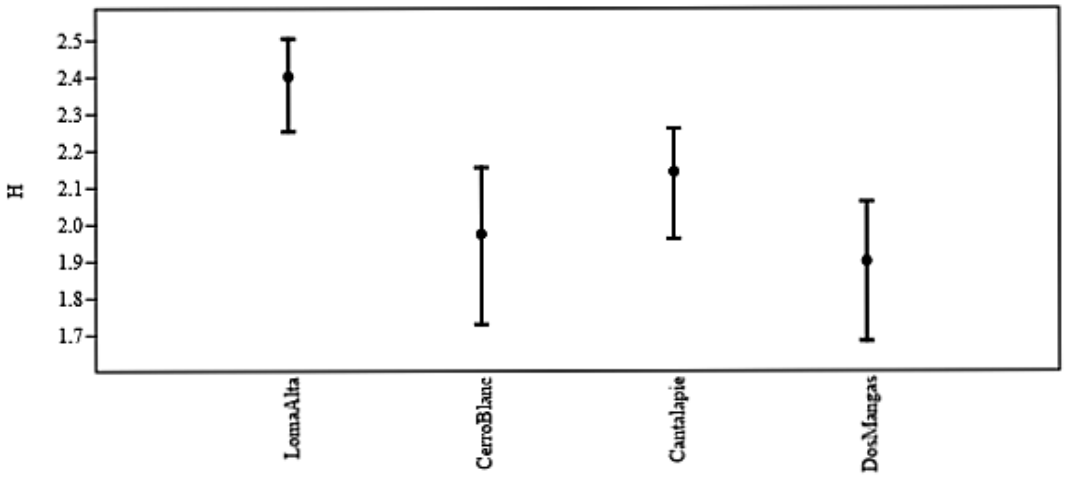

Figura 8. Valores del índice de Shannon-Wiener (*H'*) (puntos) de acuerdo a la riqueza y abundancia de especies para cada localidad analizada.

Para calcular intervalos de confianza (IC) con 95% de confiabilidad se generaron B= 10000 muestras bootstrap por el método de percentiles simples, en las cuatro localidades de estudio se obtuvieron valores de *H'* desde 1,680 hasta 2,504 correspondientes a riquezas específicas de nueve a 21, además de estimar la biodiversidad promedio, se calcularon los IC basados en un t-Test (Tabla 3).

Tabla 3. Intervalos de confianza (IC) para las cuatro localidades en la CChC.

Localidad	*H'*	Límites del IC		Amplitud
		Inferior	Superior	
Loma Alta	2.402	2.251	2.504	0.253
Cerro Blanco	1.974	1.723	2.153	0.430
Cantalapiedra	2.143	1.960	2.261	0.301
Dos Mangas	1.901	1.680	2.064	0.384

El análisis con el índice de equidad de Pielou (*J'*), en base a los valores de diversidad de Shannon-Wiener (*H'*), demostró que la comunidad de anuros registradas en Cantalapiedra fue la más equitativa (*J'*= 0,862) y que su abundancia proporcional

está mejor distribuida, seguida de Cerro Blanco (*J'*= 0794), Loma Alta (*J'*= 0,788) y Dos Mangas (*J'*= 0,765) (Tabla 3). Se calculó el índice de Simpson (λ) para medir la dominancia de las localidades y poder establecer comparaciones entre localidades y los otros índices de equidad. Este índice tiende a ser menor cuando las comunidades son más diversas (*H'*), en efecto la interpretación es lo contrario a la equidad (*J'*), es decir, se mide la probabilidad de que si se toma dos individuos al azar en una comunidad o muestra ambos sean de la misma especie (Moreno, 2001); en este caso Dos Mangas fue la localidad con valores mayores de dominancia (λ= 0,190), seguida de Cerro Blanco (λ= 0,176), las localidades más diversas tuvieron valores más bajos, Loma Alta (λ= 0,138) y Cantalapiedra (λ= 0,143) (Tabla 4).

Tabla 4. Valores obtenidos de la riqueza de especies, individuos y de los índices analizados (λ, H' y J') para cada una de las cuatro localidades.

	Loma Alta	**Cerro Blanco**	**Cantalapiedra**	**Dos Mangas**
Número de especies	21	12	12	12
Número de individuos	257	55	65	69
Simpson λ	0,1386	0,1762	0,1432	0,1909
Shannon H'	2,4020	1,9740	2,1430	1,9010
Equitability J (Pielou)	0,7888	0,7943	0,8625	0,7650

Diversidad beta

Para medir el grado de recambio o reemplazo de especies se utilizó el índice de Whittaker (β_w) basándose en los datos de composición de las especies (presencia-ausencia) en las cuatro localidades de la CChC analizadas considerando las especies exclusivas en relación con el número total, contrastando el número de especies registradas en un conjunto de muestras (S) versus el promedio de especies de las muestras (α) (Moreno, 2001) (Tabla 5).

$$\beta_w = S / \alpha - 1$$

Tabla 5. Índice de reemplazo de especies - Whittaker β_w.

	Loma Alta	Cerro Blanco	Cantalapiedra	Dos Mangas
Loma Alta	0	0,27273	0,39394	0,33333
Cerro Blanco	0,27273	0	0,33333	0,41667
Cantalapiedra	0,39394	0,33333	0	0,33333
Dos Mangas	0,33333	0,41667	0,33333	0

Se elaboró un dendograma de similitud cualitativo solamente considerando la composición de especies utilizando el índice de Jaccard, el cual hace una relación del número de especies compartidas con el número total de las especies exclusivas (Villarreal et al., 2004). El valor mayor en similitud en la composición de la fauna de anfibios se dio entre las localidades Loma Alta y Cerro Blanco (*Cj*= 0,571) este valor aunque es el más alto de todas las otras comparaciones no representa un índice alto de similitud (valores de 0 a 1, donde 0= que no presenta ninguna similitud y 1= completamente similares). La similitud entre estas dos localidades se da principalmente porque Loma Alta comparte las mismas 12 especies que tiene Cerro Blanco; sin embargo, Loma Alta tiene mayor riqueza específica (21 spp.). En cambio, las localidades de Dos Mangas y Cerro Blanco presentaron la composición más disímil entre las cuatro localidades (*Cj*= 0,412); estas dos localidades fueron las que presentaron también un mayor recambio de especies (Figura 8, Tabla 4-5). Los valores de reemplazo de especies deben tomarse con precaución debido a que no todas las localidades tuvieron el mismo esfuerzo de muestreo, sin embargo existen especies exclusivas en localidades con mayor altitud que no se registraron en localidades de tierras más bajas y de ambientes más secos como es el caso de Cerro Blanco en la CChC. Las especies exclusivas en Loma Alta fueron: *Espadarana prosoblepon*, *Craugastor longirostris*, *Pristimantis* cf. *nyctophylax*, *Pristimantis* sp1. y *Pristimantis* sp2., que de haber existido un mayor esfuerzo de muestreo en las otras localidades o parecido al de Loma Alta, pudieron posiblemente haber sido registradas en Dos Mangas o Cantalapiedra.

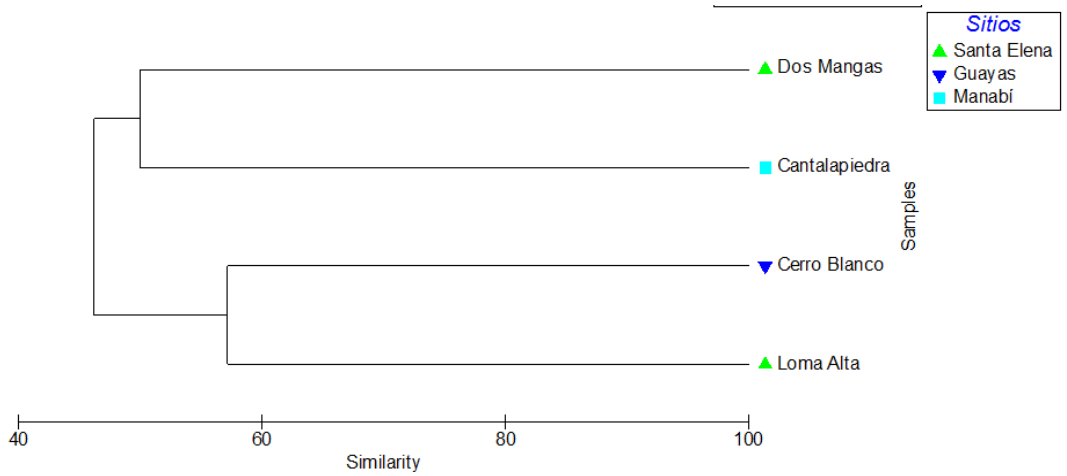

Figura 9. Dendograma de similitud de Jaccard de la fauna de anfibios registrada en las cuatro localidades de la CChC.

Semejanzas en las distribuciones

La semejanza de la anurofauna de los cuatro sitios de la CChC también fue determinada calculando el coeficiente de similitud biogeográfica (CBR por sus siglas en inglés) (Duellman, 1990). Este cálculo revela el número de especies compartidas por los sitios que va de siete (Cerro Blanco y Dos Mangas) a 12, siendo Cerro Blanco y Loma Alta (CBR= 0,727) las localidades más parecidas en relación a la composición de especies, y el otro extremo es CBR= 0,583 entre Cerro Blanco y Dos Mangas (Tabla 6).

Tabla 6. Ocurrencia de las especies de anuros en los cuatro sitios en la CChC*.

	Loma Alta	Cerro Blanco	Cantalapiedra	Dos Mangas
Loma Alta	**21**	12	10	11
Cerro Blanco	*0,727*	**12**	8	7
Cantalapiedra	*0,606*	*0,667*	**12**	8
Dos Mangas	*0,667*	*0,583*	*0,667*	**12**

* El número de especies de cada sitio se muestra en negritas en la celda común, el número de especies que son compartidas por los sitios se muestran en la parte superior derecha, y los coeficientes de semejanza biogeográfica están en cursiva en la parte inferior izquierda.

Para tener una visión más amplia de la diversidad de especies que pueden estar presentes en la CChC se incluyó al listado de la Tabla 2, los registros obtenidos de la literatura y de la revisión de especímenes en museos, con lo que el listado aumenta a 33 especies (Tabla 7). Se incluyen al primer listado las siguientes especies: Craugastoridae: *Pristimantis subsigillatus*, registrada por Cisneros-Heredia (2006b) y Almendáriz y Carr (2007) en el Parque Nacional Machalilla y por Morales y Altamirano-Benavides (2013) en la Reserva Biológica Ayampe. *Pristimantis* cf. *phoxocephalus* reportada por Almendáriz y Carr (2007) en el Parque Nacional Machalilla. *Pristimantis* sp4. reportada como *Eleutherodactylus* sp. en Cisneros-Heredia (2006b); sin embargo, para que no exista confusión con las otras tres especies de *Pristimantis* no identificadas en este estudio, se la asignó como *Pristimantis* sp4. Hylidae: *Agalychnis spurrelli*, es reportada en la Reserva Biológica Ayampe en el año 2013 por Morales y Altamirano-Benavides. Se incluye a *Hypsiboas boans* de acuerdo a un espécimen de museo (QCAZA53298) colectado en Dos Mangas, Santa Elena. *Scinax sugillatus*, reportada por Almendáriz y Carr (2007) en el Bosque Protector Cerro Blanco. Leptodactylidae: *Engystomops montubio*, ha sido registrada por Cisneros-Heredia (2006b) en el P.N. Machalilla y un individuo (QCAZA28764) de Loma Alta, Santa Elena. *Engystomops randi*, registro

obtenido por un espécimen de museo (QCAZA23425) colectado en el B.P. Cerro Blanco, Guayas. *Leptodactylus melanonotus*, incluido gracias a un espécimen de museo (QCAZA9904) colectado en el Río Ayampe, Manabí.

Tabla 7. Listado ampliado de especies registradas en la Cordillera Chongón Colonche (CChC). Registros actuales más registros de literatura y de museo. Acrónimos: PN M= Parque Nacional Machalilla, BP CB= Bosque Protector Cerro Blanco, RB A= Reserva Biológica Ayampe.

Familia	Especie	CChC (presente trabajo)	PN M (Cisneros-Heredia, 2006)	BP CB y PN M (Almendáriz y Carr, 2007)	RB A (Morales y Altamirano-Benavides, 2013)	Registros de Museo
Bufonidae	*Rhinella marina*	x	x	x	x	x
Centrolenidae	*Espadarana prosoblepon*	x				
Craugastoridae	*Craugastor longirostris*	x				
	Pristimantis achatinus	x	x	x	x	x
	Pristimantis subsigillatus		x	x	x	
	Pristimantis walkeri	x	x	x	x	
	Pristimantis cf. *nyctophylax*	x				
	Pristimantis cf. *phoxocephalus*			x		
	Pristimantis sp1.	x				
	Pristimantis sp2.	x				
	Pristimantis sp3.	x				
	Pristimantis sp4.		x			
Dendrobatidae	*Barycholos pulcher*	x			x	x
	Hyloxalus infraguttatus	x	x	x	x	x
	Epipedobates machalilla	x	x	x	x	x
	Agalychnis spurelli				x	
Hylidae	*Hypsiboas* cf. *pellucens*	x				
	Hypsiboas boans					x
	Hypsiboas rosenbergi	x				x
	Scinax quinquefasciatus	x	x			
	Scinax sugillatus					
	Smilisca phaeota	x				
	Trachycephalus jordani	x	x	x		

Familia	Especie	CChC (presente trabajo)	PN M (Cisneros-Heredia, 2006)	BP CB y PN M (Almendáriz y Carr, 2007)	RB A (Morales y Altamirano-Benavides, 2013)	Registros de Museo
Leptodactylidae	*Trachycephalus typhonius*	x	x			
	Engystomops cf. *guayaco*	x				
	Engystomops montubio		x			x
	Engystomops pustulatus	x	x			x
	Engystomops randi					x
	Leptodactylus labrosus	x	x		x	x
	Leptodactylus melanonotus					x
	Leptodactylus ventrimaculatus	x	x			
Ranidae	*Lithobates vaillanti*	x				
Ceratophryidae	*Ceratophrys stolzmanni*	x	x	x		
	Total especies	24	15	9	9	12

4.2. Comunidades de anuros

De acuerdo al Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental (Ministerio del Ambiente, 2013); en las cuatro localidades de estudio en la CChC existen cuatro tipos de ecosistemas dentro de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (ver figura 3). Con base en la composición de especies por familias registradas en el trabajo de campo se obtuvieron los siguientes datos (Tabla 8): en el ecosistema Bosque Deciduo (BD) se registraron 29 individuos de ocho especies pertenecientes a cinco familias (Figura 10), este ecosistema encontrado principalmente en las zonas más bajas y laderas de las montañas en Cerro Blanco y Loma Alta mantiene especies de amplia distribución y cosmopolitas como *Rhinella marina*, también especies de características estacionales como el escuerzo *Ceratophrys stolzmanni* y especies de hílidos que se caracterizan por habitar zonas abiertas como es el caso de *Scinax quinquefasciatus*, que puede llegar a ser visto incluso dentro de las casas y baños, y la rana cabeza de casco *Trachycephalus jordani*. En el Bosque Semideciduo (BSd) se registraron 131 individuos de 13 especies en seis familias, aquí ya aparecen especies como *Pristimantis achatinus* y los dendrobátidos *Epipedobates machalilla* y *Hyloxalus infraguttatus* que no fueron reportados en el Bosque Deciduo, aumenta el número de especies de hílidos y no se registran ranas de la familia Ranidae.

Tabla 8. Riqueza específica por familia de acuerdo al tipo de formación vegetal.

Familia	Bosque Deciduo	Bosque Semideciduo	Piemontano Occidental	Montano Bajo
Bufonidae	1	1	1	1
Centrolenidae	-	-	-	1
Craugastoridae	-	1	4	6
Dendrobatidae	-	2	2	1
Hylidae	3	5	4	3
Leptodactylidae	2	3	3	-
Ranidae	1	-	-	-
Ceratophryidae	1	1	-	-
TOTAL	**8**	**13**	**14**	**12**

El tipo de ecosistema Piemontano Occidental (PO) de la CCPE ubicado entre los 200 y 400 metros es un tipo de zona de transición entre el Bosque Semideciduo y Montano Bajo de la CCPE, en este ecosistema se registró la mayor cantidad de

individuos (157) y de especies (14) principalmente debido a que tuvo el mayor esfuerzo de muestreo, abarca tres de las cuatro localidades del estudio (Dos Mangas, Cantalapiedra y Loma Alta) y a que en este ecosistema existe un nivel de precipitación aceptable incluso en la época seca donde existen intensas garúas, sobre todo en aquellos cerros con orientación a la costa, que interceptan la neblina que por condensación sobre la vegetación se transforma en lluvia (Valverde, 1991). Es importante mencionar que en este ecosistema se concentró la mayor cantidad de especies e individuos del género *Pristimantis* (Craugastoridae) (Tabla 8).

El ecosistema Bosque Siempre verde Montano Bajo (MB) de la CCPE, se encuentra en la CChC sobre los 400 metros está representado por las localidades de Dos Mangas y Loma Alta, aquí se registraron 129 individuos de 12 especies repartidas en cinco familias. Es en este ecosistema donde se registró el único centrolénido reportado para la CChC (*Espadarana prosoblepon*) en Loma Alta igualmente en esta localidad se registró a *Craugastor longirostris* y cinco especies de *Pristimantis* incluida *P.* cf. *nyctophylax*, en este ecosistema ya no se encuentra a *E. machalilla* pero si persiste *H.* aff. *infraguttatus* (Figura 10). Estas especies "chocoanas" existen debido a las altas precipitaciones en la época húmeda y a que en la época seca existe un bioclima pluviestacional local, aunque el bioclima regional sea xérico; debido la compensación hídrica de la precipitación horizontal, procedente de la neblina (Ministerio del Ambiente, 2013).

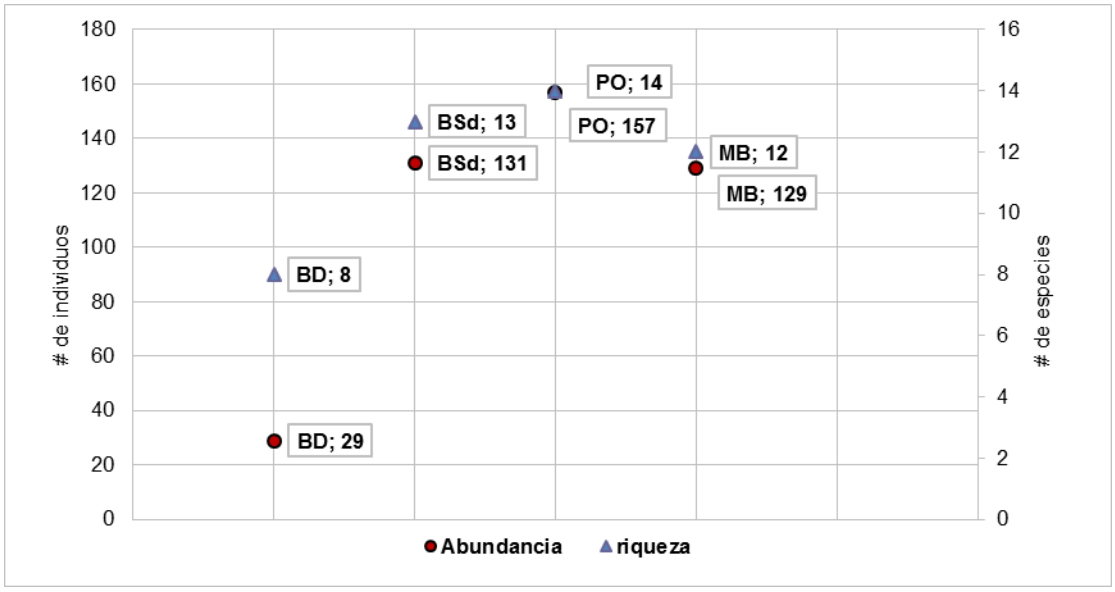

Figura 10. Diversidad de especies de anfibios de acuerdo a la formación vegetal.

Especies representativas

Pristimantis achatinus (Figura 11-D) fue registrada en las cuatro localidades del estudio de campo en la CChC y además fue la segunda especie con más número de individuos registrados (# indv.= 67; *Pi*= 0,150) lo que corresponde al 15% del total de la abundancia observada durante el trabajo de campo en la CCHC. *P. achatinus* es un complejo de especies crípticas que tienen diferentes cantos (Lynch y Duellman, 1997) y con un patrón de distribución compartido con Panamá y Colombia (PA-CO-EC) (Tabla 9), que en conjunto con *Craugastor longirostris* son las dos especies registradas en la CChC con este patrón.

Se hallaron 22 individuos en Loma Alta de una población aparentemente estable de una especie de *Pristimantis* adscrita por ahora a la especie *P.* cf. *nyctophylax* (Figura 11-F), que solo se reporta anteriormente de una franja muy pequeña de bosque húmedo y templado de las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes (1900 a 2100 m snm) en las provincias de Cotopaxi y Pichincha (Lynch y Duellman, 1997), Arteaga (2012) indica que la especie se distribuye dentro de un rango de 400-2885 m y que se la ha registrado en al menos 25 localidades en nueve provincias de Ecuador sin embargo no se incluye a la provincia de Santa Elena en este análisis. *P.* cf. *nyctophylax* comparte varias características descriptivas con la especie original de los Andes, pero presentan suficiente variación morfológica y de comportamiento, como para tratarse de una posible especie nueva (Amador y Martínez, 2011).

Se observaron tres especies del género *Pristimantis* que no pudieron ser identificadas ni en el campo ni en el laboratorio, *Pristimantis* sp.1 (Figura 11-G) y sp.2 fueron registradas en Loma Alta con dos y un individuo respectivamente y *Pristimantis* sp.3 se registró de un solo individuo en la localidad de Cantalapiedra. La especie adscrita momentáneamente como *Pristimantis* sp.1 se asemeja morfológicamente a *P. subsigillatus*, sin embargo hace falta más material colectado para definir la identificación. Es necesario nuevas visitas a las localidades Loma Alta y Cantalapiedra con el objetivo de poder colectar más ejemplares de estas especies de *Pristimantis* no identificadas a la fecha.

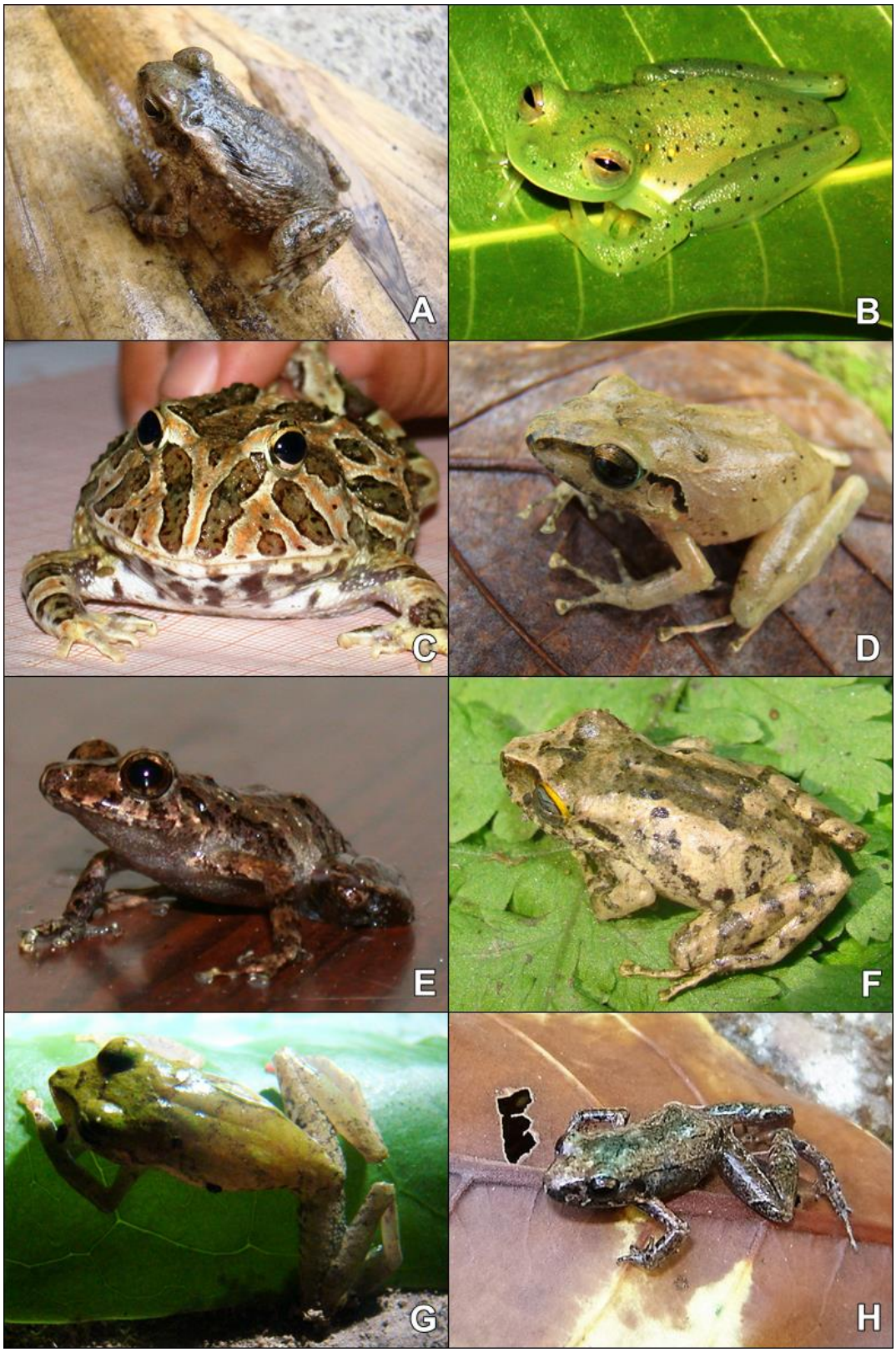

Figura 11. Algunas especies registradas en la CChC. A) Rhinella marina (Cerro Blanco), B) Espadarana prosoblepon (Loma Alta), C) Ceratophrys stolzmanni (Loma Alta), D) Pristimantis achatinus (Loma Alta), E) Pristimantis walkeri (Loma Alta), F) Pristimantis nyctophylax (Loma Alta), G) Pristimantis sp.1 "subsigillatus" (Loma Alta) y H) Barycholos pulcher (Dos Mangas). Fotos B, C y E por C.C. Martínez.

Barycholos pulcher (Figura 11-H) a pesar de haber sido encontrada en gran número de individuos en otras localidades del occidente de Ecuador como por ejemplo Churute (Guayas) y Jauneche (Los Ríos) (observación personal, datos aún no publicados). En la CChC presentó una baja abundancia, por lo que se podría catalogarla como una especie rara, ya que se encontró un solo individuo en la localidad de Dos Mangas (Santa Elena). Otra característica que llamó la atención es que en Dos Mangas *B. pulcher* fue encontrada en horas del día al contrario de lo observado en Churute y Jauneche donde son muy conspicuas en la noche.

Epipedobates machalilla (Figura 12) fue registrada en las cuatro localidades del estudio de campo en la CChC y además fue la tercera especie con más número de individuos registrados (# indv.= 62; *Pi*= 0,139) lo que corresponde aproximadamente al 14% del total de la abundancia observada durante el trabajo de campo en la CCHC. Es una especie diurna, terrestre asociada a cuerpos de aguas estacionales o permanentes, también presenta la particularidad de alejarse varios metros del cuerpo de agua más cercano (entre cinco y 10 metros se observó en Dos Mangas) inclusive se registró individuos con renacuajos sobre el dorso dentro de senderos entre la hojarasca. Habita en simpatría con otro dendrobátido *Hyloxalus* aff. *infraguttatus* y el craugastórido *Pristimantis achatinus* (individuos con actividad diurna) en todas las localidades estudiadas.

Figura 12. Rana nodriza de machalilla (*Epipedobates machalilla*). Localidad: Pedro Carbo – este de la Cordillera Chongón Colonche.

Hyloxalus aff. i*nfraguttatus* (Figura 13) fue la especie más abundante (121 individuos; *Pi*= 0,271) se la encontró en las cuatro localidades representando el 27% de la abundancia relativa de las especies en la CChC. Actualmente esta especie está siendo revisada morfológica y genéticamente para definir su estatus ya que es considerada un complejo de por lo menos tres especies (Coloma, 1995; Grant et al., 2006) (comentario personal del autor). Por ahora existen relaciones muy cercanas en cuanto a la morfología y coloración entre las poblaciones de Cerro Blanco y Churute que formarían un clado; y otro formado por las poblaciones de Loma Alta, Dos Mangas y las poblaciones de Santa Elena y Manabí en la CCPE. Los individuos de estos dos "clados" difieren en morfología y coloración con la especie original que sería la registrada en los bosques de las tierras bajas de las estribaciones del sur de la cordillera de los Andes (i.e. Bucay-Chillanes).

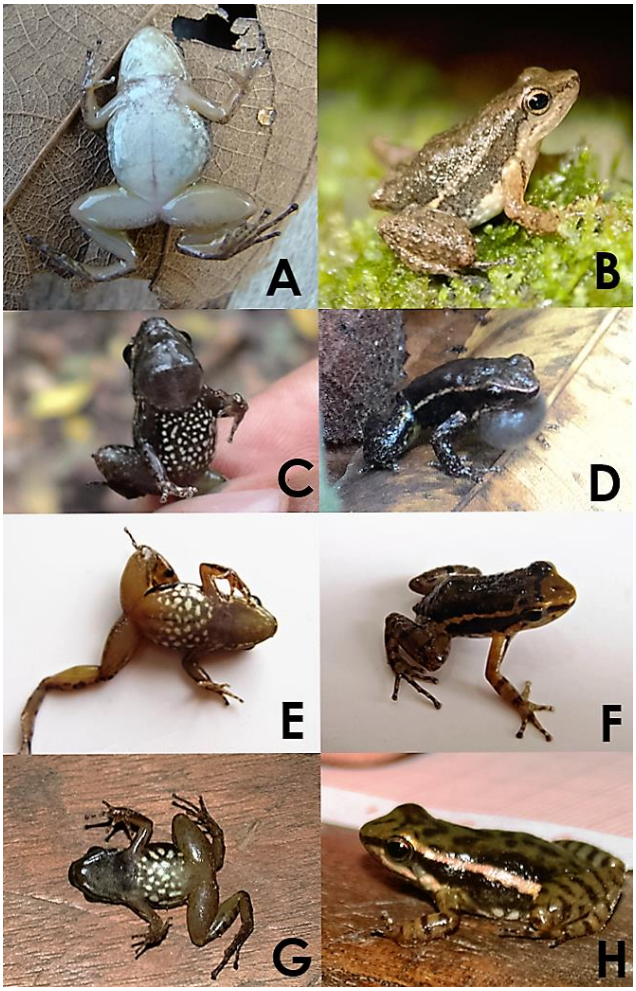

Figura 13. Variaciones en la coloración de *Hyloxalus* aff. *infraguttatus* en diferentes localidades del occidente de Ecuador. A y B= Cerro Blanco, C y D= Churute, E y F= Dos Mangas y G y H= Loma Alta. Fotos G y H por C.C. Martínez.

Hypsiboas cf. *pellucens* (Figura 14) por confirmar su estatus, por lo menos en las poblaciones de Loma Alta, ya que comparte varios elementos descriptivos con la especie original de los bosques húmedos de las estribaciones occidentales de los Andes, pero presenta suficiente variación morfométrica y de comportamiento, como para tratarse de una posible especie nueva.

Figura 14. Ejemplar macho adulto de *Hypsiboas* cf. *pellucens* en Loma Alta, provincia de Santa Elena. Fotos por C.C. Martínez.

Endemismo

P. walkeri es una especie endémica de los bosques del occidente de Ecuador. La especie original *P. nyctophylax* es endémica de Ecuador. *Barycholos* solamente contiene dos especies (*pulcher* endémica de Ecuador y *ternetzi* en Brasil) y es parte del taxón Holoadeninae (Hedges et al., 2008). *Epipedobates machalilla* es endémica de los bosques deciduos y semideciduos del occidente de Ecuador. Las dos especies de *Engystomops* registradas para la CChC en el trabajo de campo son endémicas de los bosques secos de Ecuador (Tabla 9).

Tabla 9. Número de especies de acuerdo a su distribución por países.

Patrón de distribución	Número de especies	%
A	5	21%
PA-CO-EC	2	8%
CO-EC-PE	2	8%
CO-EC	2	8%
EC	10	42%
EC-PE	3	13%
TOTAL	**24**	**100%**

Variación espacial

La distribución geográfica de la riqueza de anfibios sigue, a grandes rasgos, un patrón altitudinal con las zonas más ricas claramente ubicadas en las zonas más altas de la CChC (>400 msnm). El patrón de variación espacial de la riqueza es complejo, con bastantes zonas ricas en especies situadas en áreas montañosas. La rareza en la riqueza de las especies de anfibios varía, de un modo similar, con mayores valores de rareza en la zona norte de la cordillera, pero también en las montañas ubicadas en la parte central (Loma Alta) y en menor proporción en zonas bajas (bosques deciduos y semideciduos) como es el caso de Cerro Blanco.

4.3. Análisis Biogeográfico

El origen de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial y por ende de la Cordillera Chongón-Colonche se da en el Cretácico Tardío hace unos 75 millones de años aproximadamente, pese a que esta cordillera tiene menor altitud que la cordillera de los Andes, tiene un origen geológico mucho más antiguo, según Garzione et al., (2014) los Andes tuvieron un abrupto nacimiento hace diez a seis millones de años.

De acuerdo a la biogeografía de ranas de la familia Craugastoridae por Heinicke et al., (2007) con su análisis de relojes moleculares rechazan la prevalente hipótesis de que estas ranas surgieron de conexiones terrestres entre norte y Sudamérica y su subsecuente fragmentación en el Cretácico tardío (80-70 millones de años-Mya). Es más probable un origen por dispersión desde Sudamérica en el Cenozoico temprano (47-29 Mya). Esto indica que América del Sur fue el lugar de origen para el grupo, como lo fue para ranas hyloides en general. Sin embargo, la gran diversidad de especies, incluyendo el clado Sudamericano de 393 especies, está asociada con los Andes. El levantamiento andino es relativamente reciente, que se produce principalmente en los últimos 10-20 millones de años. Una rápida diversificación dentro del clado de América del Sur, que comenzó hace 24 millones de años y ha continuado hasta el presente, fue probablemente vinculado con esta elevación. La creación de montañas y cambios climáticos asociados dieron como resultado patrones de aislamiento de hábitat, que, a su vez, probablemente resultó en el aislamiento genético y la especiación en estos anfibios.

Similitud Biogeográfica en el occidente de Ecuador

Se trabajó con los ensambles de 12 localidades del occidente de los Andes de Ecuador, las mismas pertenecen a cuatro ecorregiones definidos recientemente por el Ministerio del Ambiente (2013) de Ecuador. Las cuatro ecorregiones son Chocó Ecuatorial, Tumbes Ecuatorial, Andes occidentales y Pacífico Ecuatorial y para cada sector biogeográfico se consideraron tres localidades, para el Chocó Ecuatorial: Bilsa-Mache Chindul, Jama-Coaque y Río Canandé; Pacífico Ecuatorial: Chongón Colonche, Churute y Ayampe-Machalilla; Tumbes Ecuatorial: Achiotes-El Faique, La Ceiba-Cordillera Arañitas y Buenaventura, y para la Cordillera Occidental: Quebrada Zapadores, Río Faisanes y Río Guajalito (Tabla 1-A (Anexos); Figura 15).

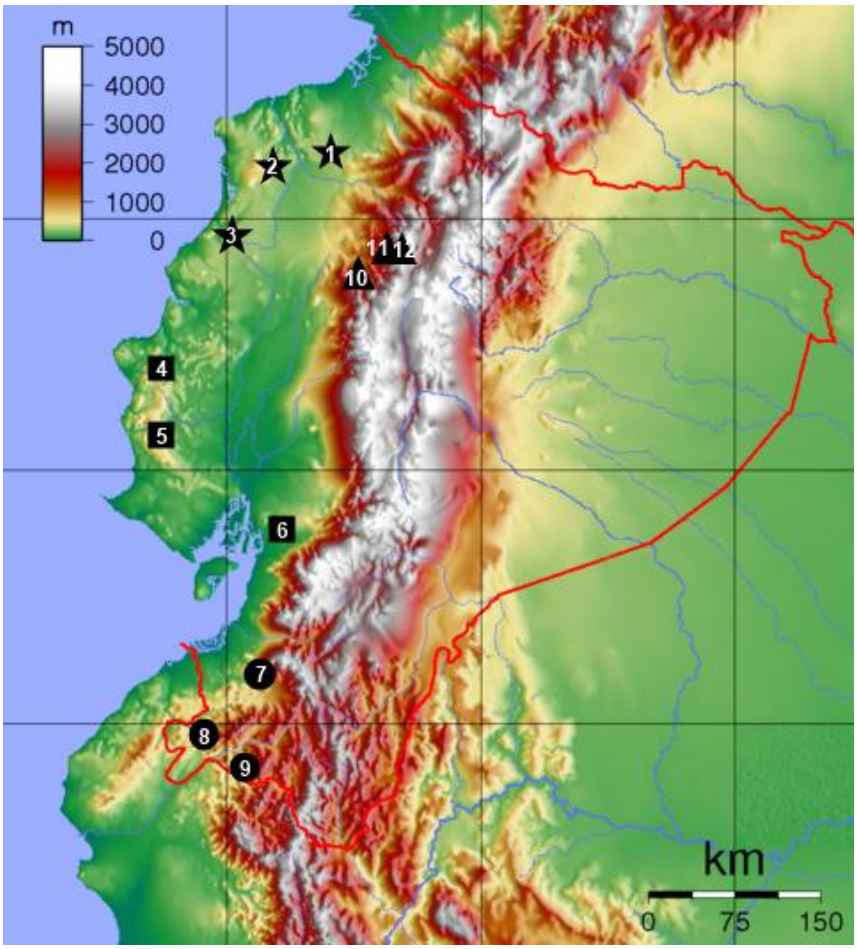

Figura 15. Mapa de Ecuador mostrando los sitios de estudio. Estrellas (Chocó ecuatorial): 1 = Río Canandé, 2 = Bilsa-Mache Chindul, 3 = Jama Coaque; Cuadrados (Pacífico ecuatorial): 4 = Ayampe-Machalilla, 5 = Chongón-Colonche, 6 = Churute; Círculos (Tumbes ecuatorial): 7 = Buenaventura, 8 = Achiotes-El Faique, 9 = Cordillera Arañitas-La Ceiba; Triángulos (Cordillera Occidental): 10 = Río Guajalito, 11 = Río Faisanes, 12 = Quebrada Zapadores.

Se registraron 101 especies para la zona de estudio; éstas pertenecen a las familias Bufonidae (5 especies), Centrolenidae (16), Ceratophryidae (1), Craugastoridae (41), Dendrobatidae (8), Eleutherodactylidae (1), Hemiphractidae (2), Hylidae (16), Leptodactylidae (9), y Ranidae (2). Las familias Centrolenidae (ranas de cristal) e Hylidae (ranas arbóreas) presentaron mayor número de géneros diferentes dentro de su composición (ocho cada una). El género *Pristimantis* (Craugastoridae), con 37 especies, es el más diverso dentro del área de estudio.

Los sitios que presentaron más especies se encontraron en la región del Chocó y fueron Río Canandé y Bilsa-Mache Chindul con 33 especies cada uno, Chongón Colonche en el Pacífico Ecuatorial presenta una riqueza de especies alta comparada a otros sitios de su misma región, con 27 especies. Los sitios más pobres en número de especies estuvieron en la región de Tumbes Ecuatorial y fueron cordillera Arañitas-La Ceiba y Achiotes-El Faique, con siete y ocho especies respectivamente (Tabla 10, Figura 15). En cuanto a las regiones, el Chocó contiene la mayor riqueza de especies con 54, seguida de la Cordillera Occidental (38), Pacífico Ecuatorial (35) y Tumbes (20) (Tabla 10).

Tabla 10. Riqueza de especies por sitio (promedio y desviación estándar)

Región Biogeográfica	Localidad	Especies	X ± SD
Chocó Ecuatorial	Río Canandé	33	30.3 ± 4.62
	Jama Coaque	25	
	Bilsa Mache Chindul	33	
Pacífico Ecuatorial	Chongón-Colonche	27	20.6 ± 6.03
	Churute	15	
	Ayampe-Machalilla	20	
Tumbes Ecuatorial	Buenaventura	17	10.6 ± 5.51
	Cordillera Arañitas-La Ceiba	7	
	Achiotes El Faique	8	
Cordillera Occidental	Rio Guajalito	22	18.6 ± 2.89
	Rio Faisanes	17	
	Quebrada Zapadores	17	

Para medir la similitud de especies (diversidad beta) para los sectores biogeográficos y localidades se utilizaron índices de reemplazo de especies como el de Whittaker (Tabla 10) y de similaridad como el coeficiente de similitud de Jaccard (cualitativo) para el análisis de agrupamiento entre las áreas. Se pudo observar dos grupos bien marcados, uno que agrupa a las poblaciones de anfibios en las localidades de la Cordillera del Pacífico Ecuatorial, Cordillera Costera del Chocó-Chocó Ecuatorial y Catamayo-Alamor-Jama-Zapotillo (Tumbesina); y otro grupo conformado por las tres localidades de la Cordillera Occidental (Figura 16).

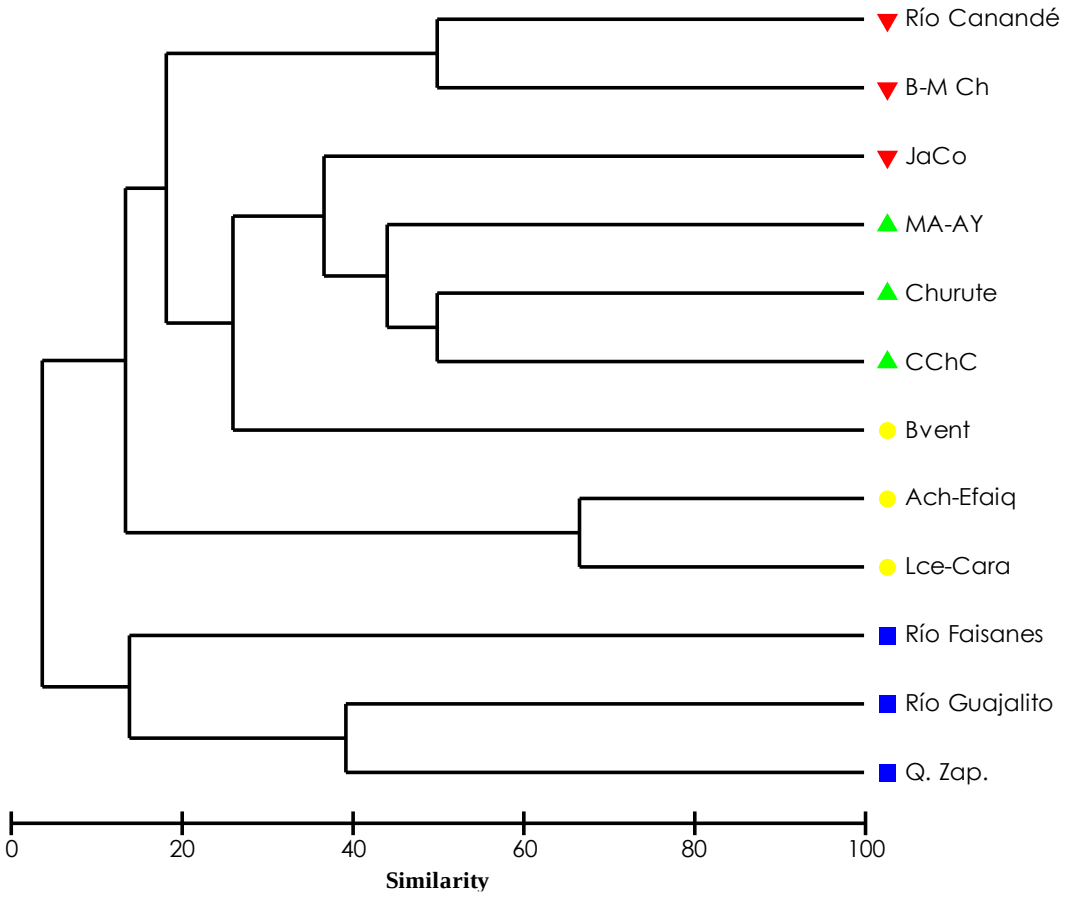

Figura 16. Dendograma de similitud cualitativa de Jaccard para las localidades escogidas por sector biogeográfico

Existió un mayor recambio de especies dentro de los sectores biogeográficos comparados con la Cordillera Occidental. Un menor recambio de especies se dio entre el sector de la CCPE con otras regiones y localidades dentro del Chocó y Tumbes (Tabla 11).

Tabla 11. Índice de reemplazo de especies - Whittaker β.

	CCPE	ChE-CCCh	COcc	CA-JZ
CCPE	0,000	0,506	0,781	0,519
ChE-CCCh	0,506	0,000	0,826	0,699
COcc	0,781	0,826	0,000	0,825
CA-JZ	0,519	0,699	0,825	0,000

En general el reemplazo de especies es relativamente alto y más notorio a medida de que la distribución de las especies es más altitudinal. El mayor número de especies compartidas en los sectores biogeográficos (22) es entre la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (CCPE) y el ensamble compuesto por la el Chocó Ecuatorial (CHE), el ensamble Catamayo-Alamor -Jama-Zapotillo (Tumbes) comparte 14 especies con la CCPE y 11 especies con el Chocó. El análisis de semejanza biogeográfica (CBR) provee una visión preliminar de las relaciones entre los ensambles de anuros analizados. El Pacífico Ecuatorial comparte más especies con el Chocó (CBR = 0,494) y Tumbes Ecuatorial (CBR = 0,481). Las regiones del Chocó Ecuatorial y Cordillera Occidental son las regiones que comparten menos especies, existiendo un fuerte recambio de especies (CBR = 0,174) donde de las 54 especies registradas en el Chocó, solo ocho se encuentran también en la Cordillera Occidental (Tabla 12).

Tabla 12. Especies compartidas y número de especies por región biogeográfica. En negritas el número de especies compartidas por pares de regiones, colores más oscuros indican más especies compartidas. Números subrayados indican la riqueza total por región.

	Chocó Ecuatorial	Pacífico Ecuatorial	Tumbes Ecuatorial	Cordillera Occidental
Chocó Ecuatorial	54	**22**	**11**	**8**
Pacífico Ecuatorial		35	**14**	**8**
Tumbes Ecuatorial			20	**5**
Cordillera Occidental				38

En el análisis de clúster basado en la matriz de similitud de Jaccard se observa un patrón similar al entregado por el CBR. El dendograma de similitud presenta dos

agrupamientos principales de baja similitud; el grupo más distante corresponde a los tres sitios de la Cordillera Occidental, incluyendo a la localidad más diferente del conjunto, Río Faisanes (localidad 11, ver Figura 15). El segundo grupo incluye a las nueve localidades de Chocó, Pacifico y Tumbes Ecuatorial; Achiotes-El Faique (localidad 8) y La Ceiba-Cordillera Arañitas (localidad 9) en Tumbes conforman el subgrupo con mayor similitud (66,7 %); sin embargo, son las dos localidades con menos especies. Al otro extremo en el Chocó están Río Canandé (localidad 1) y Bilsa-Mache Chindul (localidad 2) que con el 50 % de similitud conforman el segundo subgrupo más símil dentro de este grupo, ambos sitios contienen 33 especies. El subgrupo más representativo en términos del número de especies compartidas es el conformado por los tres sitios del Pacífico Ecuatorial más las localidades de Buenaventura (localidad 7) en el sur (Tumbes) y Jama-Coaque (localidad 3) en el norte (Chocó) respectivamente (Figura 16).

En el gráfico del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS, Figura 17) se complementa la información presentada en el dendograma mediante una función de ajuste resultante de un proceso reiterado de optimización; en el nMDS el valor de la función stress fue de 0,05 lo que determina que el escalamiento se encuentra bien ajustado. En el 2D - nMDS se pueden observar cinco agrupamientos, esto se debe a la baja similitud que tiene la localidad de Río Faisanes con los demás sitios incluidos los otros dos de su misma región biogeográfica, la Cordillera Occidental. En el plot (Figura 17) se muestra también claramente el agrupamiento de los tres sitios del Pacífico Ecuatorial (Chongón-Colonche, Machalilla-Ayampe y Churute) con Jama Coaque (Chocó Ecuatorial) y Buenaventura (Tumbes Ecuatorial). Los resultados del análisis de PERMANOVA muestran diferencias significativas entre los sitios (pseudo-F(3,8) = 3.278; P(perm) < 0,001); la prueba por pares a posteriori del análisis de PERMANOVA encontró diferencias significativas a través de las simulaciones de Monte-Carlo P (MC) entre las regiones Pacífico Ecuatorial y Cordillera Occidental (t = 2.021; P (MC) = 0,039) los valores probabilidad P (MC) de la Cordillera Occidental con Tumbes y Chocó Ecuatorial sugieren que puede existir diferencias sutiles entre estas regiones (Tabla 13).

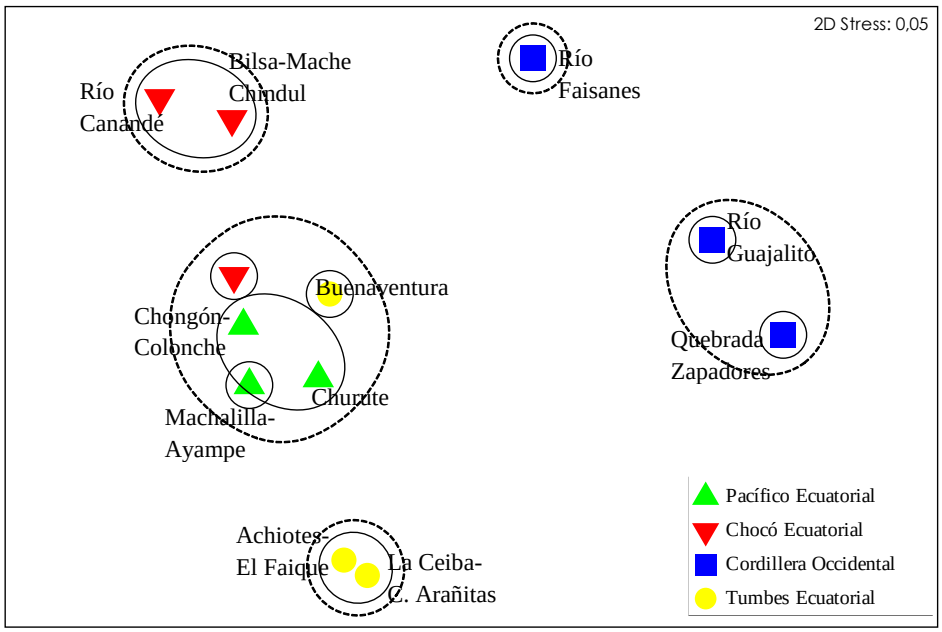

Figura 17. Escalamiento multidimensional no métrico señalando las relaciones entre composición de especies y sitios

Tabla 13. Resultados del análisis PERMANOVA entre sectores biogeográficos

Grupos	t	P_{perm}	Permutaciones únicas	P (MC)
Pacífico Ecuatorial, Chocó Ecuatorial	17,419	0,0963	10	0,0661
Pacífico Ecuatorial, Cordillera Occidental	20,214	0,1051	10	**0,0288**
Pacífico Ecuatorial, Tumbes Ecuatorial	17,254	0,1007	10	0,0671
Chocó Ecuatorial, Cordillera Occidental	17,823	0,0963	10	0,0553
Chocó Ecuatorial, Tumbes Ecuatorial	1,764	0,1033	10	0,061
Cordillera Occidental, Tumbes Ecuatorial	17,942	0,0982	10	0,0558

Relación disimilitud – ambiente

Para poner a prueba la relación de las cuatro variables ambientales utilizadas en este estudio, temperatura, precipitación, altura y distancia geográfica, sobre la disimilitud (J_{disim}= 1-Jaccard) se realizó un test de Mantel R_M (método: Spearman) con 10.000 permutaciones para cada combinación de matrices de distancia/disimilitud. Los análisis realizados reflejan correlaciones positivas y estadísticamente significativas de la

similitud con parámetros ambientales como la precipitación, temperatura, distancia geográfica y altitud (Figura 18). El resultado de la prueba para la disimilitud (J_{disim}) y la distancia geográfica fueron R_M = 0.4147, p = 0.0057; la correlación entre J_{disim} y la precipitación fue R_M = 0.4839, p = 0.0056; el resultado de la correlación entre J_{disim} y la altura fue R_M = 0.6279, p = 0.0029 y la correlación entre J_{disim} y la temperatura fue de R_M = 0.6485, p = 0.0026.

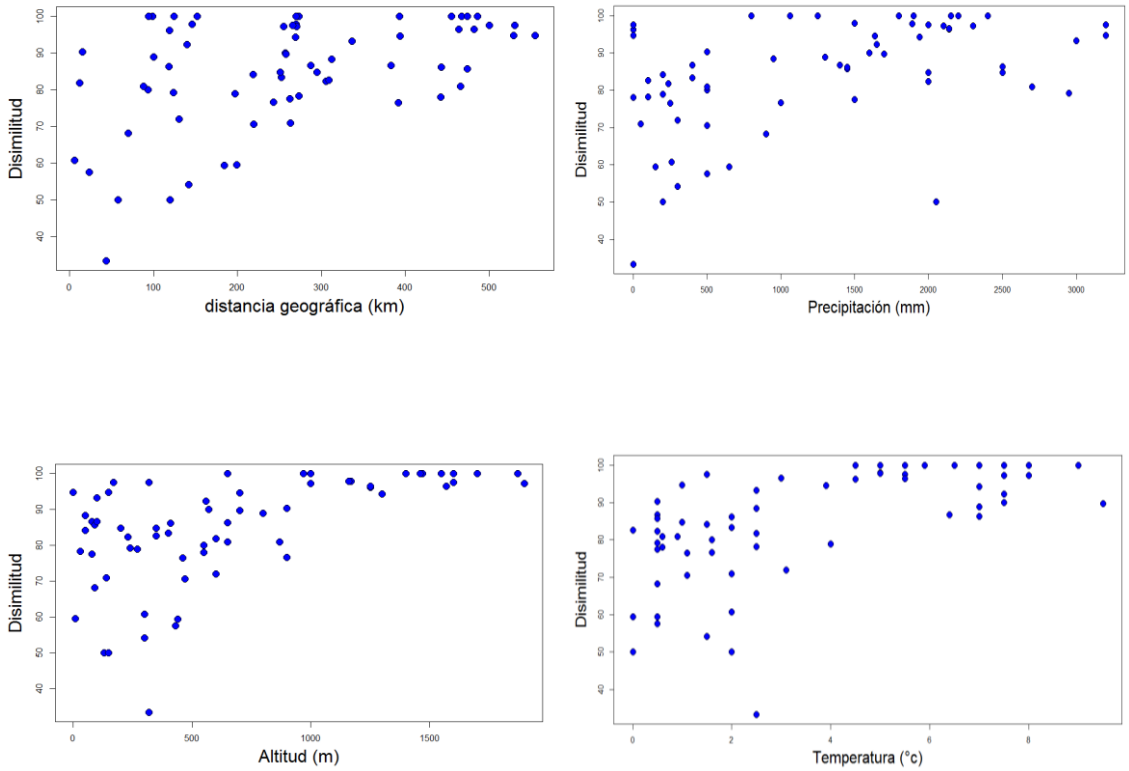

Figura 18. Correlaciones entre la disimilutud (inverso de Jaccard - J_{disim})) y variables ambientales (temperatura, precipitación, altitud, distancia geográfica) elaboradas con un test de Mantel

Biogeografía cladística

Con el modelo de 10 especies de anuros (seis especie de hílidos y cuatro especies de leptodactílidos) registrados en las cuatro localidades de estudio dentro de la CChC, con base a esta información se elaboraron cladogramas de taxones; un cladograma para la familia Hylidae y otro para la familia Leptodactylidae. Para deducir las relaciones históricas entre las áreas (Cerro Blanco, Loma Alta, Dos Mangas y Cantalapiedra) se continuó con el análisis y se sustituyeron los cladogramas de los taxones por las áreas que ocupan, obteniéndose los respectivos cladogramas de áreas (Figura 19).

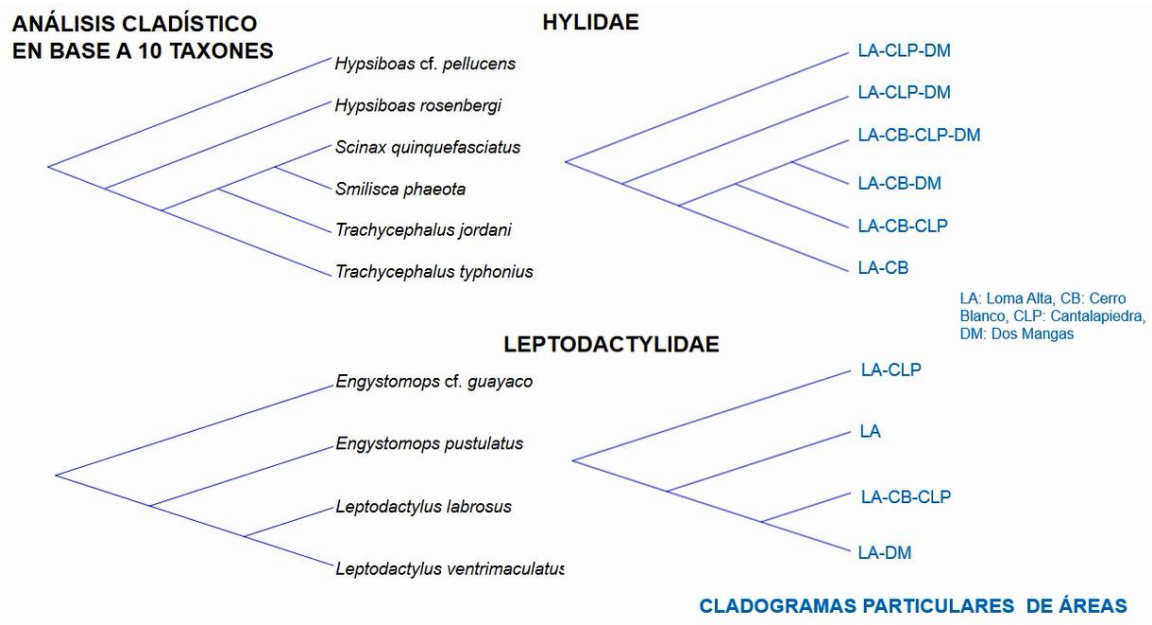

Figura 19. Análisis de biogeografía cladística de las especies registradas para las familias Hylidae y Leptodactylidae en cuatro localidades de la CChC.

Con este análisis lo siguiente fue buscar un patrón de relación de las áreas que se repita en todos los cladogramas, combinando los dos cladogramas particulares de áreas en un solo cladograma general de áreas (Figura 20) que permitió formular una hipótesis para poder explicar la historia biogeográfica de los taxones utilizados como modelo y de las áreas donde se distribuyen estas especies.

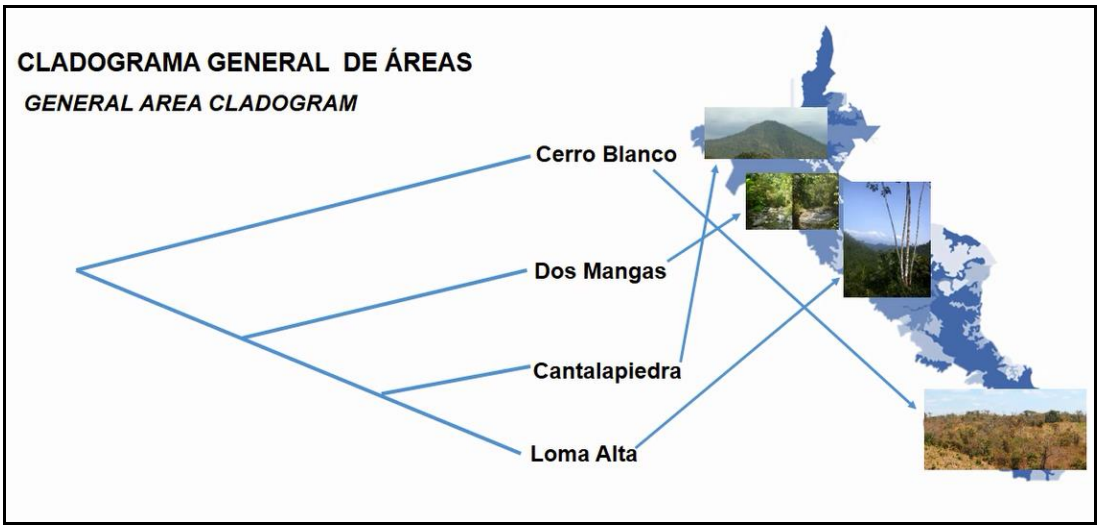

Figura 20. Cladograma general de áreas para cuatro localidades de la CChC en base a taxones de la familia Hylidae y Leptodactylidae.

Uso de Micro-hábitat y tiempo de actividad

Como podría suponerse, las ocho especies que no presentan asociación con cuerpos de aguas de manera directa son aquellas especies de ranas con desarrollo directo de la familia Craugastoridae (*Pristimantis*, *Craugastor*, *Barycholos*); las otras 16 especies, todas tiene alguna relación con cuerpos de agua, sean estos estacionales o permanentes (Tabla 14, Figura 21). De acuerdo al registro de la actividad, el 87.5% de los anfibios registrados presentaron actividad nocturna (21 especies), mientras que el 12.5% de las especies son casi exclusivamente diurnas como es el caso de las dos especies de dendrobátidos (*E. machalilla* y *H.* aff. *infraguttatus*) más el registro de *B. pulcher*, es importante destacar que el cutín *P. achatinus* presentó registros de actividad diurnos y nocturnos, sin embargo solamente se la escuchó cantar durante la noche.

Pristimantis walkeri en la CChC presenta hábitos nocturnos se la ha registrado vocalizando en vegetación media y alta (altura de percha entre 1.5 y 3 metros), puede ser vista tanto dentro de bosque maduro en buen estado de conservación como también en terrenos disturbados y bordes de bosques; no está asociada a cuerpos de agua. *P. nyctophylax* es una especie de hábitos terrestres, nocturna, que no está directamente asociada a cuerpos de agua; en Loma Alta fue encontrada perchada en alturas de 1 a 2.5 m, no fue encontrada en la hojarasca ni tampoco se escucharon cantos de esta especie.

De las 24 especies registradas hasta ahora en la CChC, nueve fueron reportadas en bordes de bosque y asociadas o no a cuerpos de agua, de estas especies se podría decir que seis son consideradas como indicadoras de áreas abiertas o con algún grado de alteración, a saber: *R. marina*, *T. typhonius*, *S. quinquefasciatus*, *T. jordani*, E. *pustulatus* y *L. labrosus*. Una especie encontrada en este perfil del hábitat de la CChC es *C. stolzmanni*, que es una rana típica de bosque seco y que además fue la única especie reportada con hábitos fosoriales. La mayoría de las especies, el 62.5% (15 especies) habita en el interior del bosque, ocupando áreas con mayor cobertura vegetal y con más recursos para seleccionar donde las especies no tan generalistas pueden encontrar micro-hábitats más adecuados para sus necesidades (Figura 21).

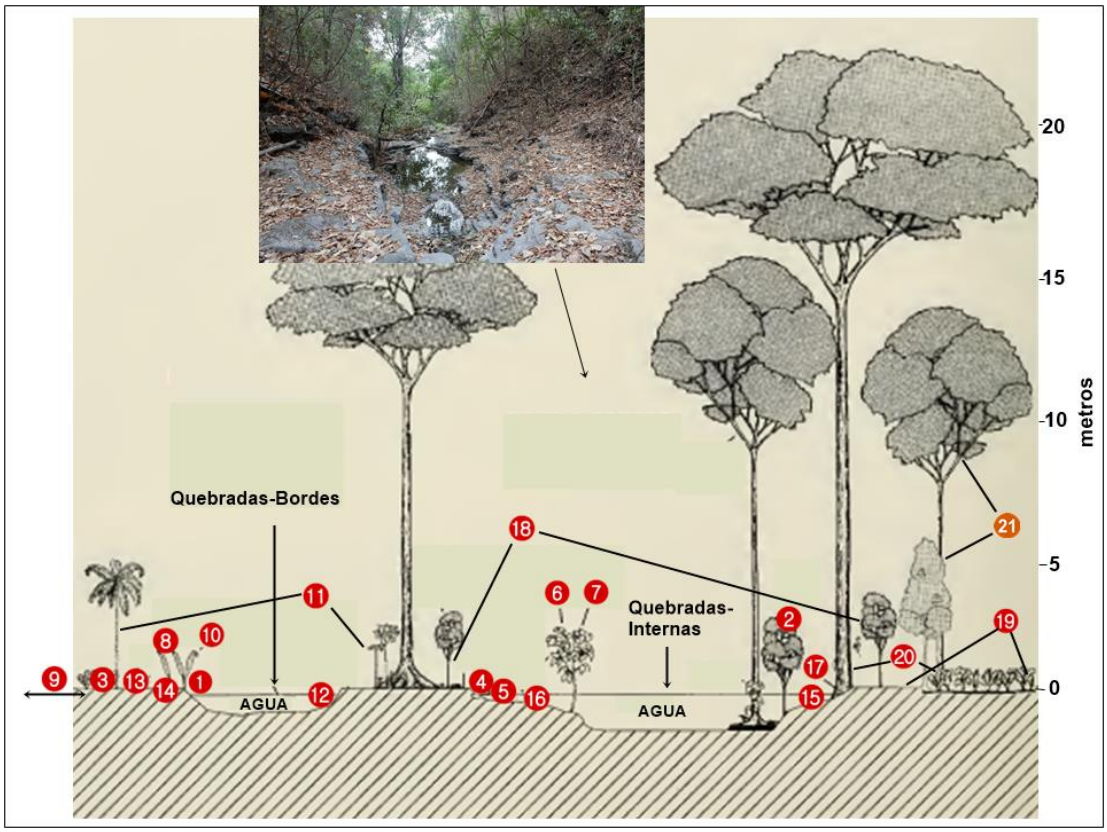

Figura 21. Perfil de hábitat típico en CChC (recuadro: Cerro Blanco). 1= *R. marina*, 2= *E. prosoblepon*, 3= *C. stolzmanni*, 4= *E. machalilla*, 5= *H.* aff. *infraguttatus*, 6= *H.* cf. *pellucens*, 7= *H. rosenbergi*, 8= *T. typhonius*, 9= *S. quinquefasciatus*, 10= *S. phaeota*, 11= *T. jordani*, 12= *E.* cf. *montubio*, 13= *E. pustulatus*, 14= *L. labrosus*, 15= *L. ventrimaculatus*, 16= *L. vaillanti*, 17= *B. pulcher*, 18= *C. longirostris*, 19= *P. achatinus*, 20= *P.* cf. *nytophylax*, 21= *P. walkeri*. Modificado de Duellman (1997).

Tabla 14. Uso de hábitat y actividad de los anuros registrados en la CChC.

ESPECIE	Asociación con cuerpos de agua				Hábitos - Microhabitat				Altura de la percha desde el suelo			Abun.	Act.
	ACP	AEP	CAE	ACA	T	R	Fo	P	B	M	A		
Rhinella marina		1	1	1	1	1			1			A	N
Espadarana prosoblepon	1		1			1				1	1	B	N
Ceratophrys stolzmanni			1	1	1	1	1		1			B	N
Epipedobates machalilla		1	1	1	1	1		1	1			M	D
Hyloxalus aff. *infraguttatus*		1	1		1	1		1	1			A	D
Hypsiboas cf. *pellucens*		1	1			1		1		1	1	M	N
Hypsiboas rosenbergi		1	1			1			1	1	1	A	N
Trachycephalus typhonius			1			1		1	1	1		B	N
Scinax quinquefasciatus			1	1	1	1		1	1			A	N
Smilisca phaeota		1	1			1		1	1	1		B	N
Trachycephalus jordani		1	1	1				1	1	1		M	N
Engystomops cf. *montubio*			1	1	1	1		1	1			M	N
Engystomops pustulatus			1	1	1	1		1	1			M	N
Leptodactylus labrosus		1		1	1	1		1	1			A	N
Leptodactylus ventrimaculatus			1	1	1			1	1			B	N
Lithobates vaillanti	1		1			1		1	1			B	N
Barycholos pulcher				1	1				1			B	D
Craugastor longirostris				1	1				1			B	N
Pristimantis achatinus				1	1				1			A	D-N
Pristimantis cf. *nyctophylax*				1	1					1	1	B	N
Pristimantis walkeri				1	1					1	1	M	N
Pristimantis sp1.				1	1				1			B	N
Pristimantis sp2.				1	1				1			B	N
Pristimantis sp3.				1	1	1			1	1		B	N

Acrónimos: ACP= aguas de corriente permanente; AEP= aguas estancadas permanentes; CAE= cuerpos de agua estacionales; ACA= ausencia de cuerpos de agua. T= terrestres; R= ripario; P= pantanos; Fo= foselario. Abun.= Abundancia; B= Baja; M= Media; A= Alta. Act.= Actividad; D= Diurna; N= Nocturna.

Estado de Conservación

Dos especies fueron categorizadas como Vulnerables (VU) según la Lista Roja de la UICN, la especie original de *Pristimantis nyctophylax* (Lynch et al., 2004) y *Ceratophrys stolzmanni* (Angulo et al. 2004) que además se encuentra en la zona mayormente intervenida en la CChC (bosque seco) (Amador y Brito, 2013) sin embargo sus hábitos fosoriales y estacionales pueden ser un aliado para su supervivencia en ambientes alterados; especies categorizadas como Casi Amenazadas (NT), se encuentran los dos dendrobátidos registrados *Epipedobates machalilla* (Coloma et al., 2004) y *Hyloxalus infraguttatus* (Cisneros-Heredia et al., 2004).

Loma Alta es la localidad que contiene todas las especies en alguna categoría de amenaza (*H.* aff. *infraguttatus*, *E. machalilla*, *P. nyctophylax* y *C. stolzmanni*). Cabe señalar que *H.* aff. *infraguttatus* está presente en las cuatro localidades lo que tiene una implicación regional a escala de conservación, ya que resguardaría diferentes metapoblaciones. En términos generales el estado de conservación de los anfibios en la Cordillera Chongón Colonche es estable dentro de las cuatro localidades estudiadas, no obstante, las especies dentro de alguna categoría de amenaza necesitan mayor atención a corto plazo (Amador y Martínez, 2011). Dado el alto número de especies recientemente descubiertas, o que su rango de distribución ha sido ampliado e incluso debido también al número creciente de especies nuevas candidatas que serán descritas gracias al uso de técnicas moleculares; es importante no solo para la fauna anfibia de la CChC, hacer una actualización de la lista roja de los anfibios de Ecuador.

Estos resultados pueden ser una herramienta complementaria para poder designar a especies o grupos de especies como Unidades Evolutivamente Significativas (UES), que se la define como una población o conjunto de poblaciones que son sustancialmente reproductiva(s) y aislada(s) de otras unidades de población coespecíficas y que representan un componente importante de la herencia evolutiva de la especie (Waples, 1991). El objetivo de las UES es poder ofrecer información que sirva para luego evaluar filogenéticamente y filogeográficamente las poblaciones de estas especies, en este caso, de la cordillera de la costa y estudiar su conectividad, por ejemplo, con las poblaciones andinas.

5. DISCUSIÓN

Loma Alta con 21 especies presenta el más alto número de especies de anfibios reportados para un bosque de Ecuador en la región "Tumbesina", un número inusualmente alto de anfibios si se compara estos resultados con los reportes de otros bosques de la cordillera Chongón – Colonche como el Parque Nacional Machalilla en la provincia de Manabí (Cisneros-Heredia, 2006b; Almendáriz y Carr, 2007) y el Bosque Protector Cerro Blanco en Guayas (Almendáriz y Carr, 2007). Sin embargo, si se considera: (1) que las estribaciones altas de la reserva, por encima de los 400 metros de altura están compuestas por los bosques siempreverdes y bosque montano bajo (Bosque de Garúa) y (2) que la mayor parte de los muestreos reportados para otros bosques secos se concentran en las partes bajas, se podría entender o explicar la alta diversidad alfa en Loma Alta; ya que la mayor parte de los elementos y estructura biótica se encuentran en las áreas partes altas, que son más húmedas. Igualmente parece sorprendente el hecho de que estas especies son pertenecientes además a la región del Chocó y Andinas. Este fenómeno biogeográfico ocurre igualmente con las plantas que componen los bosques de altura dentro de la reserva, Bonifaz & Cornejo (2004) encontraron que algunos elementos florísticos (árboles y epífitas) del bosque de Garúa son compartidos con los elementos de las estribaciones de igual y mayor altura de los bosques húmedos y muy húmedos de las faldas occidentales de la cordillera de los Andes. Según este estudio, la flora del bosque nublado de Loma Alta comparte el 89% de las especies de árboles y epífitas con el Centro Científico Río Palenque. Con los anuros ocurre un caso similar con las especies de altura dentro de la reserva, como lo son *Pristimantis walkeri*, *Pristimantis* cf. *nyctophylax*, *Espadarana* prosoblepon y *Hypsiboas* cf. *pellucens*. Interesantemente, Bustamante et al., (2005) registran esta y otras especies compartidas entre las localidades de este estudio y las de su estudio en el rango inferior (Río Faisanes, Pichincha de 1300 a 1400 msnm) del bosque montano bajo de los Andes occidentales del Ecuador e incluye esta especie (*H. pellucens*) como parte del piso subtropical occidental que va de 1300 a 2300 metros (ver tabla 1-A en Anexos).

El origen de la distribución de los anfibios en la CCHC está dado posiblemente por el mismo origen de la Cordillera. La existencia de un grupo "monofilético" entre Loma Alta, Dos Mangas y Cantalapiedra es sugerido donde las poblaciones pudieron haberse

diversificado por vicarianza y luego ocuparon tierras más bajas en el sur (Cerro Blanco) mediante dispersión.

La Cordillera Chongón Colonche constituye un vacío en el conocimiento y también dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), existen lugares que han sido declarados como bosques o vegetación protectores y que son manejados de manera privada, sin embargo esto no garantiza un buen estado de conservación, por ende inventarios completos de especies, en este caso anfibios, proveen información sólida para emprender programas robustos de conservación donde se involucre la comunidad en conjunto con organismos públicos y privados.

Se puede estimar que el valor bajo del índice de recambio de especies entre las cuatro localidades en la Cordillera Chongón - Colonche (véase Tabla 5) se deba a que pertenecen a tipos de vegetación iguales y que las especies registradas y compartidas se encuentran en hábitats similares y que el número de especies exclusivas es pequeño; es notable un ligero aumento en el coeficiente entre Cerro Blanco y Dos Mangas (βw= 0,417) comparado con los demás valores, posiblemente dado a que se trata de las dos localidades más lejanas geográficamente entre sí. Se podría pensar que por la cercanía geográfica Loma Alta y Dos Mangas deberían tener una gran similitud (Cj= 0,5) y a pesar de que comparten 11 especies (Dos Mangas= 12 spp.) Loma Alta presenta más especies exclusivas (5 spp.) lo que hace que el índice disminuya. Estos valores pueden estar altamente influenciados por el número de especies de Loma Alta que prácticamente dobla al de las otras tres localidades ya que tuvo un mayor esfuerzo de muestreo.

La reducción en las poblaciones de anfibios representa un patrón de extinción global muy alarmante (Semlitsch, 2003). Entre las estrategias empleadas en el estudio de este fenómeno se encuentra el conducir inventarios y sondeos de la herpetofauna de una región en particular para llevar a cabo comparaciones en la distribución de especies y el estado de las poblaciones estudiadas (Crump, 2003). Ya que la mayoría de las causas de este patrón de extinción se le atribuyen a diversas actividades de los seres humanos (Semlitsch, 2003), es de suma importancia el involucrar a las comunidades en comprender la necesidad y la urgencia de conservar estos organismos. Esta es sin duda

la herramienta más efectiva en la lucha por conservar el ambiente y lograr una armonía entre los humanos y la naturaleza.

Por otra parte, Morales y Altamirano Benavides (2013) indican que las poblaciones de la rana cutín *P. walkeri* en la Reserva Ecológica Ayampe en Manabí, ubicada a unos 15 km al noroeste de Dos Mangas, representan una potencial especie nueva y que se encuentra en proceso de revisión sistemática; se estima que dentro de este grupo entrarían las poblaciones de Loma Alta y Dos Mangas.

Las poblaciones que viven al borde de bosque o en las partes bajas de la cordillera donde existe bosque seco son las que tienen una mayor presión antrópica ya que es donde se encuentran los asentamientos humanos y donde las tierras han sido utilizadas para la agricultura.

6. CONCLUSIONES

Una de las finalidades principales de este estudio fue generar datos que puedan ser comparados y utilizados para el análisis de la biodiversidad y biogeografía en la Cordillera Chongón Colonche, así como también revisar las tendencias de la distribución de las poblaciones de anfibios anuros en varios sectores biogeográficos y hábitats del occidente del Ecuador y por último examinar el estado de conservación de las especies e impactos sobre las poblaciones de anuros en la CChC. Con los resultados preliminares obtenidos se intentó describir los patrones de distribución geográfica de los taxones y tratar de explicar la naturaleza de dichos patrones.

De acuerdo a las hipótesis planteadas si existen similitudes biogeográficas y de diversidad entre las poblaciones de anfibios-anuros en las localidades de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial a manera general y de la Cordillera Chongón-Colonche en un sentido más local. Sin embargo existen diferencias en los patrones espaciales de la variación en la riqueza de especies que responden a la distribución y altitud de las localidades de estudio.

También, los patrones de distribución de los anfibios en la Cordillera Chongón Colonche (escala local) dependen de la variación espacial del hábitat que las especies eligen y/o seleccionan; este fenómeno se da en mayor medida en las especies en hábitats y espacios (distribución) restringidos, al contrario de especies cosmopolitas como *Rhinella marina* o abundantes *Pristimantis achatinus* que ocupa varios nichos a diferentes altitudes (hábitat más heterogéneos).

7. RECOMENDACIONES

7.1. Investigación futura

Se considera de alta prioridad el fomento de la investigación científica en el Sector Biogeográfico Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (CCPE), principalmente en estudios dirigidos a conocer nuevos aspectos ecológicos y evolutivos de la biodiversidad que habita en este Sector. Solamente existen pocos trabajos "línea base" que están disponibles y se basan en listados de especies, es importante impulsar en la región el desarrollo de más análisis biogeográficos como parte de investigaciones en sistemática, ecología o evolución.

En este trabajo se provee de información de abundancia, riqueza específica y biogeográfica de cuatro sitios escogidos dentro de la Cordillera Chongón Colonche (CChC) que es parte de la CCPE y se elabora un análisis de 12 localidades en el occidente de los Andes; estos resultados de presencia –ausencia pueden servir para generar nuevos proyectos que puedan afirmar o corroborar los resultados preliminares aquí. Como por ejemplo, con base en análisis de filogeografía se puede lograr conocer mejor los patrones de diversificación y reemplazo de especies entre localidades.

Las especies aquí identificadas como *comparar con.* (cf.) o *afín a.* (aff.) requieren especial atención debido a que su estatus taxonómico no está totalmente confirmado, *Pristimantis* cf. *nyctophylax* reportado para Loma Alta en este estudio en la CChC presenta diferencias morfológicas con ejemplares de la Cordillera Occidental como por ejemplo los que se reportan en Río Faisanes (Bustamante et al., 2005), sin embargo un análisis integrativo de taxonomía es requerido donde se involucre a más de los datos de morfología, los análisis del canto y datos moleculares. *Hyloxalus* aff. *infraguttatus* que en realidad se trata de un complejo de especies, fue la especie más abundante; sin embargo se estima que dentro de la CCPE pudieran existir al menos dos especies diferentes (L. Coloma, comentario personal). La rana arborícola *Hypsiboas* cf. *pellucens* registrada en este estudio en tres localidades de la CChC, presenta diferencias en el tamaño corporal, comparando con individuos de otras localidades como por ejemplo las del Chocó; las poblaciones de *H.* cf. *pellucens* de Loma Alta requieren especial atención

debido a su aislamiento geográfico que presenta incluso con poblaciones de la misma CChC (Dos Mangas y Cantalapiedra).

Es importante considerar las implicaciones de este trabajo en el ámbito de la conservación ya que la CChC en su totalidad puede considerarse como un vacío de conservación, al no estar presente en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) sin embargo existen bosques protectores y reservas privadas y comunitarias y estas reciben la atención (necesaria o no) por parte de autoridades de control. Estas áreas albergan un número importante de especies denominadas como “objetos de conservación” a las que estudios futuros deben ser dirigidos pero mediante un nuevo arreglo en la normativa accesible y equitativa beneficiando a la academia y comunidades.

8. LITERATURA CITADA

Almeida, D.P. y Nogales, F.B. (2005). Evaluación ecológica rápida de la herpetofauna de dos bosques secos al occidente de la provincia de Loja. Pp. 25-42. En: Vásquez, M.A., J.F. Freile y L. Suárez (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco. Quito.

Almendáriz A. y Carr J.L. (2007). Lista actualizada de los anfibios y reptiles registrados en los remanentes de bosque de la Cordillera de la Costa y áreas adyacentes del suroeste del Ecuador. Publicaciones Científicas del Instituto de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 11 pp.

Amador L.A. y Martínez C.C. (2011). Anfibios presentes en cuatro localidades de la Cordillera Chongón-Colonche, Ecuador. *Bol. Téc. 10, Ser. Zool*., 7: 55–68.

Amador L.A. y Brito G. (2013). Notes on the Distribution and Conservation of *Ceratophrys stolzmanni* (Steindachner, 1882) (Anura: Ceratophryidae) in Ecuador. *Yachana Scientific Magazine*, 2(2): 123 – 126

Angulo, A., Coloma, L.A., Ron, S. y Cisneros-Heredia D. (2004). *Ceratophrys stolzmanni*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T56341A11464974.en. Downloaded on 07 September 2015.

Angulo, A., Rueda-Almonacid, J.V., Rodríguez-Mahecha, J.V. y La Marca, E. (2006). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de campo N° 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá.

Arteaga A.F. (2012) *Pristimantis nyctophylax*. In The Amphibians and Reptiles of Mindo. Version 2012.a., eds Arteaga A.F., Bustamante-Enríquez L.M. and Guayasamín J.M. Available at: www.tropicalherping.com/articles/inventories/mindo/main.html

Berger L., Speare R., Daszak P., Green D.E., Cunningham A.A., Goggin C.L., Slocombre R., Ragan M.A., Hyatt A.D., McDonald K.R., Hines H.R., Lips K.R., Marantelli G. y Parkes H. (1998). Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 95: 9031-9036.

Bonífaz C. y Cornejo X. (2004). Flora del Bosque de Garúa (árboles y epífitas) de la comuna Loma Alta, Cordillera Chongón Colonche, Provincia del Guayas, Ecuador. Universidad de Guayaquil. Guayaquil.

Bustamante M.R., Ron S.R. y Coloma L.A. (2005). Cambios en la Diversidad en siete Comunidades de Anuros en los Andes de Ecuador. *Biotropica*., 37(2): 180-189.

Castroviejo-Fisher S., Guayasamín J.M., Gonzalez-Voyer A. y Vila C. (2014). Neotropical diversification seen through glassfrogs. *Journal of Biogeography*, 41:66-80.

Centro Jambatu. 2011–2015. Anfibios de Ecuador. Base de datos electrónica. Fundación Otonga. Quito, Ecuador. Consultado 22 enero 2015. Disponible en http://www.anfibioswebecuador.ec/anfibiosecuador.aspx

Cisneros-Heredia, D., Almendáriz, A., Yánez-Muñoz, M., Coloma, L.A. y Ron, S. (2004). *Hyloxalus infraguttatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T55095A11241073. Consultado 3 enero 2015. Disponible en http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T55095A11241073.en.

Cisneros-Heredia D.F. (2006a). La Herpetofauna de la Estación de Biodiversidad Tiputini, Ecuador: Diversidad y Ecología de los Anfibios & Reptiles de una Comunidad Taxonómicamente Diversa. Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Ciencias Biólogicas y Ambientales. Proyecto Final presentado como requisito para la obtención del título de B.S. en Ecología Aplicada. Quito, Ecuador. p. 1

Cisneros-Heredia D.F. (2006b). Amphibia, Machalilla National Park, western coastal Ecuador. *Check List*, 2(1): 45-54.

Coloma, L.A. (1995). Ecuadorian Frogs of the Genus *Colostethus* (Anura: Dendrobatidae). *University of Kansas Natural History Museum Miscellaneous Publication*, 87: 1-72.

Coloma, L.A., Ron, S., Yánez-Muñoz, M.H., Cisneros-Heredia, D. y Almendáriz, A. (2004). *Epipedobates machalilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T55107A11251124. Consultado 7 septiembre 2015. Disponible en: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T55107A11251124.en.

Coloma, L. A., Guayasamín, J. M. & Menéndez-Guerrero, P. (Eds). (2011–2015). Lista Roja de Anfibios de Ecuador. AnfibiosWebEcuador. Fundación Otonga. Quito, Ecuador. Consultado 7 agosto 2015. Disponble en: http://www.anfibioswebecuador.ec/listaroja/Default.aspx.

Crump M.L. 2003. Conservation of Amphibians in The New World Tropics. In: Semlitsch R.D. (Ed) Amphibian Conservation. Smithsonian Press. p 53-70.

Cun E. (2012). Evaluación De la Efectividad de Manejo del Bosque Protector Cerro Blanco (BPCB) como Estrategia en la Planificación y Gestión de la Reserva (Provincia del Guayas-Ecuador). Tesis Mag. Sc. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Ecuador. 72 pp.

Daszak P., Strieby A., Cunningham A.A., Longcore J.E., Brown C.C. y Porter D. (2004). Experimental evidence that the bullfrog (*Rana catesbiana*) is a potential carrier of chytridiomycosis, an emerging fungal disease of amphibians. *Herpetological Journal*, 14: 201-207.

Díaz, M. y Baus, E. (2001). Evaluación ecológica rápida de la herpetofauna en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador. Pp. 37-46. En: Vásquez, M.A., Larrea, M., Suárez, L. y Ojeda, P. (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco. Quito.

Dodson, C.H. y Gentry A.H. (1991). Biological extinction in western Ecuador. Annals of the Missouri Botanical Garden, 78(2): 273–295.

Duellman, W.E. (1997). Amphibians of La Escalera Region, Southeastern Venezuela: Taxonomy, Ecology, and Biogeography. *Scientific Papers of the Natural History Museum of the University of Kansas,* 2: 1–52.

Duellman, W.E. (1971). The identities of some Ecuadorian hylid frogs. *Herpetologica,* 27: 212-227.

Duellman, W.E. (1990). Herpetofaunas in Neotropical rainforests: comparative composition, history, and resource use. Pp 455-505 en Four Neotropical Rainforests. Gentry, A.H. (Ed.). Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA.

Eldredge N. (2002). Life on Earth: An Encyclopedia of Biodiversity, Ecology and Evolution. ABC-CLIO, Santa Barbara, California. pp. 118–119.

Faivovich, J., Nicoli, L., Boris L. Blotto, Martín O. Pereyra, Diego Baldo, J. Sebastián Barrionuevo, Marissa Fabrezi, Erik R. Wild, Haddad, C. F.B. (2014). Big, Bad, and Beautiful: Phylogenetic Relationships of the Horned Frogs (Anura: Ceratophryidae). *South American Journal of Herpetology*, 9(3), 207–227.

Frost D.R. (2014). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (Date of access). Electronic Database accessible at http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html. American Museum of Natural History, New York, USA.

Gardner, T. (2001). Declining amphibian populations: a global phenomenon in conservation biology. *Animal Biodiversity and Conservation*, 24.2: 25–44.

Garzione, C.N., Auerbach, D.J., Smith, J.J., Rosario, J.J., Passey, B.H., Jordan, T.E. y Eiler, J.M. (2014). Clumped isotope evidence for diachronous surface cooling of the Altiplano and pulsed surface uplift of the Central Andes. *Earth and Planetary Science Letters*, 393: 173 DOI: 10.1016/j.epsl.2014.02.029

Grant, T., Frost D.R., Caldwell J.P., Gagliardo R., Haddad C.F.B., Kok P.J.R., Means D.B., Noonan B.P., Schargel W.E. y Wheeler W.C. (2006). Phylogenetic systematics of dart-poison frogs and their relatives (Amphibia: Athesphatanura: Dendrobatidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 299, 1–262.

Guayasamín J.M., Castroviejo-Fisher S., Trueb L., Ayarzagüena J., Rada M. y Vilá C. (2009). Phylogenetic systematics of Glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. *Zootaxa*, 2100 97 pp.

Hammer, Ø. y Harper, D.A.T. (2006). Paleontological Data Analysis. Blackwell.

Hedges, S.B., Duellman, W.E. y Heinicke, M.P. (2008). New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): Molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa*, 1737 182 pp.

Heinicke, M.P., Duellman, W.E. y Hedges, S.B. (2007). Major Caribbean and Central American frog faunas originated by ancient oceanic dispersal. *PNAS*, 104; 24: 10092–10097.

Heyer W. R., Donnelly M. A., Mcdiarmid R., Hayek L. C. y Foster M. Eds. (2001). Medición y monitoreo de la diversidad biológica. Métodos estandarizados para anfibios. Editorial universitaria de La Patagonia Argentina.

Huggett, R. J. (2004). Fundamentals of biogeography – 2nd ed. Abingdon, Oxfordshire. Routledge.

Hutter, C.R., Guayasamín J.M. y Wiens J.J. (2013). Explaining Andean megadiversity: the evolutionary and ecological causes of glassfrog elevational richness patterns. *Ecology Letters*, 16: 1135–1144.

Jongsma, G.F.M., Hedley, R.W., Durães, R. y Karubian, J. (2014). Amphibian diversity and species composition in relation to habitat type and alteration in the Mache-Chindul Reserve, Northwest Ecuador. *Herpetologica*, 70(1): 34–46.

Lavilla, E.O., Langone, J.A., Padial, J.M. y De Sá. (2010). The identity of the crackling, luminescent frog of Suriname (*Rana typhonia* Linnaeus, 1758) (Amphibia, Anura). *Zootaxa*, 2671: 17–30.

Lexer, C., Mangili, S., Bossolini, E., Forest, F., Kai N. Stölting, Pearman, P. B., Niklaus E. Zimmermann y Salamin, N. (2013). 'Next generation' biogeography: towards understanding the drivers of species diversification and persistence. *Journal of Biogeography* 40, 1013–1022.

Lips K.R., Reaser J. K., Young B.E. y Ibañez R. (2001). Amphibian monitoring in Latin America: A Protocol Manual. Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos. SSAR. Herpetological Circular No. 30.122 p.

Lynch J.D. (1976). New species of frogs (Leptodactylidae: Eleutherodactylus) from the Pacific Versant of Ecuador. *Occasional Papers of the Museum of Natural History of the University of Kansas,* 55: 1-33.

Lynch J.D. y Duellman W.E. (1973). A review of the Centrolenid frogs of Ecuador, with descriptions of new species. *Occasional Papers of the Museum of Natural History of the University of Kansas*, 16: 1-66.

Lynch J.D. y Duellman W.E. (1997). Frogs of the Genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in Western Ecuador: Systematics, Ecology, and Biogeography. The University of Kansas. Natural History Museum, Lawrence, Kansas. 236 pp.

Lynch J.D. y Suárez-Mayorga A.M. (2002). Análisis biogeográfico de los anfibios paramunos. *Caldasia* 24 (2): 471-480.

Lynch, J.D., Coloma, L.A. y Ron S. (2004). *Pristimantis nyctophylax*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T56798A11527051. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T56798A11527051.en. Downloaded on 07 september 2015.

Lynch, R.L., R. Maynard, P.S. Hamilton, & D. Burkart. (2014). Amphibians of the Jama-Coaque Reserve, Manabi, Ecuador. Online photo field guide. Recuperado de: http://www.amphibians.org/wp-content/uploads/2013/09/Amphibians-of-JCR_FINAL.pdf

Martínez, V. L., Y. Graber & M. S. Harris. (2006). Estudios interdisciplinarios en la costa centro-sur de la provincia de Manabí (Ecuador): nuevos enfoques. Boletín del Instituto francés de estudios andinos. Vol. 35. No. 3. 433-444.

McGlynn, T. (2012). Effects of Biogeography on Community Diversity. *Nature Education Knowledge,* 3(10):42

Mendelson, J. R. (2011). Shifted Baselines, Forensic Taxonomy, and Rabbs' Fringe-limbed Treefrog: The Changing Role of Biologists in an Era of Amphibian Declines and Extinctions. *Herpetological Review*, 42 (1): 21–25.

Menéndez-Guerrero, P.A. y Graham, C.H. 2013. Evaluating multiple causes of amphibian declines of Ecuador using geographical quantitative analyses. *Ecography*, 36: 001-014.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.

Morales M.A. y Altamirano-Benavides M.A. (2013). Reserva Biológica Ayampe: En la transición entre los bosques húmedos del Chocó y los bosques secos Tumbesinos. Pp: 78-94 en: MECN, Jocotoco y Ecominga. *Herpetofauna para áreas prioritarias para la conservación: El sistema de reservas Jocotoco y Ecominga.* Monografía 6: 1-392. Serie de publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), Fundación para la conservación Jocotoco, Fundación Ecominga. Quito-Ecuador.

Morales M.A., Yánez-Muñoz M.H., Meza-Ramos P.A y Reyes-Puig M.A. (2013). Reserva Biológica Río Canandé: Entre los últimos relictos de bosque húmedo Tropical de la Costa. Pp: 42-60 en: MECN, Jocotoco y Ecominga. *Herpetofauna para áreas prioritarias para la conservación: El sistema de reservas Jocotoco y Ecominga.* Monografía 6: 1-392. Serie de publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), Fundación para la conservación Jocotoco, Fundación Ecominga. Quito-Ecuador.

Moreno C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1. Manuales y Tesis. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 84 pp.

Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., Da Fonseca G. A. B y Kent J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities, *Nature*, 403, 853-858.

Neill D. A. (1999a). Geografía. Pp. 2-5. En: Jørgensen P. M. y León-Yánez S. Eds. Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. Vol. 75. St. Louis, Missouri, U.S.A.

Neill D. A. (1999b). Vegetación. Pp. 14-25. En: Jørgensen P. M. y León-Yánez S. Eds. Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. Vol. 75. St. Louis, Missouri, U.S.A.

Ortega-Andrade H.M (2005). Estructura, Composición y Dinámica poblacional de una comunidad de herpetofauna en los bosques de Punta Galeras, Suroccidente de la Provincia de Esmeraldas. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación. Escuela de Biología y Química. Tesis previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas. Quito, Ecuador. p. 26.

Ortega-Andrade, H.M., Bermingham J., Aulestia C. y Paucar G. (2010). Herpetofauna of the Bilsa Biological Station, province of Esmeraldas, Ecuador. *Check List*, 6:119-154.

Padial J.M., Grant T. y Frost D.R. (2014). Molecular systematics of terraranas (Anura: Brachycephaloidea) with an assessment of the effects of alignment and optimality criteria, *Zootaxa*, 3825 132 pp.

Pinto-Sánchez, N.R., Crawford, A.J. y Wiens, J.J. (2014). Using historical biogeography to test for community saturation. *Ecology Letters*, 17: 1077–1085.

Pla, L. y Matteucci, S.D. (2001). Intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad de Shannon. *Rev. Fac. Agron*., 18: 222–234.

Pounds A.J., Bustamante M.R., Coloma L.A., Consuegra J.A., Fogden M.P.L., Foster P.N., La Marca E., Masters K.L., Merino-Viteri A., Puschendforf R., Ron S.R., Sánchez-Azofeifa G.A., Still C.J. y Young B.E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439: 161-167.

Pyron R.A. y Wiens, J.J. (2011). A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and cecilians. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 61(2): 543 – 583.

Ron, S.R. y Merino-Viteri A. (2000). Amphibian declines in Ecuador: Overview and first report of chytridiomycosis from South America. *Froglog*, 42: 2-3.

Ron, S.R., Cannatella, D.C. y Coloma, L. A. (2004). Two new species of *Physalaemus*

(Anura: Leptodactylidae) from western Ecuador. *Herpetologica*, 60: 261-275.

Ron, S.R., Guayasamín, J.M., Yánez-Muñoz, M.H., Merino-Viteri, A. Ortiz, D.A. y Nicolalde, D.A. (2014). AmphibiaWebEcuador. Version 2014.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. < http://zoologia.puce.edu.ec/Vertebrados/anfibios>, acceso 23 de abril, 2015.

Rueda J.V., Castro F. y Cortez C. (2006). Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios: Una compilación. pp. 135-171. En: Angulo A., Rueda-Almonacid J. V., Rodríguez-Mahecha J. V. y La Marca E. Eds. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de campo N° 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C. 298 pp.

Saunders, D., Hobbs, R. y Margules, C. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 5: 18–32.

Semlitsch R.D. (2003). Introduction: General Threats to Amphibians. In: Semlitsch R.D. (Ed) Amphibian Conservation. Smithsonian Press. p 1-7.

Schloegel L.M., Toledo L.F., Longcore J. E., Greenspan S. E., Vieira C. A., Lee M., Zhao S., Wangen C., Ferreira C. M., Hipolito M., Davies A. J., Cuomo C. A., Daszak P. Y James T. Y. (2012). Novel, panzootic and hybrid genotypes of Amphibian chytridiomycosis associated with the bullfrog trade. *Molecular Ecology*, 21: 5162–5177. doi:10.1111/j.1365-294X.2012.05710.x

Sodhi N.S., Bickford D., Diesmos A.C., Lee T.M., Koh L.P., Brook B.W., Sekercioglu C.H. y Bradshaw C.J.A. (2008) Measuring the Meltdown: Drivers of Global Amphibian Extinction and Decline. *PLoS ONE*, 3(2): e1636. doi:10.1371/journal.pone.0001636

Valverde F. (1991). Estado Actual de la Vegetación Natural de la Cordillera de Chongón-Colonche. Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Guayaquil.

Villarreal H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M. y Umaña A.M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios

de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

Voyles J., Young S., Berger L., Campbell C., Voyles W. F., Dinudom A., Cook D., Webb R., Alford R. A., Skerratt L. F. Y Speare R. (2009). Pathogenesis of Chytridiomycosis, a Cause of Catastrophic Amphibian Declines. *Science*, 326: 582-585.

Waples, R.S. (1991). Pacific salmon, Oncorhynchus spp., and the definition of "species" under the Endangered Species Act. *Marine Fisheries Review*, 53(3): 11–22.

Wells K.D. (2007). The Ecology and Behavior of Amphibians. The University of Chicago Press, Chicago. p. 787.

Wiens J.J. (2011). The niche, biogeography and species interactions. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 366: 2336–2350.

Yánez-Muñoz M.H., Morales M.A., Reyes-Puig M.M. y Meza-Ramos P.A. (2013). Reserva Biológica Buenaventura: Entre la transición húmedo Tropical y la influencia tumbesina. Pp: 62-76 en: MECN, Jocotoco y Ecominga. Herpetofauna para áreas prioritarias para la conservación: El sistema de reservas Jocotoco y Ecominga. Monografía 6: 1-392. Serie de publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), Fundación para la conservación Jocotoco, Fundación Ecominga. Quito-Ecuador.

Yánez-Muñoz M.H. y Morales M.A. (2013). Bosque protector Río Guajalito: La selva subtropical en las laderas occidentales de los Andes. Pp: 128-143 en: MECN, Jocotoco y Ecominga. Herpetofauna para áreas prioritarias para la conservación: El sistema de reservas Jocotoco y Ecominga. Monografía 6: 1-392. Serie de publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), Fundación para la conservación Jocotoco, Fundación Ecominga. Quito-Ecuador.

Zar J.H. (1996). Biostatistical analysis. Tercera edición. Prentice Hall. New Jersey. 988 pp.

Zug G., Vitt L. y Caldwell J. (2001). Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. 2da ed. Academic Press, San Diego, USA. p. 305

9. ANEXOS

Tabla 1-A. Especies de anfibios presentes en cuatro sectores biogeográficos del occidente de Ecuador. Acrónimos: CchC= Cordillera Chongón Colonche; MA-AY= Machalilla-Ayampe; B-MCh= Bilsa-Mache Chindul; JaCO= Jama Coaque; Q.Zap.= Quebrada Zapadores; Lce-Cara= La Ceiba-Cordillera Arañitas; Ach-Efaiq= Achiotes-El Faique; Bvent= Buenaventura.

	Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial			**Chocó Ecuatorial-Cordillera Costera del Chocó**			**Cordillera Occidental**			**Catamayo Alamor - Jama Zapotillo**		
Especie	**CChC**	**MA-AY**	**Churute**	**B-MCh**	**JaCo**	**Río Canandé**	**Q. Zap.**	**Río Faisanes**	**Río Guajalito**	**LCe-Cara**	**Ach-EFaiq**	**Bvent**
Atelopus longirostris								1	1			
Atelopus mindoensis							1					
Rhaebo haematiticus				1		1						
Rhinella margaritifera				1		1						
Rhinella marina	1	1	1	1	1				1	1	1	1
Centrolene geckoideum							1		1			
Centrolene heloderma							1					
Centrolene lynchi								1	1			
Cochranella mache				1	1	1						
Espadarana prosoblepon	1			1	1	1		1				1
Hyalinobatrachium aureoguttatum						1						
Hyalinobatrachium fleischmanni				1	1							
Hyalinobatrachium valerioi				1				1				
Nymphargus grandisonae							1	1	1			
Nymphargus griffithsi							1		1			
Nymphargus buenaventura												1
Rulyrana orejuela						1						
Sachatamia albomaculata				1		1						
Sachatamia ilex						1						
Teratohyla pulverata				1								
Teratohyla spinosa				1		1						

	Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial			Chocó Ecuatorial-Cordillera Costera del Chocó			Cordillera Occidental			Catamayo Alamor - Jama Zapotillo		
Especie	**CChC**	**MA-AY**	**Churute**	**B-MCh**	**JaCo**	**Río Canandé**	**Q. Zap.**	**Río Faisanes**	**Río Guajalito**	**LCe-Cara**	**Ach-EFaiq**	**Bvent**
Noblella coloma									1			
Craugastor longirostris	1			1		1						
Pristimantis achatinus	1	1	1	1	1	1		1				1
Pristimantis appendiculatus							1		1			
Pristimantis calcarulatus							1	1	1			
Pristimantis crenungis								1				
Pristimantis crucifer									1			
Pristimantis degener						1						
Pristimantis dissimulatus							1					
Pristimantis duellmani							1					
Pristimantis eremitus									1			
Pristimantis esmeraldas						1						
Pristimantis eugeniae							1		1			
Pristimantis floridus							1					
Pristimantis labiosus						1						
Pristimantis latidiscus				1	1	1						
Pristimantis lymani										1	1	
Pristimantis luteolateralis								1				
Pristimantis muricatus				1	1							
Pristimantis parvillus				1					1			
Pristimantis quinquagesimus									1			
Pristimantis rosadoi				1		1						
Pristimantis sobetes							1		1			
Pristimantis subsigillatus		1		1	1	1						1

	Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial			Chocó Ecuatorial-Cordillera Costera del Chocó			Cordillera Occidental			Catamayo Alamor - Jama Zapotillo		
Especie	**CChC**	**MA-AY**	**Churute**	**B-MCh**	**JaCo**	**Río Canandé**	**Q. Zap.**	**Río Faisanes**	**Río Guajalito**	**LCe-Cara**	**Ach-EFaiq**	**Bvent**
Pristimantis unistrigatus									1			
Pristimantis verecundus									1			
Pristimantis walkeri	1	1		1	1	1						1
Pristimantis w-nigrum							1		1			
Pristimantis cf. *nyctophylax*	1							1				
Pristimantis cf. *phoxocephalus*		1					1					
Pristimantis sp1.	1											
Pristimantis sp2.	1											
Pristimantis sp3.	1											
Pristimantis sp4.		1										
Pristimantis sp5.				1								
Pristimantis sp6.					1							
Pristimantis sp7.					1							
Pristimantis sp. (grp. unistrigatus)												1
Pristimantis sp. (grp. rubicundus)												1
Barycholos pulcher	1	1	1		1							1
Strabomantis necerus								1				
Colostethus sp.				1								
Hyloxalus awa				1	1	1		1				
Hyloxalus infraguttatus complex	1	1	1								1	1
Epipedobates anthonyi										1	1	1
Epipedobates boulengeri				1		1						
Epipedobates darwinwallacei								1				
Epipedobates machalilla	1	1	1		1							

	Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial			Chocó Ecuatorial-Cordillera Costera del Chocó			Cordillera Occidental			Catamayo Alamor - Jama Zapotillo		
Especie	**CChC**	**MA-AY**	**Churute**	**B-MCh**	**JaCo**	**Río Canandé**	**Q. Zap.**	**Río Faisanes**	**Río Guajalito**	**LCe-Cara**	**Ach-EFaiq**	**Bvent**
Oophaga sylvatica				1		1						
Diasporus gularis						1						
Gastrotheca guentheri							1		1			
Gastrotheca plumbea							1		1			
Agalychnis psilopygion					1							
Agalychnis spurelli		1		1		1						
Dendropsophus carnifex							1	1	1			
Dendropsophus ebraccatus						1						
Ecnomiohyla sp. (cf. *phantasmagoria*)				1								
Hypsiboas pellucens	1		1	1		1		1				1
Hypsiboas picturatus				1		1		1				
Hypsiboas boans	1			1		1						1
Hypsiboas rosenbergi	1			1	1							
Scinax quinquefasciatus	1	1	1	1	1							
Scinax sugillatus		1										
Smilisca phaeota	1			1	1	1						1
Trachycephalus jordani	1	1	1		1						1	
Trachycephalus typhonius	1	1	1		1							
Hyloscirtus alytolylax			1					1	1			1
Hyloscirtus palmeri						1						
Engystomops guayaco	1		1									
Engystomops montubio	1	1			1							
Engystomops pustulatus	1	1	1		1					1	1	

	Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial			Chocó Ecuatorial-Cordillera Costera del Chocó			Cordillera Occidental			Catamayo Alamor - Jama Zapotillo		
Especie	**CChC**	**MA-AY**	**Churute**	**B-MCh**	**JaCo**	**Río Canandé**	**Q. Zap.**	**Río Faisanes**	**Río Guajalito**	**LCe-Cara**	**Ach-EFaiq**	**Bvent**
Engystomops randi	1		1									
Leptodactylus labrosus	1	1	1	1	1	1				1		1
Leptodactylus melanonotus		1				1						
Leptodactylus peritoaktites					1							
Leptodactylus rhodomerus				1		1						
Leptodactylus ventrimaculatus	1	1			1	1				1	1	
Lithobates bwana										1	1	1
Lithobates vaillanti	1											
Ceratophrys stolzmanni	1	1	1									
Total de especies	27	20	15	33	25	33	17	17	22	7	8	17