

**CARACTERIZACIÓN DE UN ENSAMBLAJE DE ANUROS EN TRES
COBERTURAS VEGETALES EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE POPAYÁN,
SECTOR LOS ROBLES, TIMBÍO, CAUCA**



LENDY YULEISSI TANDIOY PAPAMIJA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

BIOLOGÍA

POPAYÁN

2019

**CARACTERIZACIÓN DE UN ENSAMBLAJE DE ANUROS EN TRES
COBERTURAS VEGETALES EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE POPAYÁN,
SECTOR LOS ROBLES, TIMBÍO, CAUCA**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGA

LENDY YULEISSI TANDIOY PAPAMIJA

DIRECTOR

CHARLES S. MUÑOZ NATES, M.Sc.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA
EDUCACIÓN**

BIOLOGÍA

POPAYÁN

2019

Nota de aceptación

DIRECTOR: _____
CHARLES S. MUÑOZ NATES, M.SC.

JURADO: _____
IVONNE ANDREA NARVAÉZ

JURADO: _____
ANDRÉS FELIPE LIÉVANO BONILLA

Lugar y fecha de sustentación: Popayán, 05 de septiembre de 2019

A Dios, a mis padres, hermanos, amigos y familiares

Por ser parte fundamental en mi vida.

A mis abuelos por sus enseñanzas y porque muy

Seguramente desde el cielo guían mis pasos.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas.

A mis padres Juan H. Tandioy y Miryam I. Papamija, a mis hermanos Stiven y Juan Esteban por su amor, por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional en cada proyecto de mi vida.

A mi tío William James por su cariño, por sus consejos y por su forma tan especial de hacerme sentir bien en los momentos más difíciles, por ser mi ejemplo de perseverancia y constancia.

A mis primas Juliana Isabella, Jeimy Juliana, Kenny Alexandra y a mi mejor amiga Maricel por ser mi apoyo, por estar presentes en los buenos y malos momentos, gracias por su amistad y confianza durante todos estos años ¡Las amo con el alma!

A la Universidad del Cauca, Alma Mater y segundo hogar, a los docentes del Departamento de Biología que aportaron y aportan lo mejor de cada uno para formar Biólogos comprometidos con la profesión.

A mi director Charles S. Muñoz Nates por compartir sus conocimientos y amplia experiencia desde el inicio del trabajo, sus comentarios, correcciones y sugerencias fueron claves para contribuir en mi formación como Bióloga.

A los Jurados Ivonne Andrea Narváez y Andrés Felipe Liévano Bonilla por sus aportes, comentarios, correcciones y sugerencias para este trabajo.

A la Fundación Universitaria de Popayán y en especial a los docente Carlos Andrés Durán Enríquez y Luis Gerardo Chilito, por brindar el espacio y los equipos necesarios para esta investigación.

A los Biólogos: Gustavo Pisso y Francisco López por sus asesorías e identificación de algunas de las especies, a Gian Carlos Sánchez Garcés por oportunas sugerencias, a Briggith Fernanda Mueses Muñoz, Luis Fernando Fernández, Alex Medina por su vital apoyo en trabajo de campo.

A mis amigos y compañeros de la Universidad: Víctor Fernando, Diana Paola, María Alejandra, Briggith Fernanda, por el tiempo compartido, por sus enseñanzas y por dejar una huella imborrable en mí, por su apoyo incondicional durante todo este proceso.

A todas las personas que de una u otra manera han aportado al desarrollo de este trabajo de investigación.

A todos, ¡mil gracias!

Tabla de Contenido

	Pág.
Índice de Figuras	9
Índice de Tablas	12
Índice de Anexos	13
Resumen	13
1. Introducción	15
1.1 Hipótesis	17
2. Justificación	17
3. Objetivos	20
3.1 Objetivo general	20
3.2 Objetivos específicos.....	20
4. Marco Teórico	21
4.1.Ensamblaje	21
4.2. Anuros	22
4.2.1 Características generales.....	22
4.2.2 Diversidad de anfibios en Colombia.....	24
4.2.3 Fragmentación de hábitats	25
4.2.4 Cambios en el uso del suelo y los efectos en los anuros.....	25
4.2.5 Efectos de la variables ambientales en los anuros	26
4.3.Importancia de los Jardines Botánicos	27
5. Antecedentes	28
5.1. A nivel Global	28
5.2. A nivel Nacional.....	30

5.3. A nivel Local.....	34
6. Metodología	35
6.1.Área de estudio.....	35
6.1.1. Selección de sitios de muestreo	36
6.2.Fase de campo	37
6.3.Diseño del muestreo	37
6.4. Caracterización de microhábitat.....	39
6.4.1. Determinación de especies.....	39
6.5.Análisis de datos.....	41
6.5.1. Diversidad de especies	41
6.5.2. Abundancia relativa	42
6.5.3. Relación del ensamblaje con las variables ambientales	42
6.5.4. Preferencia del microhábitat	42
6.5.5. Diversidad entre coberturas.....	42
7. Resultados	43
7.1.Diversidad taxonómica del ensamblaje de anuros	43
7.1.1 Especies registradas.....	44
7.1.2 Representatividad del muestreo.....	45
7.1.3 Riqueza para cada hábitat.....	46
7.1.4 Abundancia relativa.....	48
7.1.5 Índices de diversidad.....	49
7.2.Relación variables ambientales	50
7.2.1. Análisis de correspondencia canónica	50
7.3.Características del hábitat	52

7.4.Similitud entre coberturas	56
8. Discusión	59
9. Conclusiones	66
10. Recomendaciones	67
11. Lista de Referencias	68
12. Anexos	82

Índice de Figuras

Figura 1. Ilustración metamorfosis de la rana.....	23
Figura 2 Mapa de uso del suelo de la sede los Robles Fundación Universitaria de Popayán; Jardín Botánico de Popayán. A) bosque secundario. B) zona de rastrojos. C) zona de cultivos.	36
Figura 3. Coberturaas vegetales A. bosque secundario. B. zona de rastrojo. C. zona de cultivos.	37
Figura 4. Imagen Satelital de los transectos realizados en la sede Los Robles, Fundación Universitaria de Popayán; Jardín Botánico de Popayán (FUP-JBP).....	38
Figura 5. Medición de los rasgos morfométricos: A. Longitud rostro – Cloaca (LRC), Largo antebrazo (LA), Largo fémur (LF), Largo tibia (LT); B. Ancho de la boca (AB); C. Largo pie (LP); D. Masa corporal.....	40
Figura 6. Registro fotográfico de las especies de anuros capturados en el JBP FUP, A) <i>Dendropsophus columbianus</i> , B) <i>Leucostethus sp.1</i> , C) <i>Leucostethus sp.2</i> , D) <i>Pristimantis</i>	

sp.1, **E)** *Pristimantis* sp.2, **F)** *Pristimantis* sp.3, **G)** *Pristimantis thectopternus*, **H)** *Pristimantis w-nigrum*, **I)** *Rhinella horribilis*.44

Figura 7. Curva de acumulación de especies para las especies registradas en el Jardín Botánico de Popayán-Fundación Universitaria de Popayán (JBP-FUP).45

Figura 8. Curvas de acumulación de especies para cada cobertura vegetal con diferente estado sucesional, A. bosque secundario, B. zona de rastrojo, C. zona de cultivo.47

Figura 9. Box-plot del comportamiento de las abundancias en las tres coberturas vegetales.....49

Figura 10. Gráfica del análisis de correspondencia canónica (CCA).51

Figura 11. Microhábitats de los anuros registrados en el Jardín Botánico de Popayán-Fundación Universitaria.53

Figura 12. Relación entre características del hábitat con las especies reportadas para bosque secundario del JBP-FUP54

Figura 13. Relación entre características del hábitat con las especies reportadas para zona de rastrojo en el JBP-FUP.55

Figura 14. Relación entre características del hábitat con las especies reportadas para Zona de cultivo en el JBP-FUP.56

Figura 15. Dendograma de similitud según el coeficiente Bray-Curtis para las tres zonas de muestreo (bosque secundario, zona de rastrojo y zona de cultivo) en el JBP-FUP.57

Figura 16. Composición taxonómica del ensamblaje de anuros presentes en el JBP-FUP, las áreas de traslape contienen especies compartidas entre coberturas, **1)** *Dendropsophus*

<i>columbianus</i> , 2) <i>Leucostethus</i> sp.1, 3) <i>Leucostethus</i> sp.2, 4) <i>Pristimantis</i> sp.1, 5) <i>Pristimantis</i> sp.2, 6) <i>Pristimantis</i> sp.3, 7) <i>Pristimantis thectopternus</i> , 8) <i>Pristimantis w-nigrum</i> , 9) <i>Rhinella horribilis</i>	58
--	----

Índice de Tablas

Tabla 1. Composición y abundancia de anuros en las tres zonas de muestreo, bosque secundario, zona de rastrojo y zona de cultivo en el Jardín Botánico de Popayán (JBP-FUP), sector Los Robles, Timbío-Cauca.	43
Tabla 2. Riqueza de anuros observados y estimados para cada uno de los hábitats en el JBP-FUP.	46
Tabla 3. Valores de abundancia relativa en cada transecto de las tres coberturas vegetales	48
Tabla 4. Prueba de post-hoc, para determinar en cuales de las coberturas existen diferencias significativas	48
Tabla 5. Índices de diversidad para las tres coberturas muestreadas en el Jardín Botánico de Popayán-FUP.	50
Tabla 6. Promedio de las variables ambientales dentro de las tres coberturas estudiadas en el JBP-FUP.....	50
Tabla 7. Número de individuos por especie en los sustratos de las tres coberturas vegetales en el JBP.....	52
Tabla 8. Similaridad e índices de distancia entre las tres coberturas vegetales	57

Lista de Anexos

Anexo A. Ficha técnica para toma de datos de los individuos	82
Anexo B. Índices de diversidad	83
Anexo C. Supuesto de normalidad con Shapiro-Wilk.....	83
Anexo D. Resultados análisis de correspondencia canónica	84
Anexo E. Análisis de correlación bosque secundario.....	85
Anexo F. Análisis de correlación zona de rastrojo	86
Anexo G. Análisis de correlación zona de cultivo	87
Anexo H. Realización de transectos para el muestreo.....	88
Anexo I. Toma de medidas morfométricas.....	88
Anexo J. Toma de datos y registros fotográficos	89
Anexo K. Identificación en campo de algunos de los individuos.	89

Resumen

En los diferentes ecosistemas; la fragmentación, las transformaciones en el uso del suelo y con ello la pérdida de hábitat generada por el ser humano, ocasionan cambios en la riqueza, estructura y composición de los diferentes grupos faunísticos, en especial los anuros, pues son organismos susceptibles a variaciones en los ecosistemas. Al evaluar dichos cambios en las zonas de muestreo, es posible entender la respuesta de este grupo faunístico frente a las variaciones ambientales. Por tal razón se planteó una caracterización del ensamblaje de anuros de tres coberturas vegetales realizado en el Jardín Botánico de Popayán de la Fundación Universitaria (JBP-FUP). Se caracterizó tres hábitats o zonas de muestreo; primero, bosque secundario; segundo, zona de rastrojo y; tercero, zona de cultivo. Se realizó una comparación entre la diversidad y abundancia de dicho ensamblaje, asociando características del hábitat y microhábitat en tres coberturas vegetales.

También se determinó la similitud del ensamblaje de anuros; se realizaron seis transectos permanentes de 50 metros de longitud x 4 metros de ancho (2 de cada lado) para cada uno de los hábitats. El muestreo fue llevado a cabo mediante la técnica de transectas de banda estrecha o banda fija, removiendo entre hojarasca, piedras y troncos, los recorridos se desarrollaron tanto en el día como en la noche. Se evaluó la representatividad del muestreo utilizando los estimadores no paramétricos Jackknife y Chao 1, además, se describió el patrón de diversidad haciendo uso de los índices de riqueza de especies, dominancia de Simpson (Ds) e incertidumbre de Shannon-Wiener (H'). Posteriormente se evaluó la similitud entre ensamblajes mediante un análisis de agrupamiento pareado no ponderado (UPMGA) utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis.

Se registraron 147 individuos pertenecientes a 9 especies, distribuidas en 4 familias, el esfuerzo de muestreo reportó el 73% de las especies esperadas para el bosque secundario, el 16% para la zona de rastrojo y el 11% para la zona de cultivo. La mayor riqueza, equitatividad y diversidad de anuros se registró en el bosque secundario, donde se distribuyen

8 especies, $D_s=0,780$, $H'=1,740$, seguida de la zona de cultivo con 5 especies $D_s=0,654$, $H'=1,286$ y la zona de rastrojo con 5 especies, $D_s=0,500$, $H'=1,037$.

En cuanto a las variables ambientales y su relación con las especies, fue propuesto un análisis de correspondencia canónica (CCA), donde variables como la humedad e intensidad del ruido inciden en la presencia de especies. En cada hábitat se encontraron especies exclusivas que podrían considerarse como indicadoras de áreas de conservación, sin embargo esta afirmación solo puede corroborarse al realizar un monitoreo constante y en más meses de muestreo, considerando las dos temporalidades.

Para finalizar se concluyó que la variación en la diversidad y abundancia del ensamblaje de anuros, en la zona de estudio se relaciona directamente con el estado de conservación de cada hábitat, la vegetación, las variables ambientales, estructurales y la existencia de diversos microhábitats. Es por eso que el bosque secundario por presentar mayor complejidad estructural, es el hábitat que presenta mayor cantidad de especies registradas, ya que al presentar mayor variedad de microhábitats es el que mayor número de especies puede albergar ofreciendo a los anuros las condiciones óptimas para su desarrollo.

Palabras clave: pérdida de hábitat, fragmentación, uso del suelo

1. Introducción

Colombia, se ubica como el segundo país con mayor número de especies de anfibios. Algunos autores (*Ruiz et al.*, 1996) consideran que la amplia variedad de estos se debe principalmente a características geográficas, climáticas y orográficas presentes en el país, de ahí que exista una amplia heterogeneidad de hábitats óptimos para su desarrollo. La fauna de anfibios en Colombia, es una de las más diversas por unidad de área y de mayor endemismo en todo el mundo (Acosta-Galvis, 2000), es por ello que se debe consolidar información sobre este grupo con miras a desarrollar estrategias para su conservación (Acosta-Galvis 2015). La conservación *in situ* es importante para proteger los diferentes hábitats, no obstante, no solo los programas de conservación para especies en cautiverio sino que estén sujetas a una inminente extinción también son de vital importancia (Young *et al.*, 2001). La heterogeneidad topográfica de la región andina le permite albergar una diversidad incomparable para este grupo faunístico.

La riqueza sigue aumentando gracias a los constantes hallazgos y descripciones de nuevas especies, sin embargo se requieren esfuerzos de exploración sistemática en otras partes del territorio para consolidar un inventario nacional (Grant *et al.*, 2008). Se han registrado para Colombia 835 especies de anfibios, considerando 776 especies de anuros, y más de 77.458 registros, lamentablemente, aproximadamente 277 de estas especies se encuentran en alguna categoría de amenaza (Acosta Galvis, 2017).

El Orden ANURA Fischer von Waldheim, 1813, corresponde a los vertebrados con menor grado de conocimiento tanto en su ecología, como en su historia natural, aunque, las investigaciones recientes (Rice *et al.*, 2006; Córdoba *et al.*, 2013; García-Romero, 2017) han demostrado que los anuros, corresponden a un grupo ideal para indicar la buena salud y calidad de los ecosistemas. De igual manera, este grupo faunístico es considerado componente principal dentro de las cadenas tróficas, puesto que constituyen enormes fracciones de biomasa dentro de los ecosistemas. Además, constituyen eslabones vitales dentro del equilibrio de los mismos, dado que cumplen papeles biológicos de suma importancia (Valencia, 2004). Pero, existen numerosos factores antropogénicos que han causado la disminución de los anuros, desencadenando una cascada de impactos en las comunidades biológicas (Blaustein y Make, 1990).

Son diversas causas que se han venido señalando como responsables del inminente colapso y desaparición de un gran número de especies. Dentro de las que se destacan la presión sobre los ecosistemas naturales con actividades ganaderas y agrícolas, procesos acelerados de colonización humana; lo que conlleva a la pérdida y la fragmentación de los ecosistemas naturales, provocando grandes cambios biogeográficos y del entorno físico. Esto da como resultado un paisaje de áreas remanentes de vegetación nativa rodeada de una matriz de tierra transformada, los flujos de radiación, impulsos (viento), agua y nutrientes en todo el paisaje también se alteran significativamente (García *et al.*, 2007; Saunders, Hobbs y Margules, 1991).

Asimismo, son varias las causas que señalan como responsable al hombre de la pérdida de diversidad biológica, poniendo en riesgo la supervivencia de las diferentes especies tanto animales como vegetales. Los anfibios y en especial los anuros, se encuentran en un declive debido a factores como la contaminación, el cambio del uso de la tierra, introducción de predadores y competidores que no son nativos, sumado todo lo anterior al calentamiento global, las pandemias y diversos fenómenos naturales (García *et al.*, 2007; Pounds *et al.*, 2006), siendo entonces afectada su calidad de hábitat y el aumento de la vulnerabilidad para sus poblaciones, provocando o amenazando con la extinción.

El Jardín Botánico de Popayán (JBP) posee un paisaje fragmentado con evidencias de procesos antrópicos tales como cultivos de plátano, yuca, frijol y café. Los cuales modifican la estructura espacial del paisaje afectando los hábitats y la conectividad entre fragmentos, lo que a su vez provoca alteraciones bióticas y abióticas que amenazan la integridad del ecosistema (San Vicente y Valencia, 2012). De aquí la importancia de conocer tanto la taxonomía como la historia natural de los anfibios, en el mismo sentido, un mayor financiamiento en la investigación y monitoreo. Con el fin de llevar a cabo acciones de manejo que detengan o reviertan las disminuciones poblacionales (Young *et al.*, 2001).

Por lo expuesto anteriormente, el presente trabajo, de un lado estudió el ensamblaje de anuros en tres coberturas vegetales (bosque secundario, zona de rastrojo y zona de cultivo), evaluando la relación de las variables ambientales y estructurales con el tipo de hábitat y microhábitat que prefieren los diferentes individuos, así mismo, conocer así la riqueza, abundancia y composición de este grupo faunístico, para posteriormente determinar el posible impacto sobre el ensamblaje de anuros que puede generar la pérdida del hábitat natural en el Jardín Botánico de Popayán. De otro lado, este trabajo constituye una línea base que es útil

para la posterior implementación de programas de monitoreo y evaluación de las fluctuaciones poblacionales de las diferentes especies de anuros.

Esta investigación permitió conocer la importancia de estas especies (anuros) en el JBP, puesto que dicho lugar se ubica en un área de protección y conservación de especies, razón por la que tiene una alta prioridad de conservación local, nacional y mundial, aunque presenta un grado medianamente alarmante de fragmentación del bosque secundario, esto como consecuencia de la construcción de cultivos agrícolas (Bambagüe y Arboleda, 2017).

Finalmente, con el presente estudio se logró dar respuesta a las siguientes preguntas ¿Cómo varía la abundancia y riqueza de anuros en tres tipos de coberturas vegetales: (bosque secundario, zona de rastrojo y zona de cultivos) del Jardín Botánico de Popayán? ¿Cuáles son los tipos de hábitats y microhábitats usados por el ensamblaje de anuros en el Jardín Botánico de Popayán? ¿Cuál es la similitud en la composición de especies del ensamblaje de anuros en las tres coberturas vegetales?

Hipótesis

La riqueza y abundancia del ensamblaje de anuros en la cobertura de bosque secundario será diferente al compararlo con las coberturas de cultivo y de rastrojo.

2. Justificación

Los bosques subandinos son hábitats de innumerables especies de anfibios, sin embargo, la situación actual de estos es delicada, pues se estima que gran parte de su extensión original ha sido transformada (Morales y Armenteras, 2013). Esto por causa de eventos naturales o antropogénicos, generando un cambio drástico en la estructura del paisaje (Saunders, Hoobs y Margules, 1991).

El descubrimiento de nuevas especies de anfibios en el territorio nacional, ubica a Colombia como el segundo país con mayor número de especies, donde los anuros, principalmente, corresponden a un grupo faunístico fuertemente amenazado, su epicentro de diversidad se localiza en el “hotspot” de los Andes tropicales de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Angulo *et al.*, 2006).

Los anfibios son un componente importante dentro de las comunidades, su condición ectotérmica, permeabilidad tegumentaria y requerimientos ecológicos los hacen altamente sensibles a cambios en su hábitat (Duellman y Trueb, 1994). Es por ello que investigadores como Saunders y colaboradores (1991), Gascon *et al.* (1999) coinciden en afirmar que la deforestación y la fragmentación de los hábitats inciden no solo en la riqueza y la abundancia, sino también en la dinámica de sus poblaciones.

Actualmente para Colombia, la biodiversidad ha evidenciado una disminución promedio del 18%, donde la mayor amenaza radica en la pérdida de hábitats naturales, esto generalmente relacionada con la agricultura y ganadería expansiva (IAVH, 2017). Se suman además factores como las invasiones biológicas, vacíos en la información, cambios en las condiciones climáticas y actividades humanas tales como; la deforestación, la minería ilegal, cultivos ilícitos, la sobreexplotación de especies silvestres, el tráfico, la caza, la contaminación de fuentes hídricas, la expansión urbana e industrial, el uso indiscriminado de pesticidas entre otros. En consecuencia este grupo faunístico y, muy seguramente, otros grupos que hacen parte de la diversidad tendrán que enfrentar un futuro sombrío. El desconocimiento de la dinámica de las especies en su hábitat y los efectos de fragmentación sobre las diferentes poblaciones no han podido generar suficiente información que permita crear planes de conservación principalmente para los anfibios (Angulo *et al.*, 2006; Urbina, Olivares y Reynoso, 2006).

Los anuros son particularmente sensibles a la fragmentación de los bosques, debido a sus características fisiológicas y etológicas, las variaciones ambientales como la temperatura, la precipitación y la humedad del aire, también determinan la distribución ecológica y geográfica (Osorno-Muñoz 1999). Para algunas especies de anuros es indispensable contar con cierto tipo de fisonomía vegetal que se relacione con la madurez del bosque (Crump, 1971), en donde algunos aspectos como el hábitat y microhábitat limitan la abundancia y distribución de las especies.

Los estudios realizados en Colombia, involucran la relación entre anuros y el hábitat. Se enfocan especialmente en la distribución y estructura de las comunidades en zonas con diferentes estados sucesionales, algunos de ellos se extienden a descripciones o apreciaciones personales sobre aquellos factores que tendrían relación con la elección de hábitat, mas no documentan la importancia a través de la medición de variables físicas y vegetales. Así que la determinación de atributos de las comunidades puede tener un gran valor predictivo cuando se realizan o evalúan

los efectos de la alteración del hábitat sobre las poblaciones de anuros. Esto con el fin de considerarlos fundamentos importantes en la conformación de estrategias de conservación.

En este sentido, el desconocimiento de la dinámica de las diferentes especies anuro faunísticas en su hábitat y los posibles efectos de fragmentación sobre las poblaciones, no han permitido generar información suficiente que permita crear proyectos de conservación útiles para los anfibios (Urbina-Cardona, 2006). De ahí que a lo largo del tiempo se hayan buscado propuestas que ayuden a mitigar la desaparición de especies tanto de fauna como de flora, en concordancia con la ley nacional 22421 de Conservación, Protección, Propagación y Repoblación De La Fauna en el Territorio Nacional. Aquí, los Jardines Botánicos juegan un papel importante en vista de que sirven como espacios de protección y conservación de especies que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, como lo ratifica la Ley 299 de 1996, por la cual se protege la flora colombiana y se reglamentan los jardines botánicos como colecciones de plantas vivas científicamente organizadas, donde deberán ejecutarse programas permanentes de investigación básica y aplicada de conservación *in situ* y *ex situ*. De manera que el Jardín Botánico de Popayán (JBP) de la Fundación Universitaria de Popayán (FUP) se constituye en un centro de investigación y conservación de los recursos naturales para el desarrollo local, departamental y regional (Bambagüe y Arboleda, 2017). Pese a que los usos del suelo del lugar, pueden alterar los patrones de selección del ensamblaje de anuros, es necesario establecer qué tipo de coberturas y qué tipo de variables ambientales son importantes para algunas especies, bien sea para su reproducción, o prevalencia en los sitios seleccionados (Peltzer *et al.*, 2006).

Finalmente, el presente estudio caracterizo las coberturas vegetales en el ensamblaje de anuros presentes en el Jardín Botánico de Popayán, integrando la comunidad en procesos educativos y ejecución de proyectos en el marco del uso sostenible de las especies. Al mismo tiempo es importante conocer el estado actual de la fauna, especialmente los anuros, dada su gran dependencia a la humedad y vulnerabilidad para cambios en su hábitat, puesto que al ubicarse en un área suburbana con evidencias de procesos antrópicos y la constante transformación del paisaje, requiere un estimado de este grupo faunístico (anuros) y la relación con las variables del hábitat. Igualmente, fue necesario adelantar estudios que aportaron información ecológica para ayudar al

monitoreo y estado de conservación de la anurofauna presente en lugar, con miras a proponer posteriormente estrategias que ayuden a su conservación.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Caracterizar un ensamblaje de anuros en tres coberturas vegetales en el Jardín Botánico de Popayán (JBP).

3.2 Objetivos Específicos

- Comparar la diversidad y abundancia del ensamblaje de anuros en las tres coberturas vegetales en el Jardín Botánico de Popayán.
- Identificar las características del hábitat de un ensamblaje de anuros en tres coberturas vegetales en el Jardín Botánico de Popayán.
- Determinar la similaridad del ensamblaje de anuros en las tres coberturas vegetales

4. Marco Teórico

El departamento del Cauca es una región privilegiada, gracias a sus abundantes recursos naturales, además se le atribuye una amplia variedad de ecosistemas que lo califican como un departamento que reúne un valioso potencial ambiental. Considerando que, cuenta con seis Parques Nacionales Naturales, cuya área protegida declarada e inscrita en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP) es de 323.106 hectáreas aproximadamente, tres Reservas Forestales Protectoras Regionales, con un área aproximada de 9.398 hectáreas y cinco áreas municipales como áreas de conservación *in situ* con una extensión aproximada de 989.45 hectáreas, el departamento cuenta además con un importante ecosistema de manglar presente en los municipios de López de Micay, Timbiquí y Guapi, representado en un área aproximada de 18.693 hectáreas; aunque se desconoce la rica oferta natural debido a barreras de diferente índole que no permiten apreciar el valor intrínseco de la biodiversidad y uso sostenible de la misma. La cantidad de hectáreas anteriormente mencionadas, pone en manifiesto y recalca el compromiso para la protección y conservación de diversas áreas, dentro de las cuales albergan especies de importancia biológica para todo el departamento (Corporación Autónoma Regional del Cauca, 2014).

4.1 Ensamblaje

Este término ha sido de gran controversia entre diferentes investigadores. Para Begón y colaboradores (1990) se puede definir como un grupo de especies que están presentes en tiempo y espacio. De acuerdo con Heatwole (1982) se habla de un grupo que incluye a todos los organismos de diferentes taxones, Por su parte Moreira y colaboradores (2012) se refieren a los ensamblajes como un grupo de especies que están relacionadas taxonómicamente dentro de un hábitat o un área geográfica específica, lo que se considera en muchos casos como comunidades de especies. Así mismo Cooke (1984) lo define como “Un conjunto de especies que habitan un área particular, donde las interacciones entre especies, si las hay, no se especifican”. Fauth y colaboradores (1996) proponen como ensamblaje al grupo de individuos que están presentes en un mismo tiempo y espacio que además pertenezcan a un mismo nivel taxonómico acorde con Monge-Nájera J (2015), Bajo este contexto, los términos que se ajustan a nuestra investigación son los dos últimos.

4.2 Anuros

Dentro del grupo taxonómico de los AMPHIBIA Linnaeus, 1758, se encuentran tres órdenes; GYMNOPHIONA Müller, 1832 (Cecilias), CAUDATA Fischer von Waldheim, 1813, (Salamandras), y ANURA Fischer von Waldheim, 1813 (Ranas y Sapos), siendo este último nuestro grupo de estudio.

4.2.1 Características generales

Los anuros pertenecen al grupo más numeroso de los anfibios, algunos de ellos presentan metamorfosis durante su ciclo de vida, pasando de un estado de larva a adulto, con cambios como pérdida de la cola, modificaciones en el aparato respiratorio y digestivo, de igual manera la transformación de las extremidades (Contreras R., 2014). Otros por su parte se desarrollan de forma directa. Los anuros son diferentes a otros vertebrados. Cuentan con cuerpos robustos y sin cola, con una cabeza y cuerpo continuo, extremidades posteriores bien desarrolladas que típicamente son el doble de la longitud del cuerpo (Vitt y Caldwell, 2013).

Se caracterizan por tener piel lisa (sin escamas) y húmeda, cuentan con patas traseras que se adaptan para saltar y nadar en los diferentes hábitats. Sus saltos dependen de la temperatura de los hábitats en la que se encuentren, si la temperatura corporal es baja (10-25° C) no pueden alcanzar una gran distancia, por el contrario, si su temperatura corporal es alta (35-40° C) pueden llegar a saltar hasta dos metros. Cuentan además con una membrana entre sus dedos que les facilita la movilidad en el agua (Contreras, 2014; Vitt y Caldwell, 2013).

Los anuros dependen mucho del ambiente en el que se encuentren, dado que tienen que estar apartándose de las altas temperaturas, por lo que es muy usual encontrarlas saltando en los pozos de agua o charcos, para regular su temperatura corporal y su hidratación. Algunas especies, solo vuelven al agua en el momento de reproducirse. Los huevos son depositados en lugares como charcos, plantas acuáticas, arroyos e incluso “pozos” contruidos por ellas mismas, y en algunos casos en zonas arbóreas. Los huevos en algunas especies son llevados en su dorso por el macho o la hembra. El sol es el último recurso que necesitan los anfibios, operan o realizan sus actividades en temperaturas bajas a diferencia de los reptiles. Los anuros son más frecuentes en las noches y en épocas de lluvias, por lo que las altas temperaturas limitan sus actividades (Vitt y Caldwell, 2013).

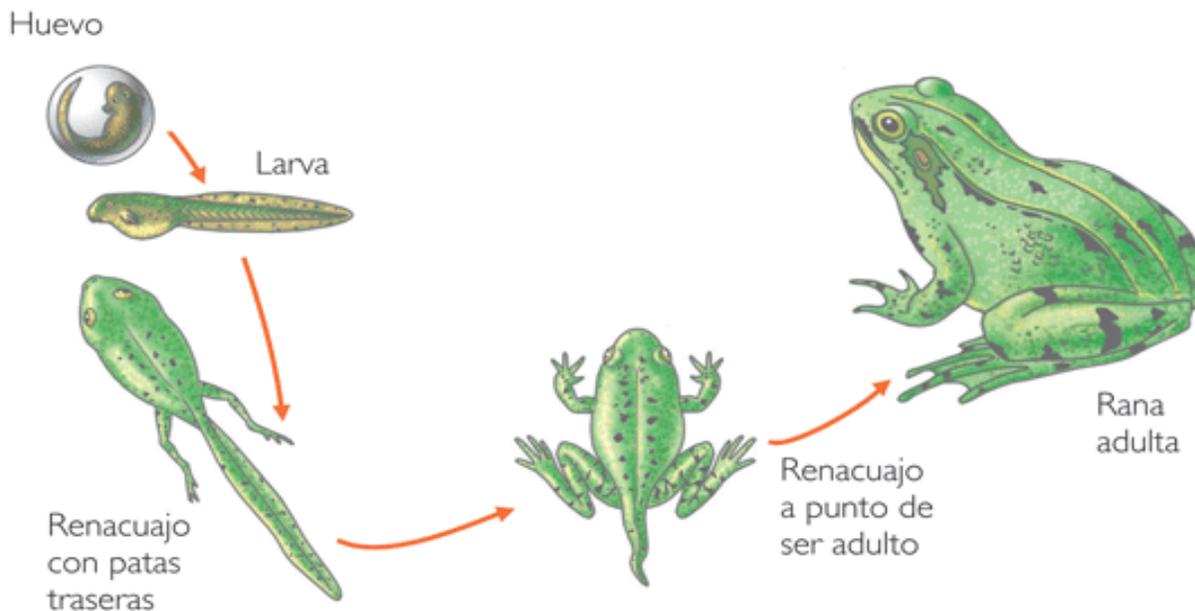


Figura 1. Ilustración metamorfosis de la rana.

Tomado de: <http://manualdelcientifico.blogspot.com/2018/04/la-metamorfosis-de-la-rana.html>

El grupo de los anuros, cuenta con una amplia distribución geográfica, ya que se distribuyen en los cinco continentes, ausentándose sólo en los desiertos del norte de África y la península Arábiga, Groenlandia y las regiones congeladas de América del Norte y Asia; la presencia de especies endémicas en muchas islas alrededor del mundo, demuestra que es un grupo antiguo que se formó antes de que se separaran los continentes (Contreras R., 2014).

De igual modo los anuros cumplen una función principal en los ecosistemas, debido a que poseen particularidades a nivel biológico y ecológico que los hace susceptibles a las diferentes transformaciones en el medio ambiente, motivo por el cual se convierten en indicadores del estado de los ecosistemas naturales. Una de las características que sobresale en este grupo es la capacidad de percibir impactos, por tal razón son considerados buenos modelos para establecer el nivel de deterioro de los diferentes hábitats y ecosistemas mundiales. Es uno de los grupos más sensibles en cuanto a alteraciones o pérdida frecuente de hábitats naturales, introducción de especies exóticas, contaminaciones y sobreexplotación, además son pieza fundamental dentro de la cadena trófica, porque actúan como depredadores de pequeños invertebrados y regulan la dieta de otro tipo de vertebrados (Duellman y Trueb, 1994).

Finalmente, los anfibios en particular son el grupo de vertebrados que tienen un gran riesgo de extinción, como resultado de procesos o perturbaciones antrópicas, por ejemplo, la destrucción de hábitats, la contaminación de zonas naturales, la introducción de especies invasoras, entre otras,. Así pues se consideran como especies vulnerables a cambios bruscos en el ecosistema (Andrade, 2011).

4.2.2 Diversidad de anfibios en Colombia

Colombia, es el segundo país con mayor riqueza de anfibios en el mundo después de Brasil. La fauna de anfibios corresponde a una de las más diversas por unidad de área y de mayor endemismo en todo el mundo (Gómez *et al.*, 2016).

Actualmente en Colombia se encuentran reportadas 835 especies de anfibios, las cuales corresponden a 776 anuros (ranas y sapos), 26 salamandras y 32 cecilias, esta lista ha ido aumentando desde 1996 por la incorporación de más de 200 especies con registros y descripciones, los nuevos descubrimientos han permitido afianzar los conocimientos sobre la historia natural, destrucción y amenazas que aquejan a este grupo faunístico. Es importante resaltar que aproximadamente el 50% de las especies de anfibios son endémicas, es decir 374 anuros, 9 cecilias y 17 salamandras (Gómez *et al.*, 2016; SIB, 2019).

Desde otro punto, la heterogeneidad topográfica de la región Andina permite que albergue una diversidad incomparable de estas especies. La riqueza aumenta gracias a los constantes hallazgos registrados. Sin embargo se requieren esfuerzos para una exploración sistemática en los lugares inexplorados para así consolidar un inventario nacional (Menor, s.f.).

Finalmente, el 28% de las especies corresponden a anfibios categorizados bajo algún criterio de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, sigla en Inglés), esto se debe al desconocimiento en cuanto a distribuciones e historia natural de muchas especies, motivo por el que Colombia tiene el reto de continuar con procesos como los inventarios Nacionales de Anfibios para así diseñar planes de conservación y responder a compromisos adquiridos en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Gómez *et al.*, 2016).

4.2.3 Fragmentación de hábitats

La fragmentación del hábitat se define como un proceso dinámico que produce la ruptura de la continuidad de un sistema. Este proceso lo reduce a una serie de fragmentos (de menor tamaño), con distintos grados sucesionales. La extensión agregada de superficie, resulta ser menor que la del sistema original (Bustamante y Grez, 1995; Fahrig, 1997; Gustafson, 1998). Sus consecuencias para la biota son acumulativas y no inmediatamente notorias (Hobbs y Wilson 1998).

La fragmentación de los ecosistemas se debe principalmente a las diferentes actividades antrópicas que han venido aumentando en los últimos años. Dentro de los efectos de dicha fragmentación, se presentan alteraciones en el microclima del hábitat o microhábitat. Además presenta aislamiento de cada hábitat por procesos antrópicos (Fahrig, 2003). La importancia del estudio de la fragmentación de los hábitats consiste en que es una forma de conocer los diferentes problemas de un ecosistema, los cuales son ocasionados por factores humanos o naturales.

La incidencia de los procesos de fragmentación de hábitat naturales y de la constante pérdida de conectividad estructural (entre ambientes) y funcional (entre poblaciones), depende de una serie de factores y procesos interactuantes (Forman y Alexander, 1998) que como consecuencia presenta la pérdida o destrucción total del hábitat.

Las principales causas de la fragmentación son la expansión de fronteras agrícolas y ganaderas sobre sitios naturales, así como de infraestructura urbana y vial, la deforestación y tala rasa de algunas especies para su comercialización, los procesos de industrialización, el represamiento de cuencas fluviales, entre otras (Burel y Baudry, 2003).

4.2.4 Cambios en el uso del suelo y efectos en los anuros

Los ecosistemas forestales son de gran importancia debido a la gran diversidad de especies que pueden albergar, también por los servicios ambientales que estos ofrecen, como la estabilización del suelo, regulación del ciclo hídrico, potencialidad en el ciclo de carbono y el clima, entre otros (Soria, s.f.).

En la actualidad, la destrucción de estos espacios naturales afecta de manera inminente los diferentes grupos tanto faunísticos como florísticos, debido a la transformación del suelo para procesos como expansión de la frontera agrícola, ganadera y de infraestructura. Los sistemas productivos pueden de cierta manera tener efectos negativos sobre los anuros, incluso, podrían llegar a desaparecer si su hábitat es alterado. Se infiere entonces que las perturbaciones, de tipo natural o antrópica, pueden ser la causa de un declive en las poblaciones. Aunque dichos sistemas productivos pueden ser aprovechados por algunos de ellos. Los hábitats perturbados son sistemas que sirven o actúan como un filtro que permiten el paso selectivo de especies desde un hábitat original a uno transformado. Actúan como una pared en la que pueden o no pasar algunas especies. Esto depende del hábitat y la intensidad de uso que éste presente, de tal manera que puede llegar a generarse un impacto en la composición dependiendo del grado de contraste estructural frente a un hábitat original (Gaston y colaboradores, 2000).

Como se mencionó anteriormente, los procesos como la fragmentación del bosque pueden afectar a las poblaciones de anuros a raíz de los cambios en la calidad del hábitat. La relación entre el hábitat y las especies de anuros es importante, porque estas últimas son influenciadas en gran parte, directa o indirectamente, por el grado de alteración o manipulación de las áreas que ocupan. Además del comportamiento asociado de diversos elementos microclimáticos que los convierte en indicadores de la buena salud ambiental de los ecosistemas (Blaustein & Wake 1995). De acuerdo con el tipo de vegetación, las condiciones físicas y el grado de perturbación de los hábitats podrían encontrarse variaciones en los atributos y la estructura de las comunidades de anurofaunísticas (García, Cárdenas y Castro, 2007).

4.2.5 Efectos de las variables ambientales en los anuros

Las variables ambientales, constituyen un factor que influye directamente sobre el control hormonal de los anuros. De ahí que en regiones tropicales los anuros presentan un ciclo espermatogénico constante. La discontinuidad de los ciclos, se genera principalmente por los

cambios de temperatura. Los cuales afectan directamente la gametogénesis en el individuo, tanto la temperatura como la humedad, son variables importantes para las diferentes actividades de los anuros, principalmente la reproducción, ya que este es un proceso que se lleva a lo largo de todo el año (Duellman, 1986). La combinación adecuada de estas dos variables da como resultado la actividad reproductiva. A pesar de tener la capacidad de reproducirse en todo el año, esta actividad está determinada para algunas especies por lluvias fuertes, en otros casos por lluvias leves.

Los anuros, requieren de una piel constantemente húmeda y fría. Esto con el fin de mantener un proceso respiratorio eficiente y conservar los líquidos corporales. Por estas condiciones fisiológicas, dichos organismos son extremadamente sensibles a las transformaciones de sus hábitats naturales (Urbina-Cardona y Londoño 2003).

Algunas especies de anuros que habitan en áreas abiertas se encuentran influenciadas por los gradientes de temperatura en su microhábitat, mientras que la distribución de las especies en bosques o espacios conservados está influenciado por la cobertura vegetal y la humedad en sus microhábitats.

4.3 Importancia de los Jardines Botánicos

Los Jardines Botánicos son instituciones complejas que cumplen un papel fundamental en el ecosistema, su rol en la sociedad ha ido variando a lo largo de la historia, estos lugares se conocen también como “Museos vivos” (García, 2013).

Dichos jardines, participan de manera activa en la conservación de la diversidad biológica, no solo manteniendo en sus colecciones un importante acervo de especies animales y vegetales, sino también desarrollando acciones para su uso sostenible, así como incentivar programas de educación, encaminados a formar conciencia pública sobre la importancia de la diversidad en cuestión (Caballero, 2012).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el Jardín Botánico de Popayán (JBP), se ha convertido en un área estratégica para realizar procesos de investigación, educación y conservación de la diversidad biológica, como también es un lugar donde estudiantes, docentes, administrativos y comunidad en general, adquieren aptitudes que contribuyen en el mantenimiento de los diferentes espacios naturales del departamento del Cauca (Mesa-Yule, 2017).

5 Antecedentes

En estos tiempos, el inminente proceso de pérdida de hábitat para las diferentes especies faunísticas, trae graves consecuencias para la diversidad en todo el planeta, por tal razón se han realizado estudios respecto a la fragmentación de los hábitats y, cómo las especies, para nuestro caso los anuros, reaccionan a los diferentes procesos de perturbación que se presentan en un determinado ambiente, cambiando sus ciclos de reproducción, alimentación y supervivencia (Gascon et al., 1999; Urbina y Londoño, 2003).

5.1 A nivel Global

En una de sus investigaciones Zimmerman y Simberloff (1996), ha contribuido a la definición histórica del uso de hábitat de un ensamblaje de anuros Neotropicales, consideraron un bosque Amazónico de Manaus (Brasil), en el cual tomaron como base la biogeografía histórica, además aspectos de división, partición de los recursos, estrés por diferentes interacciones interespecíficas y factores climáticos, para su muestreo realizaron transectos de bandas auditivas y métodos visuales, con el fin de medir la disponibilidad del hábitat y el uso del mismo, por medio del ensamblaje de anuros, con lo cual concluyeron que la anurofauna Amazónica presenta diferentes características de historia de vida; por ejemplo, el uso de cuerpos de agua estática, o móviles (en algunas especies riparias) y hábitats terrestres para el desarrollo de los individuos.

En el mismo sentido, Anderson *et al.* (1999). Realizó su investigación en zonas de altimontañas en el Este de México y Sureste de Texas, su trabajo contribuyó a la anurofauna con relación al uso o preferencia del hábitat, consideró que su área de estudio estaba compuesta por diferentes áreas con cuerpos de agua y cultivos intensivos, lo cual constituye un espacio importante para la diversidad tanto animal como vegetal. Dentro de la investigación evaluaron el efecto de las áreas con cultivo y la presencia de los cuerpos de agua, así mismo la importancia relativa que pueden llegar a tener algunas variables fisicoquímicas sobre el uso del hábitat en el ensamblaje de anuros, al finalizar el trabajo, concluyeron que tanto la zona de los cultivos como la presencia de los cuerpos de agua, no afectaban la presencia de anuros, pero, las características del hábitat tales como la calidad del agua y la estructura de la vegetación si afectaron en algunas especies, motivo por el cual sugieren algunas recomendaciones en cuanto a la conservación de estos individuos.

Afonso y Eterovick (2007) realizaron en Brasil un estudio sobre el uso de microhábitat de anuros en temporada reproductiva. Las zonas de muestreo comprendían bosque con cuerpos de agua móviles, lo que involucra para este estudio ríos o arroyos. Realizaron transectos y observación directa y obtuvieron 440 individuos pertenecientes a 16 especies con uso activo de diferentes microhábitats, estos a su vez fueron clasificados de acuerdo al sustrato y la altura sobresaliente por debajo del agua. Un aporte importante en este estudio fue la identificación de dos tipos de organismos: generalistas y especialistas, ocupando hábitats de manera diferente en términos de proporción de individuos y del espacio ocupado. Concluyen el ensamblaje de este grupo faunístico prefiere el microhábitat por cuestiones reproductivas y no por habilidad de colonizar o presión competitiva.

Para ese mismo año Sánchez y colaboradores describieron en su estudio la diversidad, estructura y composición de anuros del Parque Nacional Pre-Delta, río Paraná en Argentina (PNPD). El muestreo se realizó durante un año (Diciembre 2004 a Diciembre 2005). Se utilizaron trampas de caída y analizaron la relación entre riqueza, temperatura, humedad relativa, número de días con lluvia, precipitación y nivel del río mediante coeficientes de correlación simple y parcial. Se concluye que la riqueza estuvo directamente relacionada con la temperatura y el nivel del río para los coeficientes de la correlación simple. Los meses de mayor actividad corresponden a enero, abril, noviembre y diciembre del 2005, presentando disminución en la LHC (Longitud Hocico-

Cloaca) en los meses más cálidos, es así que los patrones de actividad de las distintas especies y sus ciclos reproductivos se ven influenciados por la estructura temporal del ensamblaje de anuros que se esté estudiando.

Por otro lado y con relación a las variables ambientales, López (2009), realizó su investigación en la provincia de Santa Fe-Argentina. Fueron muestreos en seis sitios dentro del valle aluvial el río Paraná medio. Su área dispone de ambientes con diferentes tipos de alteraciones, las cuales son categorizadas de la siguiente forma: 1) Quemas 2) Alteraciones hidrológicas 3) Ganado 4) Alteraciones en la vegetación 5) Fragmentación, y 6) Basura. El método utilizado para la investigación corresponde a trampas de caída con captura manual, teniendo en cuenta las variables ambientales (temperatura, precipitación, altura del río). Se presentaron regresiones múltiples con el fin de observar la actividad de las especies con relación a la información ambiental y medir la presencia y abundancia de las diferentes especies, se analizaron las alteraciones ambientales mediante los análisis multivariados de ordenación. Concluyeron que según la plasticidad trófica de los anuros, era posible reconocer especies más vulnerables a las alteraciones ambientales que modificaran la estructura y abundancia de los recursos tróficos. Además de constituir una herramienta valiosa para futuros estudios y programas sobre conservación de humedales.

5.2 A nivel Nacional

Autores como Vargas y Bolaños (1999) Urbina-Cardona y Londoño (2003), Herrera *et al.* (2004), Zorro (2007), Cáceres-Andrade y Urbina-Cardona (2009), indican que en nuestro país la problemática que más aqueja los ecosistemas naturales es causada por actividades antrópicas. Esto ha llevado a los diferentes grupos faunísticos (principalmente los anuros) a verse afectados en su riqueza, abundancia y dinámica de sus poblaciones. Estas actividades producen cambios en la estructura vegetal y en las condiciones ambientales, creando mayor heterogeneidad del componente natural o en algunos casos, parches aislados que pueden modificar los patrones de distribución y diversidad faunística de la zona.

En Colombia se han realizado diferentes estudios que involucran a los anuros como indicadores de diferentes perturbaciones en los ecosistemas, uno de ellos corresponde al desarrollado por Urbina y Londoño (2003), donde con 31 secciones ubicadas en cuatro áreas con diferente grado de perturbación antrópica (prisión, cultivos de palma, bosque primario y secundario). Registraron 1840 individuos pertenecientes a 28 especies (19 de reptiles y 9 de anfibios) en la Isla Gorgona entre junio y julio de 2001, se registró que la riqueza mayor de especies fue en el bosque secundario, las especies de bosque primario y secundario presentaron una alta similaridad. Las especies de prisión y cultivos de palma, en cuanto al análisis de correspondencia canónica (CCA), indicaron que algunas especies de anfibios y reptiles estuvieron asociados a áreas abiertas y su distribución fuertemente relacionada con la temperatura del hábitat, por otra parte las especies asociadas a áreas boscosas se encontraban influidas por la cobertura de dosel sobre el microhábitat encontrado, mientras que para otras especies la distribución estuvo determinada por la cobertura arbustiva.

Por su parte, García R. y colaboradores (2007) en su investigación, examinaron la relación de parámetros vegetales y variables climáticas con relación a la distribución y a la abundancia de anuros en un bosque húmedo, se muestreo durante siete meses, siete transectos en tres tipos de hábitat (bosque secundario, bosque secundario temprano y matorral), tuvieron en cuenta características del bosque tales como, coberturas, alturas promedios y densidades de los diferentes estratos; profundidad de la hojarasca, temperatura del aire, temperatura del suelo y humedad relativa para cada uno de los sitios; como resultados; de un lado, la distribución de especies presentaron diferencias significativas entre los hábitats y las variables climáticas, por otro lado, la abundancia de las especies en el bosque secundario estuvieron relacionadas con la temperatura del suelo mientras que para el bosque temprano y matorral la relación fue con la humedad relativa.

Se observaron tres grupos de especies aparentemente diferentes, los cuales estuvieron definidos por criterios como: **Grupo I**, especies que toleran más los ambientes medianamente intervenidos *Pristimantis brevifrons* Lynch, 1981, *Pristimantis erythropleura* Boulenger, 1896, *Hypodactylus mantipus* Boulenger, 1908; **Grupo II**, especies que se encuentran en ambientes más conservados *Pristimantis. Calcaratus* Boulenger, 1908, *Pristimantis thectopternus* Lynch, 1975 y; **Grupo III**, especies presentes en ambientes mediana y altamente intervenidos *Pristimantis palmeri* Boulenger, 1912.

Para el año 2009, la investigación de Cáceres y Urbina, mostraron cómo la perturbación antropogénica genera cambios en cuanto a riqueza, composición y patrones de abundancia en las diferentes especies de anuros. Fueron dos meses de muestreo (septiembre y diciembre 2001) épocas de lluvia y sequía respectivamente. Tomaron áreas con diferente grado de perturbación antropogénica (cultivos, potreros y bosques). Realizaron transectos permanentes de 100 m x 4 m, con la técnica de conteo visual con captura manual con una altura hasta de 2 m durante dos horas para un total de 144 h / hombre. Estimaron la cobertura del dosel cada 5 m con un densímetro y la distancia de agua fue medida con GPS.

Obtuvieron 247 individuos correspondientes a 16 especies de anuros, mayor riqueza y abundancia la registran para la época de lluvias en las tres coberturas, sin embargo la equidad solo la reportan para bosques en periodo de lluvias.

Posteriormente realizaron una caracterización de aquellas especies donde la perturbación antropogénica tiene mayor influencia, lo que indica que los sistemas productivos generan un alto grado de fragmentación con lo que a su vez se reduce las poblaciones de anuros que no son tolerantes a esta matriz antropogénica.

Por otro lado, Becerra Serrano (2011), evalúa los diferentes cambios en el uso del suelo generados principalmente por el ser humano, la pérdida de los diferentes hábitats, lo que lleva a cambios en la riqueza, composición y abundancia de los diferentes grupos faunísticos, principalmente los anuros. Se evaluaron estos cambios en tres hábitats típicos para la zona del departamento del Meta (Bosque, Sural y Potrero). Los muestreos corresponden a los meses de Febrero y Marzo del 2011. Reportaron 280 individuos para 14 especies. Las correlaciones realizadas entre las variables ambientales y estructurales, la temperatura y la humedad relativa se correlacionan de manera negativa, del mismo modo la mayoría de las especies dependen de la temperatura para completar su ciclo de vida. Esta investigación concluye que la perturbación antropogénica que presentaba el parque ha disminuido los ensamblajes de anuros generando una homogenización de estos hábitats.

Para Burbano y colaboradores (2015), relacionan la estructura y composición de un ensamblaje de anuros en tres zonas con diferente nivel de intervención humana, categorizados de la siguiente manera: 1) Bosque de sucesión tardía, 2) Bosque transformado y 3) Bosque urbanizado. Los muestreos se realizaron en dos jornadas, una en noviembre del 2011 y en marzo del 2012, cada

una de ellas con una duración de 20 días, abarcando los dos periodos climáticos descritos para esta zona. Se establecieron 20 trayectos lineales de 300 m de longitud (10 trayectos en el día y 10 trayectos en la noche), además de hacer uso de la técnica de relevamiento por encuentros visuales (REV). Registraron el tipo de microhábitat en el momento de la captura (Hoja, Hojarasca, Rama, Base de troncos); en cuanto a la parte estadística, evaluaron la representatividad del muestreo mediante Jackknife 1 (estimador no paramétrico), respecto al patrón de diversidad tomaron dominancia de Simpson (D_s), Equitatividad de Pielou (J) e incertidumbre de Shannon-Wiener (H), en suma a la técnica de re-muestreo (bootstrapping) para comparar los atributos de diversidad establecidos y finalmente la similitud entre los ensamblajes mediante un análisis de agrupamiento pareado no ponderado (UPMGA) mediante el índice de Bray-Curtis, para esta investigación registraron 507 individuos que corresponden a 20 especies, donde el 68% corresponde al bosque urbanizado, 72% en el bosque transformado y el 87% al bosque de sucesión tardía, donde se presentó mayor riqueza, equitatividad, diversidad y menor dominancia. En el bosque transformado la dominancia fue mayor y significativamente menor la diversidad en el bosque urbanizado. Se registró mayor diversidad y número de especies exclusivas en el bosque con sucesión tardía, lo que probablemente está relacionado con la heterogeneidad del hábitat, proporcionando mayor oferta en cuanto a los recursos.

Román-Palacios y colaboradores (2016), compararon el ensamblaje de anuros en tres hábitats (bosque, lago y cantera) con diferentes niveles de perturbación antrópica en un bosque seco en la hacienda La Española, corregimiento de Guarinocito, Caldas. Realizaron muestreos de recorridos de gran extensión mediante el método de registro por relevamiento por encuentros visuales (REV) a partir del cual estimaron la abundancia, preferencia y uso del microhábitat para las especies observadas dentro de los diferentes hábitats. Se registraron variables ambientales como la temperatura, humedad relativa y perímetro de espejos de agua, se registraron diferencias significativas en cuanto a la diversidad entre los hábitats, siendo menor en el bosque, donde se presentó menor riqueza, pero mayor dominancia, en torno a la tasa de dominancia se obtuvieron un 71% donde Lago y Cantera presentaron mayor similitud con relación a la composición de la anurofauna, con relación al uso del suelo, presentaron diferencias significativas, donde solo dos especies presentaron alta variabilidad en los sustratos usados (Hojarasca).

Finalmente Kuri Torres (2018) sostiene que los bosques montanos de los Andes tropicales enfrentan a una alta presión antrópica. Esto ha generado la disminución en la biodiversidad,

afectando principalmente a los anuros debido a su dependencia al microhábitat y condiciones específicas. Evaluó la composición del ensamblaje de anuros en hábitat con diferente grado de intervención (Bosque ribereño, interior de bosque, cultivo y potrero) y la variación en el uso de micro hábitats. Capturaron 715 individuos pertenecientes a 11 especies. El 72,5% de la riqueza correspondió a la familia Craugastoridae. En hábitats intervenidos se encontró la especie *Dendropsophus columbianus*, una especie tolerante a la perturbación. Concluye que la disminución en la abundancia de algunas especies no solo puede estar atribuida a la modificación en el paisaje sino a diferentes factores que generan este proceso de disminución en la diversidad actual.

5.3 A nivel local

Los estudios de anuros a nivel nacional y global han sido de gran importancia para establecer estrategias que mitiguen el daño a las diferentes especies anuro faunísticas que se ven directamente afectadas por el cambio en el uso del suelo, actividades antrópicas que ocasionan pérdida de hábitat para estas especies. En este orden de ideas García *et al.*, (2005), evaluó la relación existente entre los diferentes parámetros vegetales y variables climáticas, en el sector de la Romelia del parque Nacional Natural Munchique, esto respecto a la distribución y abundancia de la anurofauna en tres tipos de hábitats (bosque maduro, bosque secundario y matorral) realizando muestreos entre los meses de abril y septiembre del 2001, registrando 8 especies del género *Eleutherodactylus* Duméril y Bibron 1841, todas las especies mostraron preferencia significativa por hoja como sustrato de percha.

Pérez (2013), evaluó la composición de un ensamblaje en un gradiente altitudinal de montaña perturbado en la subcuenca del río las Piedras (Popayán, Cauca). Hizo uso de la técnica por encuentros visuales (VES) realizando 10 transectos de 50 m por 2 m de ancho y de hojarasca de 8 m por 8 m en un tiempo y área previamente definido, este muestreo fue de cuatro meses, enero y febrero del 2010 (época con mayor precipitación), marzo y abril del mismo año (época con menor precipitación), dentro de los resultados obtenidos encontró que en los tipos de vegetación que presentaron mayor temperatura y humedad relativa albergan menores densidades de anuros, pero mayor diversidad y equidad, sin embargo la temperatura y la humedad relativa al ser baja contribuye al desarrollo de las especies, en cuanto a la variación en la diversidad, abundancia,

estructura y composición, los anuros de esta zona están fuertemente relacionados con el estado de conservación, del tipo de vegetación, el grado de coberturas y heterogeneidad en la estructura vegetal. Por otro lado, el grado de intervención que presentan las zonas determinó la disminución o reducción en la riqueza taxonómica de las especies, no reportaron diferencias significativas al comparar la diversidad entre áreas continuas y fragmentadas. Pérez argumenta que posiblemente se debió a que en las áreas alteradas o fragmentadas disminuye la riqueza y dominancia de las especies simultáneamente. Finalmente este grupo faunístico mostró preferencia por hojarasca, hoja y ramas como su microhábitat.

6 Metodología

6.1 Área de estudio

El Jardín Botánico de Popayán (JBP) se sitúa en el flanco occidental de la cordillera Central del departamento del Cauca a una altitud de 1850 m s.n.m. con una temperatura promedio de 18 °C, se localiza a los 2°23'14,31" Norte y 76°39'09,21" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. De acuerdo a la clasificación de zonas de vida propuesta por Cuatrecasas (1958) el área corresponde a selva húmeda subandina. Se encuentra ubicado en la sede campestre de la Fundación Universitaria de Popayán (FUP) en el kilómetro ocho de la vía panamericana que comunica al departamento del Cauca con el Sur del país, tiene una extensión de 46 hectáreas dentro de las cuales 8 hectáreas corresponden al JBP (Bambagüe y Arboleda, 2017).

El presente trabajo fue realizado en la vereda Los Robles, municipio de Timbío Cauca. Son tierras localizadas en la altiplanicie Popayán-Timbío, presenta un relieve de lomas y colinas, con un clima templado-húmedo, una vocación principalmente agrícola con cultivos permanentes, semi-intensivos y/o agroforestales, el uso principal es agrosilvopastoril con suelos drenados y profundos, además presenta relieves variables desde ondulados a escarpados siendo estos originados por rocas ígneas y de ceniza volcánicas, por lo que su suelo es ácido (IGAC, 2009).

6.1.1 Selección de Sitios de muestreo

En la figura 2 se muestra un mapa de uso del suelo de la Fundación Universitaria de Popayán

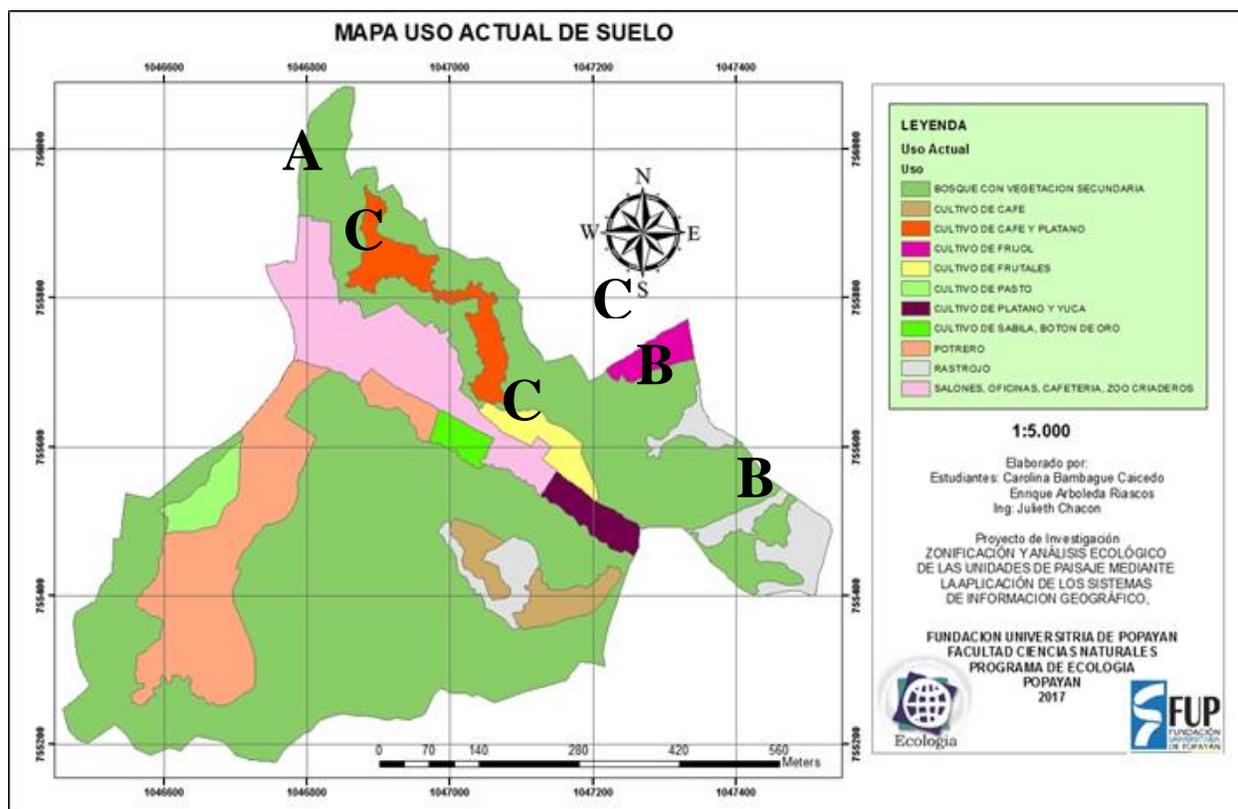


Figura 2. Mapa de uso del suelo de la sede los Robles Fundación Universitaria de Popayán; Jardín Botánico de Popayán. A) bosque secundario. B) zona de rastrojos. C) zona de cultivos. **Tomado de:** Bambagué, C. y Arboleda, O., 2017.

Los muestreos se realizaron en tres tipos de cobertura vegetal, descritas a continuación (Véase Figura 3):

Bosque secundario: Crecimiento forestal que se da de manera natural después de una modificación drástica de un bosque previo, corresponde a zonas de vegetación principalmente leñosa de carácter sucesional, esta zona se caracteriza por incorporar en su interior un complejo de humedales naturales y la quebrada renacer.

Zona de rastrojo: Zonas donde prevalece el bosque secundario intervenido (Pastos y guaduales). Caracterizadas por tener mayor contacto con comunidades humanas aledañas al predio Los Robles. Presenta poca vegetación emergente con árboles y arbustos dispersos y muy escasos.

Zona de cultivo: Corresponde a monocultivos semipermanentes y misceláneo donde predomina el café, plátano y en muy raras ocasiones el frijol.



Figura 3. Coberturas vegetales **A.** Bosque Secundario. **B.** Zona de rastrojo. **C.** Zona de cultivos.

Fuente: Tandioy Yuleissi, Julio, 2018.

6.2 Fase de campo

En esta fase se realizaron cinco salidas de campo durante los meses de julio a noviembre del 2018, estos meses están marcados por una época seca y una lluviosa. Los meses de julio y agosto suelen ser los meses más críticos con periodos de verano. La distribución anual de precipitación, está influenciada notoriamente por la circulación intertropical de los vientos del sur, lo que ocasiona la presencia de periodos lluviosos en los meses de octubre-noviembre y periodos secos en los meses de julio-septiembre. Noviembre corresponde al mes más húmedo del periodo lluvioso con una precipitación promedio de 333.7 mm, y julio el mes más seco del periodo de verano con una precipitación promedio de 46.6 mm (IDEAM, s.f.)

Cada salida contó con una duración de cuatro días efectivos de muestreo, con una intensidad de cinco horas en la mañana (6h00-11h00) y cinco horas en la noche (19h00-24h00), estos horarios fueron modificados, tomando como base el estudio realizado por Cáceres y Urbina (2009). Los muestreos fueron llevados a cabo con un auxiliar de campo, para un esfuerzo de muestreo de 200 horas/hombre. Es importante resaltar que todos los individuos registrados fueron liberados, no se realizó marcaje recaptura con métodos invasivos.

6.3 Diseño del muestreo

Aquí, se realizaron seis transectos permanentes de 50 metros de longitud x 4 metros de ancho (2 de cada lado) para cada cobertura vegetal (bosque secundario, zona de rastrojo y zona de

cultivo). El muestreo fue llevado a cabo mediante la técnica de “muestreo por transectas de banda estrecha”.

Se realizaron recorridos a lo largo de una línea, a una velocidad constante, y durante los cuales se intenta detectar presencia de individuos o grupos de anfibios. Se hicieron recorridos libres y sin restricciones removiendo entre hojarasca, piedras y troncos. Los recorridos fueron diurnos y nocturnos como se lo mencionó anteriormente. Este muestreo fue aleatorio para las tres coberturas vegetales y para los transectos se hizo de forma ordenada, de manera que 1, 2 y 3 corresponden a los transectos realizados en la mañana, 4, 5 y 6 transectos realizados en la noche, el tiempo en horas para cada uno fue de 1h con 30 minutos. De igual manera, para garantizar la independencia de las muestras, los transectos fueron ubicados a una distancia de 200 m. una de la otra. Esta técnica es empleada, con el fin de monitorear los cambios en un área determinada a lo largo del tiempo, para finalmente evaluar las diferencias faunísticas entre áreas. (Cáceres y Urbina, 2009; Angulo *et al.*, 2006).

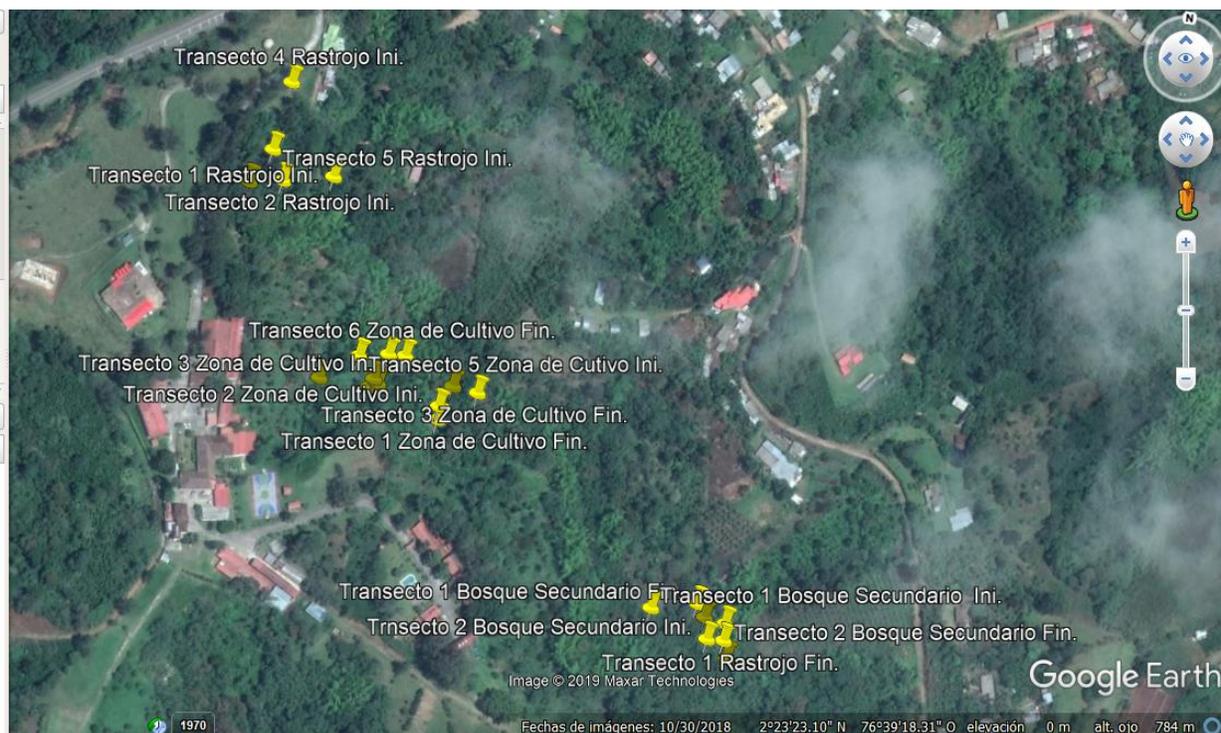


Figura 4. Imagen Satelital de los transectos realizados en la sede Los Robles, Fundación Universitaria de Popayán; Jardín Botánico de Popayán (FUP-JBP). **Tomado de:** Google Earth.

6.4 Caracterización del microhábitat

Por cada individuo observado se tuvieron en cuenta los aspectos para la caracterización de hábitat propuestos por Heyer *et al.*, (1993), los cuales corresponden al tipo de sustrato (Cuerpos de agua, Hojarasca, Suelo descubierto, Hoja, Rama,), estrato (Rasante, Arbustivo), posición vertical (Bajo/Sobre tronco; Bajo/Sobre roca), actividad del individuo al momento de la observación (cantando, nadando, saltando, amplexus, entre otras), la distancia respecto a cuerpos de agua y la vegetación. Se muestreó hasta 1.50 metros de altura, así mismo se registró la distancia vertical, con los siguientes parámetros (I: 0-20 cm; II: 21-40 cm; III: 41-60 cm; IV: 61-80 cm; V: 81-100 cm; VI: > 100 cm. También se registraron datos como hora, fecha, jornada, fase lunar y georreferenciación (GPS Status) para cada uno de los individuos, la temperatura ambiental (Termómetro digital infrarrojo laser Lcd con luz pirómetro), humedad (Termo higrómetro), intensidad del ruido (Sonómetro) e intensidad de la luz (Luxómetro).

6.4.1 Determinación de especies

Para la determinación de las diferentes especies, se realizó un registro fotográfico de cada individuo, de vista dorsal, ventral y lateral, con una cámara profesional Nikon Coolpix p900. Se tomaron algunos rasgos morfológicos como masa corporal (g), haciendo uso de una balanza digital con capacidad desde 0,1 gr. a 2Kg. Se midió Longitud rostro - Cloaca (LRC), Ancho de la boca (AB), Largo fémur (LF) utilizando Calibrador Vernier Pie de Rey Lcd digital Micrómetro 150mm, edad y sexo (solo en los casos que fue determinable), finalmente se registraron características generales de cada individuo, toda la información se consolida en una ficha técnica que nos ayudó a tener un orden al momento de procesar la información (Anexo 1).

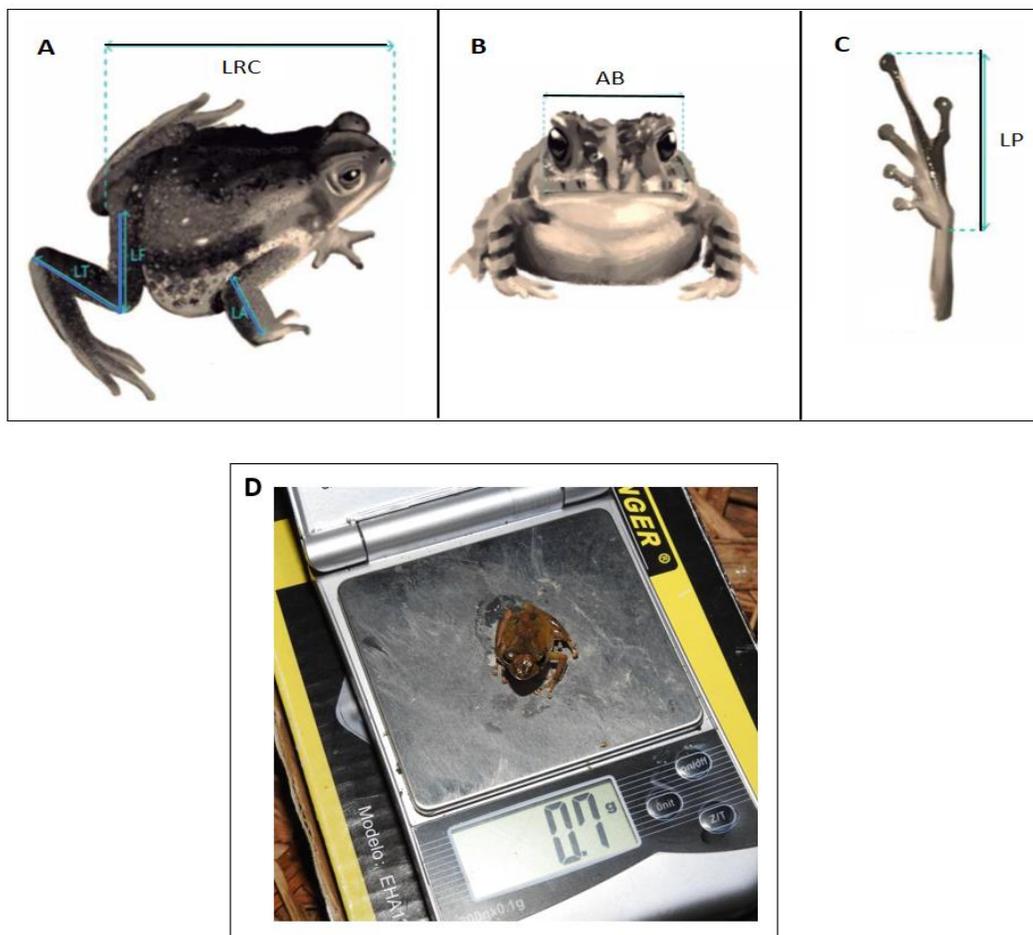


Figura 5. Medición de los rasgos morfométricos: **A.** Longitud rostro - Cloaca (LRC), Largo antebrazo (LA), Largo fémur (LF), Largo tibia (LT); **B.** Ancho de la boca (AB); **C.** Largo pie (LP); **D.** Masa corporal, siendo los tres primeros de gran ayuda al momento de la identificación. **Tomado de:** Salgado Negret, 2017; Tandioy Yuleissi, 2019.

6.5 Análisis de datos

Una vez consolidada la base de datos, se realizaron los análisis correspondientes a cada uno de los objetivos propuestos para la investigación. Para la representatividad del muestreo, se realizó:

Curva de acumulación de especies: Es el número de especies acumuladas a lo largo de una medida de esfuerzo de muestreo (UM), la curva de acumulación muestra la tasa a la que nuevas especies se adicionan, más no la riqueza total (Londoño, s.f.); Se realizó una curva de acumulación de especies, con el fin de predecir la riqueza que se encuentra en cada hábitat o ambiente, se hizo uso del programa EstimateS 9.1.0, se calcularon los estimadores no paramétricos Chao 1 y Jackknife

1, el primero considera el número de especies no comunes en la muestra, además tiene en cuenta la abundancia por especie, el segundo por su parte es un estimador que se basa en el número de especies que se encuentran únicamente en una muestra, por lo tanto no asumen homogeneidad ambiental, posterior a esto las curvas fueron realizadas con el programa Excel (Moreno, 2001).

6.5.1 Diversidad de especies (Diversidad alfa):

Se utilizó el índice de diversidad Shannon-Weaver (H'), para conocer la relación entre el número de especies y su abundancia relativa, lo que permite describir la estructura de la comunidad, además este índice se basa en la abundancia proporcional de especies, considerando que una comunidad es más diversa mientras mayor sea el número de especies que la compongan y menor dominancia presenten una o pocas especies con respecto a los demás (Moreno, 2001; Magurran, 1987; Franco-López *et al.*, 1985).

$$\hat{H} = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

\hat{H} = diversidad estimada

p_i = n_i/N proporción de individuos en la i -ésima especie.

6.5.2 Abundancia Relativa (AR):

Se refiere al número o proporción comparativa de individuos de una población en sitios o tiempos distintos, para nuestro estudio se calculó el número de individuos detectados en cada transecto por el tiempo de muestreo, donde:

$$AR = \frac{\text{Total de individuos}}{\text{Horas de muestreo}}$$

A fin de determinar si la abundancia relativa del presente estudio es diferente entre las tres coberturas vegetales (bosque secundario, rastrojo y cultivo) se realizó un ANOVA de Kruskal-Wallis para comparar los promedios de AR en cada transecto y coberturas establecidas (Naranjo, E.J., 2000; Martínez Baños, V., 2011). De igual manera se realizó una prueba de post-hoc para

observar las variaciones entre coberturas, y finalmente un box plot para afirmar en detalle cuales de ellas difieren.

6.5.3 Relación del ensamblaje con las variables ambientales

Con el fin de encontrar la relación entre los parámetros de composición, estructura y variables tanto del hábitat y micro hábitat se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), para este estudio, la variable dependiente corresponde a las especies con relación a las variables independientes como la Temperatura (°C), Humedad (%), Intensidad de la Luz (lux) e Intensidad del sonido (dB), Badii, M. H., y Castillo, J. (2017).

6.5.4 Preferencia del microhábitat

En este punto, fue necesario implementar un Análisis de Correlación (AC) entre las especies y las características del microhábitat para cada una de las coberturas, con miras a determinar qué hábitat y cuáles microhábitat son preferidas por las especies reportadas.

6.5.5 Comparación de la diversidad entre coberturas vegetales (Diversidad beta):

En última instancia para determinar la similaridad del ensamblaje en las tres coberturas, se realizó el índice de Bray-Curtis, que permite corregir los sesgos creados por el tamaño de la muestra y ausencia de registros de especies extrañas. Los análisis realizados se llevaron a cabo mediante el software estadístico Past versión 3.2.4.

7 Resultados

7.1 Diversidad taxonómica del ensamblaje de anuros

Durante el periodo de investigación se registraron 147 individuos, distribuidos en 9 especies y 4 familias (Figura 5), la familia que más especies presentó fue CRAUGASTORIDAE con 5 especies, seguida de la familia DENDROBATIDAE con 2 especies, HYLIDAE y BUFONIDAE con 1 especie.

La riqueza de especies observadas durante la investigación se sistematizó y se puede apreciar en la Tabla 1. Se observa que el bosque secundario presentó mayor número de especies e individuos, lo cual corresponde a un 73% de los registros obtenidos y 8 especies. La zona de cultivo corresponde al 16% de los individuos con 5 especies. Finalmente la zona de rastrojo presentó menor número de individuos 11%, mas, igual número de especies que la zona de cultivo.

Tabla 1. Composición y abundancia de anuros en las tres zonas de muestreo, bosque secundario, zona de rastrojo y zona de cultivo en el Jardín Botánico de Popayán (JBP-FUP), sector Los Robles, Timbío-Cauca.

FAMILIA	ESPECIES	Bosque Secundario	Zona de Rastrojo	Zona de cultivo
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp.1	6	2	5
	<i>Pristimantis</i> sp.2	5	1	2
	<i>Pristimantis</i> sp.3	27	11	12
	<i>Pristimantis thectopternus</i>	4	0	1
	<i>Pristimantis w-nigrum</i>	6	1	3
Dendrobatidae	<i>Leucostethus</i> sp.1	37	0	0
	<i>Leucostethus</i> sp.2	18	0	0
Hylidae	<i>Dendropsophus columbianus</i>	5	0	0
Bufonidae	<i>Rhinella horribilis</i>	0	1	0

7.1.1 Especies registradas:

Durante los cinco meses de muestreo, se registraron nueve especies (Véase Figura 5). De un lado la especie más abundante corresponde a *Pristimantis* sp.3 con 50 individuos. De otro lado las especies que presentan menor abundancia corresponden a *Dendropsophus columbianus* y *Pristimantis thectopternus* con cinco individuos para cada una. En cuanto a las especies raras, se encontró un solo individuo *Rhinella horribilis*, que corresponde a la familia Bufonidae.

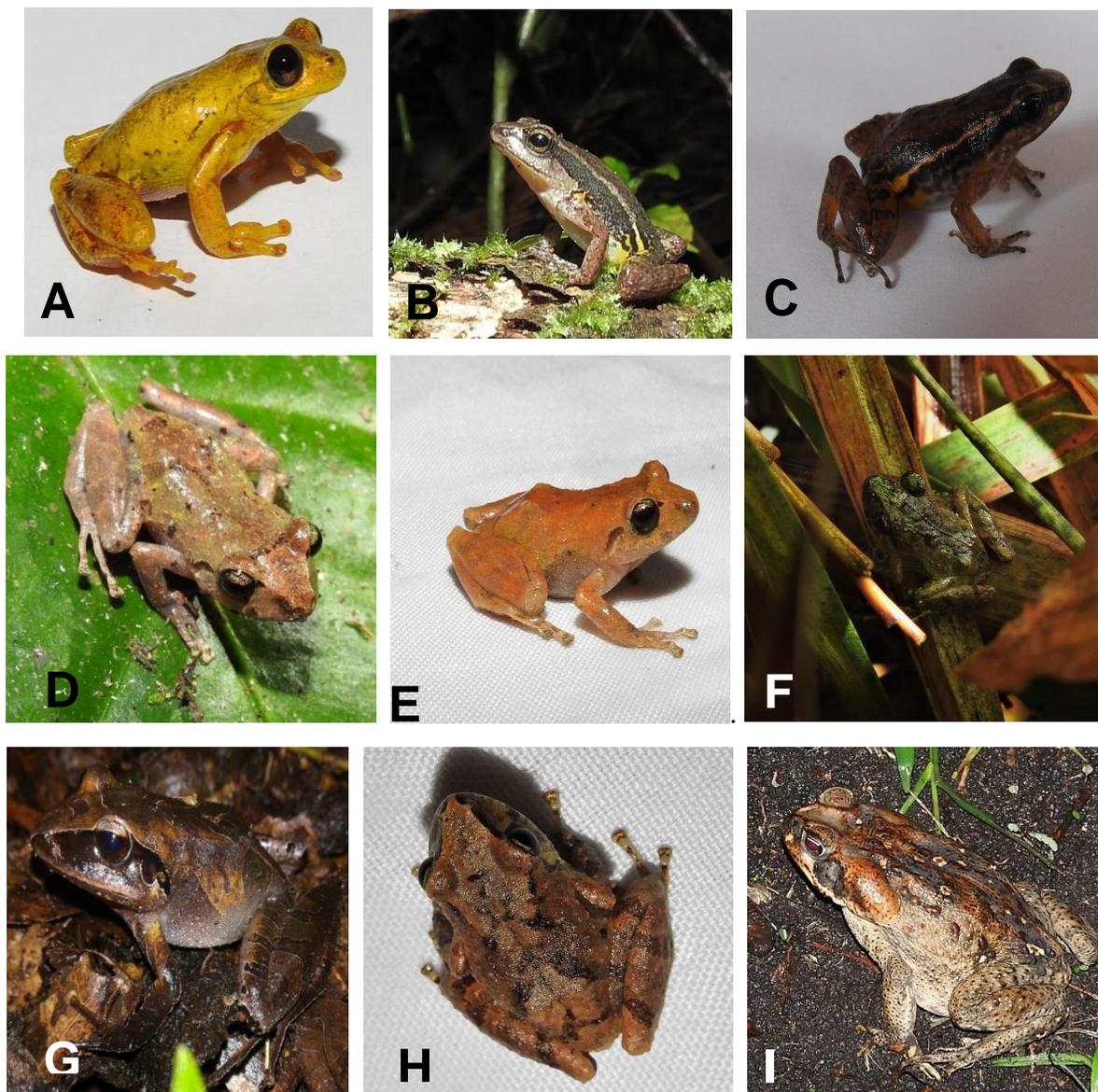


Figura 6. Registro fotográfico de las especies de anuros capturados en el JBP-FUP A) *Dendropsophus columbianus*, B) *Leucostethus* sp.1, C) *Leucostethus* sp.2, D) *Pristimantis* sp.1, E) *Pristimantis* sp.2, F) *Pristimantis* sp.3, G) *Pristimantis thectopternus*, H) *Pristimantis w-nigrum*, I) *Rhinella horribilis*. **Fuente:** Tandioy Yuleissi, 2018.

7.1.2 Representatividad del muestreo:

Para la representatividad del muestreo se realizó una curva de acumulación de especies (Véase Figura 6) basada en el número de individuos para cada cobertura. Se hace uso del programa Estimates (versión 9.0). A través del mismo programa se evaluó el desempeño de diferentes estimadores no paramétricos de riqueza de especies (Chao 1 y Jackknife 1) en cada uno de los sitios estudiados. Estos fueron comparados con la riqueza observada (9) para analizar la eficiencia del muestreo.

La representatividad del muestreo según los estimadores no paramétricos arrojó un valor del 96,67% de las especies estimadas. Con el estimador Chao 1 fue de 9 y con Jackknife de 9,94. Dichos valores denotan el comportamiento asintótico de la curva, ratificando la eficiencia del muestreo.

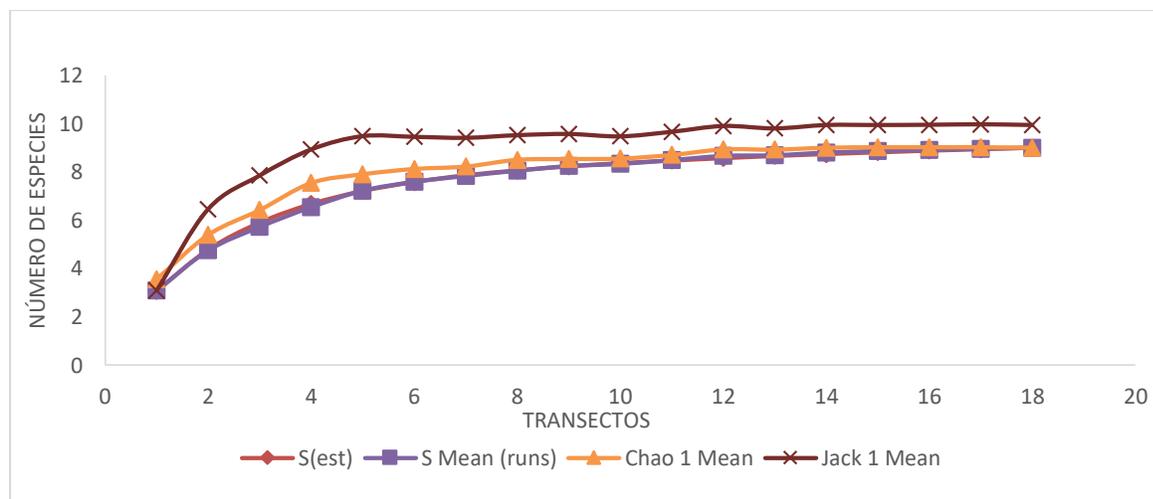


Figura 7. Curva de acumulación de especies para los anuros presentes en el Jardín Botánico de Popayán-Fundación Universitaria (JBP-FUP). **Fuente:** Tandioy Yuleissi, 2019.

7.1.3 Riqueza para cada cobertura:

La riqueza de anuros fue mayor en el bosque secundario (8 especies), seguido de la zona de rastrojo y cultivo (5 especies en cada uno). Los estimadores Chao y Jacknife 1 reflejaron un número similar al reportado en campo para cada hábitat (Véase Tabla 2). Se observó que para el bosque secundario y la zona de cultivo, el muestreo se aproxima a la riqueza estimada, caso contrario a lo que ocurre en la zona de rastrojo, que difiere un poco en los resultados, mostrando que el esfuerzo de muestreo fue menor (Véase Figura 7).

Tabla 2. Riqueza de anuros observados y estimados para cada uno de los hábitats en el JBP-FUP.

	Bosque Secundario	Zona de rastrojo	Zona de cultivo
Sobs.	9	5	5
Chao 1	8 100%	6 83.3%	5 100%
Jacknife 1	8 100%	8 62.5%	6 86%

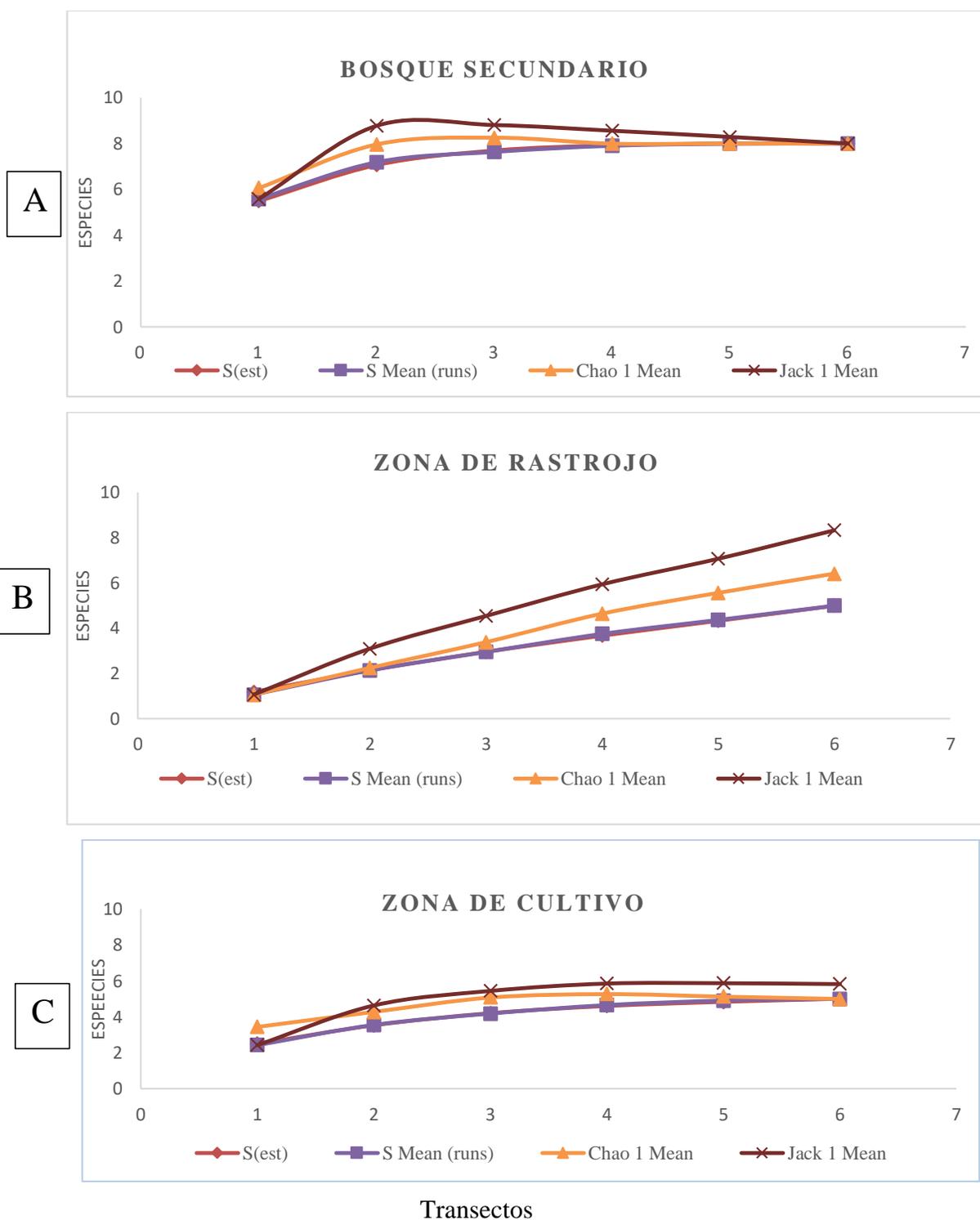


Figura 8. Curvas de acumulación de especies para cada cobertura vegetal con diferente estado sucesional, A. bosque secundario, B. zona de rastrojo, C. zona de cultivo. **Fuente:** Tandioy Yuleissi, 2019.

7.1.4 Abundancia relativa:

Los valores en la tabla 4, muestran la abundancia relativa para cada uno de los transectos realizados en las tres coberturas vegetales donde se realizaron los muestreos.

Las tres coberturas vegetales, presentan diferencias significativas, con valor del test de Kruskal-Wallis= 11,88 y $p = 0,002$.

Tabla 3. Valores de abundancia relativa en cada transecto de las tres coberturas vegetales.

BOSQUE SECUNDARIO	ZONA DE RASTROJO	ZONA DE CULTIVO
0,055	0	0,0125
0,035	0,015	0,0075
0,0625	0,0125	0,005
0,0375	0,0025	0,01
0,0475	0,0075	0,015
0,0325	0,0025	0,0075

Una vez que se ha determinado que existen diferencias, se realizó la prueba de rango post hoc, la cual permite determinar cuáles coberturas difieren. Esta prueba, identifica los subconjuntos homogéneos que no se diferencian entre sí (Véase tabla 3).

Tabla 4. Prueba de post-hoc, para determinar en cuales de las coberturas existen diferencias significativas.

	Bosque secundario	Zona de rastrojo	Zona de cultivo
Bosque secundario	-	0,001	0,009
Zona de rastrojo	0,001	-	0,514
Zona de cultivo	0,009	0,514	-

Con el fin de visualizar el comportamiento de abundancia entre las tres coberturas vegetales, se realizó un diagrama de cajas o box-plot. La figura 9 muestra que no existen diferencias significativas para coberturas de rastrojo y Cultivo, pero si con relación al bosque secundario.

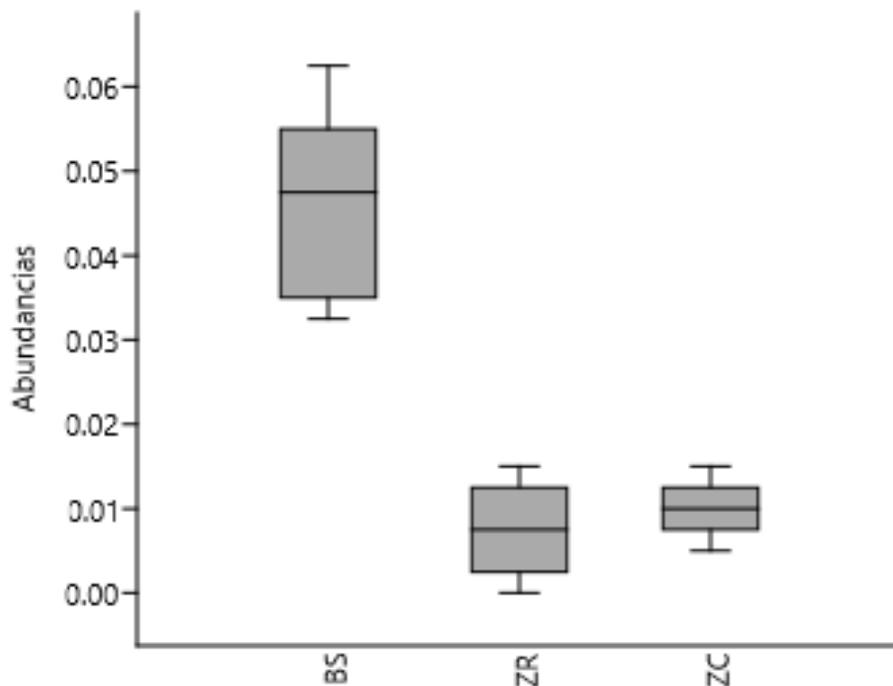


Figura 9. Box-plot del comportamiento de las abundancias en las tres coberturas vegetales.

Fuente: Tandioy Yuleissi, 2019.

7.1.5 Índices de diversidad índice de diversidad Shannon-Weaver (H'):

Muestra la relación entre el número de especies y su abundancia relativa, adquiere valores entre cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de S , cuando las especies están representadas por el mismo número de individuos, de esta manera al ser un índice sensible a la equidad y al número de especies se observa en la tabla 5 que las diferentes zonas de muestreo arrojaron valores de 1.74, 1.29 y 1.04 para bosque secundario, zona de cultivo y zona de rastrojo respectivamente. Considerando que el bosque secundario es más diverso, frente a la zona de cultivo y zona de rastrojo.

Desde el índice de **Simpson** fuertemente influido por la importancia de las especies más abundantes toma valores en un rango de 0 a 1, denotando que la zona de bosque secundario presenta mayor uniformidad o igualdad en cuanto a la distribución de individuos entre especies, seguido de la zona de cultivo y finalmente la zona de rastrojo.

Tabla 5. Índices de diversidad para las tres coberturas muestreadas en el Jardín Botánico de Popayán-FUP.

SITIOS	SHANNON_H'	SIMPSON_1-D	H' Max
Bosque Secundario	1,740	0,780	2,079
Zona de rastrojo	1,037	0,500	1,609
Zona de cultivo	1,286	0,654	1,609

7.2 Relación variables ambientales

Las variables ambientales registradas (temperatura, humedad, intensidad lumínica e intensidad del ruido), variaron en relación a la cobertura vegetal. En la Tabla 6, se muestra que en zonas de rastrojo y zonas de cultivo, las variables no tenían cambios fuertes. Sin embargo si se presenta una diferencia con el bosque secundario.

Tabla 6. Promedio de las variables ambientales dentro de las tres coberturas estudiadas en el JBP-FUP.

COBERTURA	VARIABLES AMBIENTALES			
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Intensidad lumínica (lux)	Intensidad del sonido (dB)
Bosque Secundario	13,4	83,1%	103,7	31,9
Zona de rastrojo	14,6	78,5%	138,9	35,8
Zona de cultivo	14,8	78,7%	145,6	33,9

7.2.1 Análisis de correspondencia canónica (ACC):

El análisis de correspondencia canónica muestra cuáles especies dependen de ciertas variables ambientales para su desarrollo y supervivencia. En la Figura 10, se observa que especies como *Pristimantis* sp.3 y *Leucostethus* sp.2, están más relacionados con la temperatura. Por su parte, especies como *Pristimantis* sp.1, sp.2, *Pristimantis thectopternus* y *Leucostethus* sp.1, se encuentran influenciadas por la intensidad lumínica, mientras que otras como *Dendrosophus columbianus* a la humedad y *Rhinella horribilis* a la intensidad del ruido.

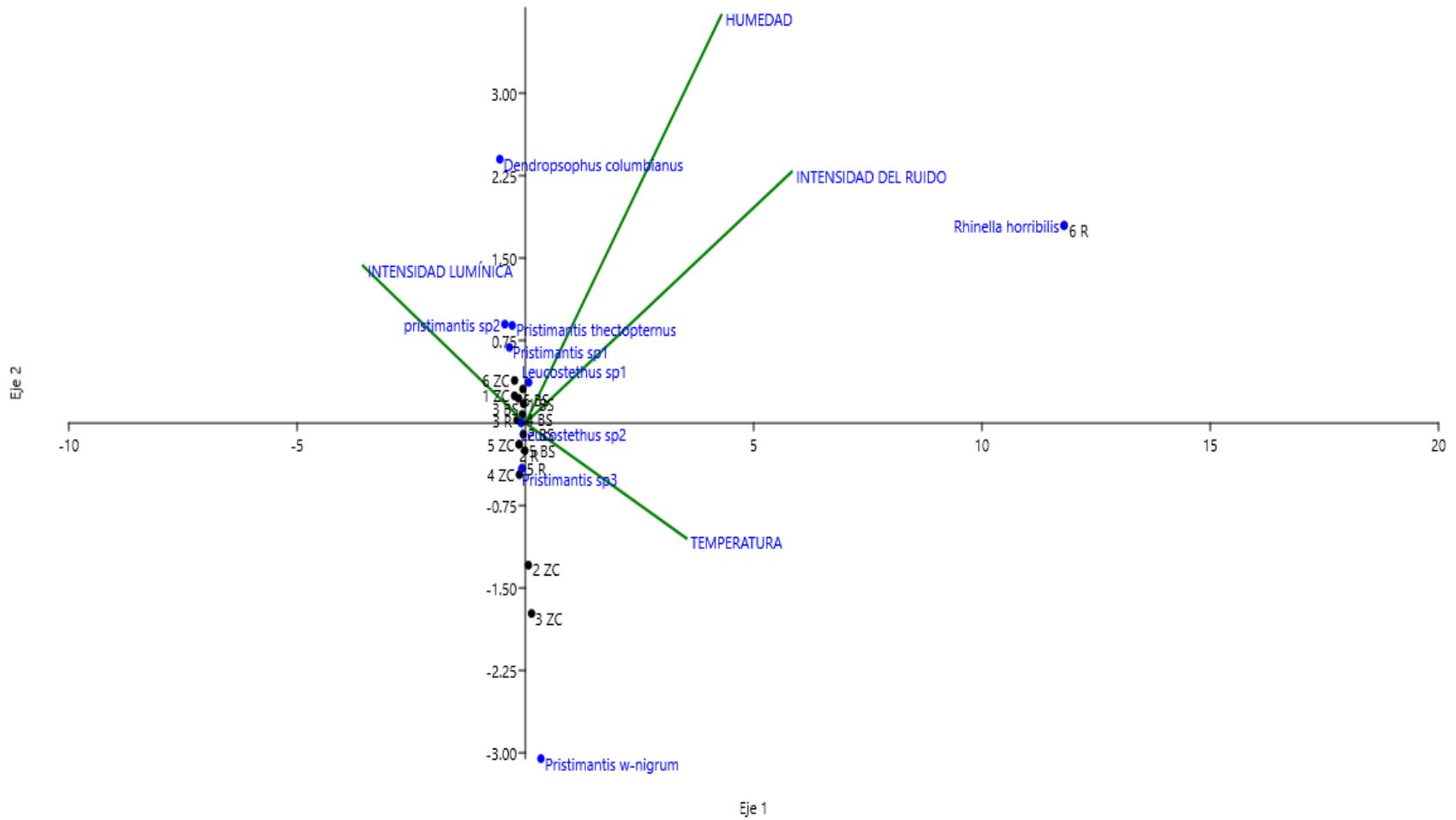


Figura 10. Gráfica del análisis de correspondencia canónica (CCA). **Tomado de:** Tandioy Yuleissi , 2019.

7.3 Características del hábitat

El uso del microhábitat difiere entre las diferentes especies, tal como se observa en la Tabla 7, los sustratos comúnmente utilizados por los individuos corresponden a hojas, hojarasca y lodo. De igual manera, se encontraron sustratos en los que ocasionalmente se contaba con la presencia de algunas especies, las cuales corresponden a: raíces, roca, pasto y musgo (Véase Figura 11).

Tabla 7. Número de individuos por especie en los sustratos de las tres coberturas vegetales en el JBP.

ESPECIES	CARACTERISTICAS DEL HÁBITAT **									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Dendropsophus columbianus</i>	1	2	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Leucostethus</i> sp.1	10	18	1	2	0	1	2	4	0	0
<i>Leucostethus</i> sp,2	6	10	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Pristimantis</i> sp.1	3	1	0	7	1	0	0	1	0	0
<i>Pristimantis</i> sp.2	1	3	0	2	1	0	0	0	0	0
<i>Pristimantis</i> sp.3	0	17	0	22	4	4	0	2	0	0
<i>Pristimantis tectothernus</i>	1	3	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Pristimantis w-nigrum</i>	0	6	0	2	1	0	0	1	0	0
<i>Rhinella horribilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

** 1. Cuerpos de Agua 2. Hojarasca 3. Raíces 4. Hoja 5. Rama 6. Tronco 7. Roca 8. Lodo
9. Pasto 10. Musgo

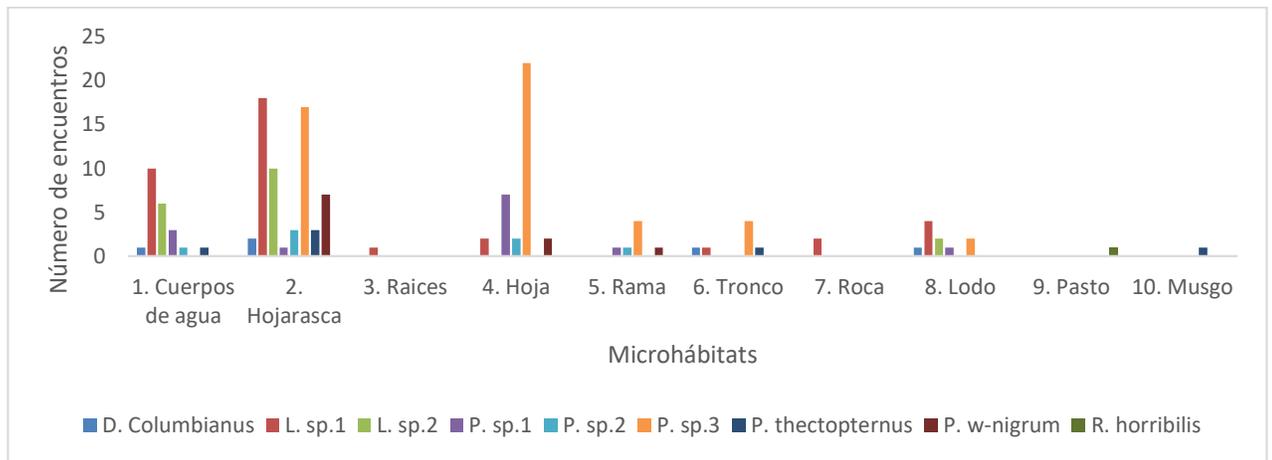


Figura 11. Microhábitat de los anuros registrados en el Jardín Botánico de Popayán-Fundación Universitaria.

Fuente: Tandioy Yuleissi, 2019.

Con el fin de comparar la relación entre las características del hábitat para cada cobertura vegetal, se realizó un Análisis de correlación.

7.3.1 Análisis de correlación para bosque secundario:

Se observa que en los microhábitats como cuerpos de agua, hojarasca, roca y raíces son preferidos por especies como *Leucostethus* sp.1 y sp.2, de igual manera que para especies de *Pristimantis* sp.1 y sp.2, por otro lado, *Pristimantis w-nigrum* y *Dendropsophus columbianus* prefieren un microhábitat de lodo, *Prismimantis* sp.3 de preferencia en hojas y troncos y *Pristimantis techtopternus* en musgo.

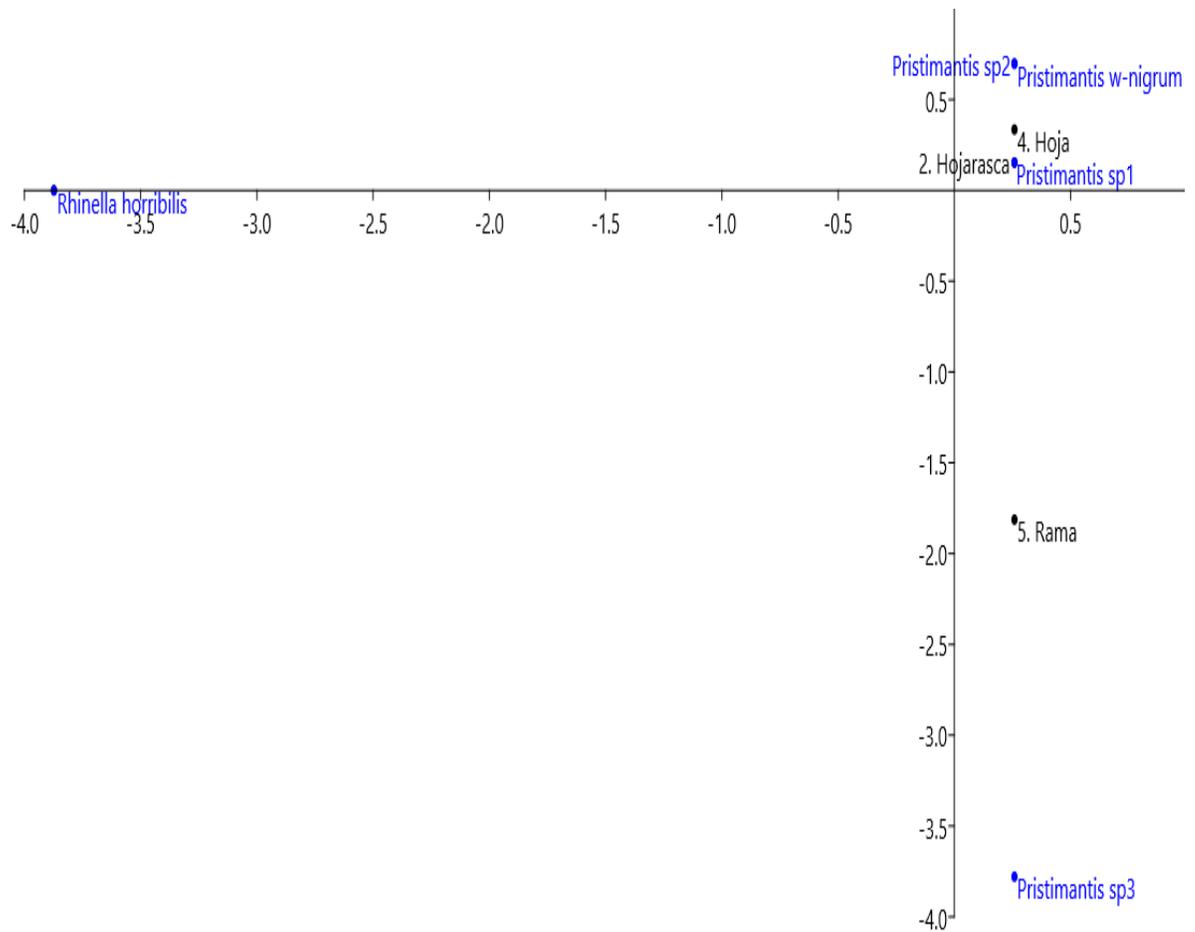


Figura 13. Relación entre Características del hábitat con las especies reportadas para Zona de rastrojo en el JBP-FUP. **Fuente:** Tandioy Yuleissi, 2019.

7.3.3 Análisis de correlación para zona de cultivo:

Respecto a la zona de cultivo, las especies de *Pristimantis* sp.2 y sp.3, estuvieron más relacionadas con microhábitat de hoja, *Pristimantis* sp.1 con rama, *Pristimantis w-nigrum* con preferencia a la hojarasca y *Pristimantis techtopternus* asociada a troncos.

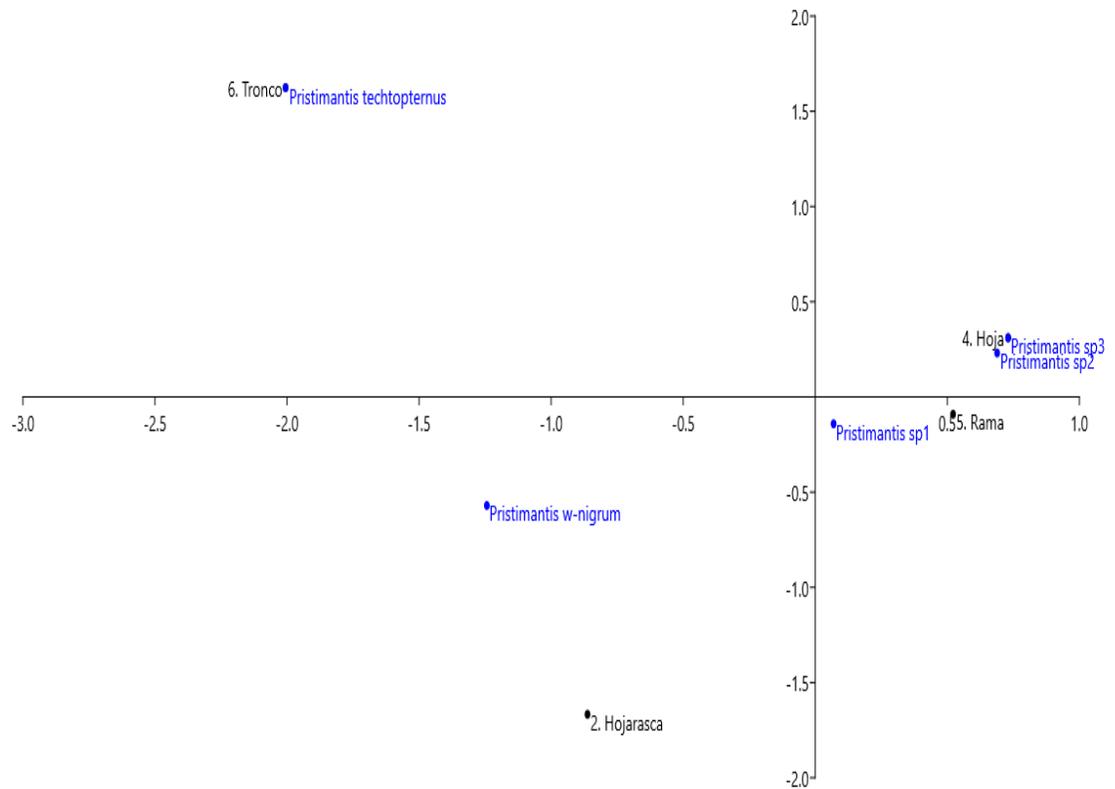


Figura 14. Relación entre Características del hábitat con las especies reportadas para Zona de cultivo en el JBP-FUP. **Fuente:** Tandioy Yuleissi, 2019.

7.4 Similitud en cuanto a composición de especies entre las tres coberturas vegetales

En la Tabla 8, se registran los valores de similitud para las tres coberturas vegetales haciendo uso del índice de Bray-Curtis. Se evalúa la similitud en la composición del ensamblaje.

Tabla 8. Similaridad para las tres coberturas vegetales.

	BS	ZR	ZC
BS	1	0,444	0,625
ZR	0,444	1	0,666
ZC	0,625	0,666	1

El dendograma de similitud, en cuanto a composición de especies (Véase Figura 15) muestra que los sitios más similares con aproximadamente el 78% corresponden a la zona de rastrojo y zona de cultivo, por su parte el bosque secundario presenta disimilitud con relación a las coberturas ya mencionadas.

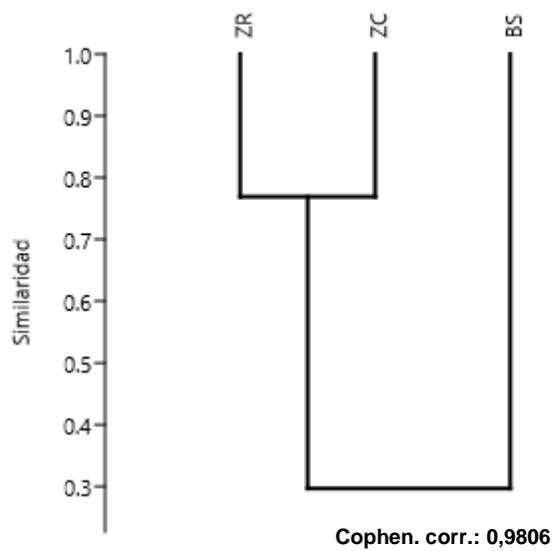


Figura 15. Dendograma de similitud según el coeficiente Bray-Curtis para las tres zonas de muestreo (bosque secundario, zona de rastrojo y zona de cultivo) en el JBP-FUP. **Fuente:** Tandioy Yuleissi, 2019.

Finalmente la Figura 16, representa las especies exclusivas para cada cobertura vegetal y aquellas que se comparten. Además representa la similitud en cuanto a composición para zonas de rastrojo y de cultivo.

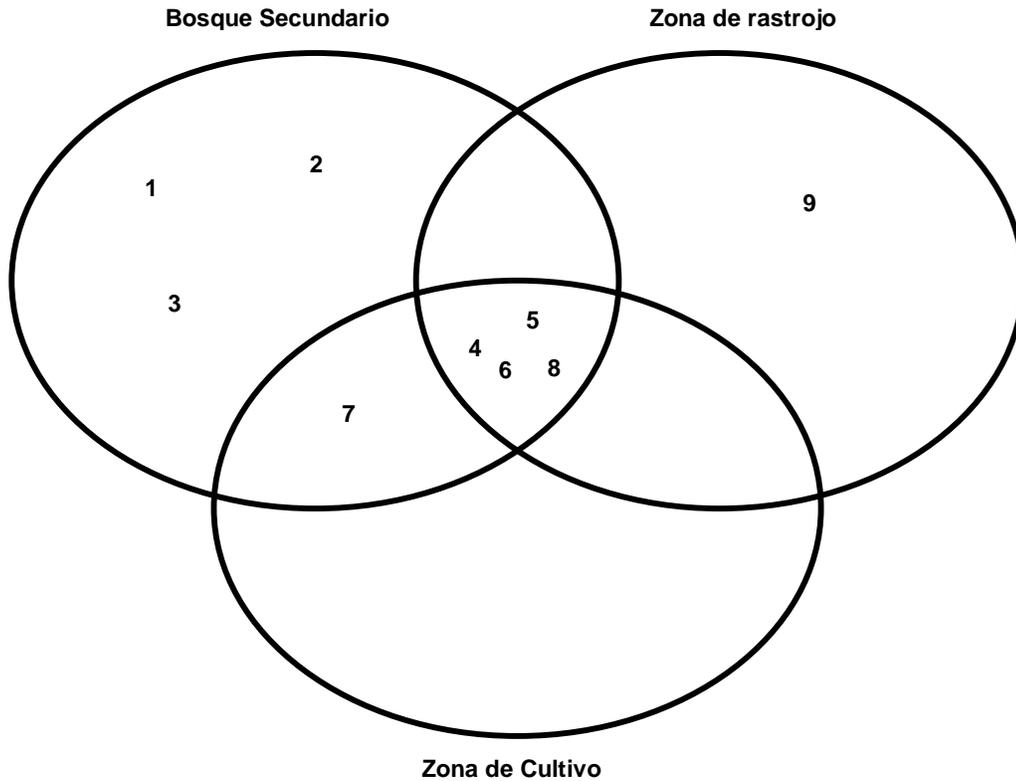


Figura 16. Composición taxonómica del ensamblaje de anuros presentes en el JBP-FUP, las áreas de traslape contienen especies compartidas entre coberturas, **1)** *Dendropsophus columbianus*, **2)** *Leucostethus* sp.1, **3)** *Leucostethus* sp.2, **4)** *Pristimantis* sp.1, **5)** *Pristimantis* sp.2, **6)** *Pristimantis* sp.3, **7)** *Pristimantis thectopterus*, **8)** *Pristimantis w-nigrum*, **9)** *Rhinella horribilis*. **Fuente:** Tandioy Yuleissi, 2019.

8 Discusión

Son muchos los efectos de la fragmentación sobre los ecosistemas y más aún sobre los diferentes grupos faunísticos. Es por eso que deben ser determinados tanto a nivel espacial como temporal (Schlaepfer y Gavin, 2001). Uno de los grupos faunísticos fuertemente amenazados son los anuros, ya que son susceptibles a los diferentes cambios ambientales que se presentan en la estructura de su hábitat.

La pérdida del hábitat ejerce fuertes efectos sobre las especies que habitan generalmente en los bosques (Saunders et al., 1991), ya que especies afines a áreas abiertas tienden a reemplazar las especies de coberturas boscosas (Vargas y Bolaños, 1999). Es por eso, que en la presente investigación, realizó una caracterización del ensamblaje de anuros en tres coberturas vegetales (Bosque secundario, Zona de cultivo y Zona de rastrojo) del Jardín Botánico de Popayán (JBP). Las especies reportadas (Figura 6) no presentan ningún grado de amenaza para su conservación según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

En el presente estudio, se reportaron 9 especies que corresponden a la diversidad total de los muestreos realizados en las tres coberturas vegetales del Jardín Botánico de Popayán (JBP). La mayor diversidad de especies se presentó en el bosque secundario. La familia CRAUGASTORIDAE corresponde al grupo más dominante en este ensamblaje. Ésta cobertura a pesar de haber sido intervenida anteriormente, en la actualidad cuenta con mucha vegetación y poca influencia antrópica. De igual manera presenta varios cuerpos de agua que influyen en la dinámica poblacional de algunas especies de anuros. Para Cáceres-Andrade y Urbina-Cardona (2009), esta cobertura está condicionada a la utilización de distintos microhábitats, ofreciendo además recursos como escondite, protección y alimento para las diferentes especies anurofúnicas. De igual manera en el bosque secundario se encuentra materia orgánica generada por la descomposición de algunos troncos y hojarasca, efecto que puede incidir en la abundancia de especies como *Pristimantis w.nigrum* (Hernández, 2012).

Es necesario resaltar que cuatro de las especies del género *Pristimantis* se encontraron en las tres coberturas vegetales bosque secundario, zona de rastrojo y zona de cultivo.

La especie registrada de la familia HYLIDAE *Dendropsophus columbianus*, solo se encontró en el bosque secundario, al igual que las dos especies encontradas de familia DENDROBATIDAE *Leucostethus* sp.1 y sp.2; la especie *Rhinella horribilis* perteneciente a la familia BUFONIDAE solo se encontró en la zona de rastrojo, indicando que es una especie que logra adaptarse a los cambios de hábitat e influencia antrópica.

En el estudio fue posible observar un patrón de abundancia particular, dado que el mayor número de individuos están relacionados al bosque secundario. Esto nos permite inferir que estos individuos tienen preferencia por zonas poco intervenidas y presentan mayor variedad de microhábitats, ajustándose al estudio realizado por Gutiérrez, Serrano y Ramírez (2004).

La riqueza en cada uno de los hábitats resultó ser diferente, lo cual era esperado debido a la variación en la estructura vegetal y las variables microclimáticas asociadas. De igual manera, la riqueza de especies observada en el estudio, indicó que el mayor número de individuos se encontraron en el bosque secundario, tal como se había planteado en la hipótesis propuesta al inicio de este documento. Se evidenció que la composición y abundancia del ensamblaje de anuros es significativamente mayor en el bosque secundario y menor en las coberturas de rastrojo y cultivo. Por ende en el bosque secundario se registraron 108 individuos distribuidos en 8 especies, pertenecientes a 3 de las familias de las reportadas, quienes ocupan el 73% de la muestra total, comparados con 23 individuos de la zona de cultivo distribuidos en 5 especies pertenecientes a una familia de las identificadas, representando el 16% de los individuos; por último la zona de rastrojo presenta un 11% de los individuos registrados, encontrándose 16 individuos distribuidos en 5 especies pertenecientes a 2 familias.

La riqueza en cada una de las coberturas vegetales fue diferente, lo cual era de esperarse debido a la variación en la estructura vegetal y las variables climáticas asociadas. El bosque secundario, es el hábitat que presenta mayor complejidad estructural y mayor diversidad de nichos ecológicos, esto debido a la presencia de diferentes estratos y variedad de microhábitats, situación que permite albergar mayor cantidad de especies. (Ripptein et al., 2001; Urbina y Pérez, 2002). Dicha complejidad muestra que en el bosque secundario se encontró mayor riqueza (8 especies) de acuerdo con los estimadores Jackknife 1 y Chao 1 los

cuales predicen una riqueza de 8 especies, siendo la mayor riqueza estimada entre las tres coberturas vegetales. Sin embargo es necesario recordar que a medida que se reducen los tamaños de fragmentos disponibles del bosque secundario, disminuye la calidad del hábitat y cantidad de microhábitats disponibles para las diferentes actividades indispensables como desarrollo y supervivencia de los anuros. Esto puede explicar las diferencias que se presentan entre coberturas, ya que para zona de rastrojo y zona de cultivo la cantidad de especies e individuos fue poca.

Por su parte la complejidad estructural de la zona de cultivo, en cuanto a estratos de vegetación es más baja que la del bosque secundario, por ello fueron reportadas un menor número de especies al igual que en la zona de rastrojo (5 especies). Por su parte los estimadores Chao 1 y Jackknife 1 predicen valores de 5 y 6 especies para cada uno, lo que corresponde al 100% y el 83.3% de la riqueza para esta coberturas.

La zona de rastrojo hace referencia a zonas donde prevalece bosque secundario intervenido, cuyas áreas tienen mayor influencia antropogénica, situación por la cual presentan poca vegetación emergente con árboles, arbustos dispersos muy escasos. En esta cobertura vegetal se presentó igual número de especies que en la zona de cultivo, sin embargo esta zona tiene el número más bajo en cuanto a su abundancia, esto debido a su homogeneidad estructural y las condiciones climáticas externas que se presentan e influyen en la presencia de anuros (Urbina, Olivares y Reynoso, 2006). La alta frecuencia e intensidad del disturbio, debido a procesos de urbanización, también genera variaciones en la riqueza y abundancia, ya que esta zona es la más cercana a la infraestructura de la Sede Los Robles de la Fundación Universitaria. Los estimadores Chao 1 y Jackknife 1 predicen 6 y 8 especies. Sin embargo esto no fue posible, arrojando el 83.3% y 62.5% de la riqueza para esta cobertura, el esfuerzo de muestreo fue bueno, sin embargo es necesario realizar un muestreo de más intenso en esta zona.

Con relación a lo mencionado anteriormente, los estimadores no paramétricos arrojaron un 96.67% de la representatividad en la diversidad total, lo que indica que según los estimadores se esperarían para la región de estudio, entre 1 y 2 especies adicionales; la

diferencia observada entre la riqueza total y los estimadores de riqueza muestran que es posible que al hacer un mayor esfuerzo de captura, incluyendo otro tipo de hábitats y realizando muestreos en cada una de las épocas climáticas presentes en la zona de estudio, se logren identificar especies adicionales. No se detectaron diferencias significativas entre los atributos establecidos para el ensamblaje de anuros de la zona de rastrojo y la zona de cultivo (5 especies). Sin embargo la diferencia es notoria en la riqueza específica del ensamblaje de anuros en el bosque secundario (8 especies). Esto exhibe una mayor dominancia y diversidad para zonas más conservadas, como es el caso del bosque secundario. Según Margalef (1995) Los índices de diversidad de Shannon suelen hallarse entre 1.5 y 3.5, es un índice sensible a la equidad y al número de especies. Dada esta afirmación, dos de las coberturas vegetales, zona de rastrojo y cultivo (tabla 5). Presentaron baja diversidad, con valores de 1,29 y 1,04 respectivamente. De acuerdo con Pérez (2011), esto tal vez sea influenciado por factores que afectan la diversidad y frecuencia de especies, como es el caso de la fragmentación de los hábitats, lo que ocasiona alteraciones en la estructura de mismo, y variaciones en cuanto a temperatura, humedad, intensidad lumínica y vientos. Por su parte el bosque secundario es considerado el más diverso con un valor de 1,74, esto se debe principalmente a la homogeneidad en la cobertura de bosque, ya que en su interior se encuentran áreas conservadas y con mayor variedad de hábitats.

En cuanto a las características estructurales que se encontraron en cada una de las coberturas vegetales, se determinó la influencia con variables abióticas como la temperatura, la humedad, la intensidad de la luz y el ruido. Estos a su vez determinan condiciones específicas de cada cobertura. La temperatura y la humedad fueron las más representativas, ya que presentaron mayor fluctuación tanto en coberturas vegetales como en meses de muestreo, esto contrasta con lo planteado por Becerra (2011), en donde las variables más influyentes son las mismas que determinamos en este estudio, para Cáceres y Urbina (2009) la humedad es la variable que más influencia la distribución de anuros en los microhábitat, seguida por la distancia a cuerpos de agua y la cobertura de dosel.

Es importante indicar que en la zona de rastrojo (ZR) se registró mayor variación en cuanto a la temperatura. Presentó también menor humedad relativa en comparación con el

Bosque secundario (BS). Sin embargo los valores de temperatura, humedad, intensidad de la luz y del ruido fueron muy semejantes a la zona de cultivos (ZC), esto se debe a que ambas zonas se encuentran en áreas abiertas y dominadas por estrato rasante. Es por eso que la riqueza de especies fue baja, esto se relaciona con la intervención a la que está expuesta esta zona, encontrándose cerca al área construida dentro del Jardín Botánico.

Para la zona de bosque secundario (BS), la variable que presentó menor fluctuación fue la temperatura, posee una estructura vegetal dominado por estrato arbóreo. Esta zona ofreció una variedad de microhábitats, principalmente Hoja, hojarasca y lodo, lo cual permite condiciones óptimas para el desarrollo y supervivencia del ensamblaje de anuros (Figura 11) cuenta además con uno de los recursos más relevantes en cuanto a las necesidades de los anuros: el agua, siendo lugar de ovoposición para algunas especies de anuros.

En relación al análisis de correspondencia canónica (ACC), muestran que las variables que más influyen sobre la presencia de los anfibios en los microhábitats evaluados son la humedad y la intensidad lumínica. Siendo la intensidad lumínica la que está más relacionada con la presencia de una especie en determinado lugar (*Rhinella horribilis*). En estudios realizados (Urbina, 2009; Cortes, 2011; Rios, Puerta y Sierra, 2011) en diferentes regiones, concluyen que la humedad relativa es la variable que más influencia la distribución de los anuros en los microhábitats, situación que fue verificable en el presente estudio.

De igual modo se observó que las especies registradas tienen una preferencia por temperaturas intermedias.

Tal como se menciona en el estudio de Isaacs y Urbina (2011), los cambios en el uso del suelo generan pérdida de hábitat y ésta a su vez cambia los gradientes ambientales y estructurales de cada cobertura, resultando en una menor disponibilidad de nichos para las especies. Lo anterior fue comprobado en el presente estudio, por eso la gran diferencia reportada en la abundancia de especies en los tres tipos de coberturas vegetales seleccionados para dicha investigación. Por otro lado, el aumento de las fronteras agropecuarias y urbanas conduce a una reducción de los espacios naturales forzando la migración de anfibios hacia hábitats no aptos para su desarrollo o a lugares subóptimos del nicho (Ochoa- Urbina et al., 2009).

De igual forma, la mayor complejidad en las coberturas vegetales y la presencia del recurso hídrico son factores determinantes en el desarrollo y distribución de los anuros (Woolbright, 1985; Navas, 1996; Dodd, 2010). La producción de hojarasca en ambientes boscosos y húmedos dentro del bosque aumenta la oferta de alimento respecto a las áreas intervenidas (Vásquez, et al., 2013).

Las especies encontradas fueron en su mayoría nocturnas. De acuerdo con las afirmaciones de Castro (2009), la mayoría de los grupos de anfibios pueden ser activos en la noche como adaptación para evitar las altas temperaturas durante el día. Algunas especies como *D. columbianus* y *L. Sp.1* se observaron en vegetación que rodea los cuerpos de agua, a diferencia de las otras siete especies que prefieren otro tipo de microhábitat, es decir son más propias de microhábitat terrestres (Lima & Magnusson 1998, Caldwell & Vitt 1999).

De las 9 especies registradas en el ensamblaje de anuros, se observó la preferencia que tienen por algunos de los microhábitat, estos corresponden a hoja, hojarasca y lodo, donde se registraron mayor número de visitas. Esto se debe a que presentan características favorables para el establecimiento y distribución homogénea de las especies, Así mismo Urbina-Cardona y Pérez-Torres (2002), sugieren que los anuros podrían entrar en estrés ecofisiológico en hábitats andinos fragmentados si carecen de abundante hojarasca en el suelo.

Por su parte, la especie *Pristimantis* sp.3 prefiere dentro de su microhábitat a las hojas, principalmente de la familia araceae, aunque también son comunes encontrarlas en hojas de Orchidaceae. Por su parte *Leucostethus* sp.1 y *Leucostethus* 2 son especies que también se encuentran cerca a cuerpos de agua. La hojarasca corresponde al microhábitat donde se encontraron diferentes especies, es decir fue el más común.

Se encontraron también especies en troncos caídos y rocas, pero con menores registros, en el pasto se reportó la especie de *Rhinella horribilis* y *Pristimantis tectothernus* en musgos.

Por lo anterior, y de acuerdo con Cáceres-Andrade y Urbina-Cardona (2009) se demuestra que la estructura vegetal estaría condicionando la utilización de los distintos microhabitats con relación a la disposición en cada cobertura. Es posible estimar que la

relación de las tres coberturas vegetales con las variables abióticas, sean factores limitantes de acciones en las especies. Al mismo tiempo que identificar áreas vulnerables o susceptibles a los procesos, sean consecuencias de transformaciones en las coberturas, lo que lleva a la pérdida de servicios ambientales (Galeana-Pizaña y Ordoñez-Díaz, 2009). Para Blanco (2009) las áreas intervenidas brindan estructuras menos complejas, con menor extensión y mayor cantidad de microambientes debido a las modificaciones hechas por el hombre, pudiendo constatarse en los valores obtenidos de riqueza y abundancia de especies.

Finalmente el análisis de composición de acuerdo a los métodos multivariados y clasificación (Clusters) de Bray-Curtis para establecer la similitud entre hábitats basados en la abundancia y el número de especies, agrupó a las coberturas de zona de rastrojo y zona de cultivo como las más similares (Figura 15). Esto se explica, de acuerdo a las características estructurales similares para estas dos coberturas.

Según el análisis de similitud, el bosque secundario fue el menos similar, esto debido al grado de conservación en el que se encuentra, así como las características estructurales que posee. Esta cobertura vegetal, cuenta con la presencia de cuerpos loticos (la quebrada renacer) y lenticos (pequeños humedales o zonas húmedas). Esta cobertura vegetal presenta mayor porcentaje de especies (Figura 16). Por último, se encontraron especies exclusivas para dos de las coberturas vegetales, por una parte especies como *Dendropsophus columbianus*, *Leucostethus* sp.1, *Leucostethus* sp.2, corresponden a las especies que solo se encontraron en coberturas de bosque secundario, como ya lo mencionamos anteriormente, brinda condiciones óptimas para el desarrollo y supervivencia de estas especies. Para la zona de rastrojo *Rhinella horribilis* fue la especie observada, ésta especie es asociada a áreas abiertas y con algún grado de perturbación.

9. Conclusiones

En los tres tipos de hábitats seleccionados para la realización del presente estudio; bosque secundario, zona de rastrojo y zona de cultivos, ubicados en la vereda Los Robles del municipio de Popayán, se encontraron algunas diferencias en cuanto a la riqueza de especies. El mayor número de especies registradas se dio en el hábitat de Bosque Secundario (8 especies), mientras que en los otros 2 tipos de hábitats se encontraron 5 especies dentro de cada uno. La dominancia fue muy marcada en el bosque secundario dado que de las 8 especies encontradas 5 pertenecen al género *Pristimantis* de la familia CRAUGASTORIDAE, 2 especies al género *Leucostethus* de la familia DENDROBATIDAE y una especie de la familia HYLIDAE *Dendropsophus columbianus*; se evidenciaron grandes cambios en la composición de cada hábitat, permitiendo inferir que la influencia antrópica que ocasiona disturbios a los ecosistemas hacen que se generen cambios estructurales y de composición de los anfibios, situación que se evidencia en la baja complementariedad y bajo grado en el recambio de especies, explicando así la complejidad respecto al ensamblaje de anuros de los tres hábitats.

La variación en la diversidad y abundancia del ensamblaje de anuros de la zona de estudio se relaciona directamente con el estado de conservación de cada hábitat, la vegetación, las variables ambientales y estructurales y la existencia de diversos microhábitats, por tal razón en el bosque secundario gracias a presentar mayor complejidad estructural, es el hábitat que presenta mayor cantidad de especies registradas en el estudio, dado que al presentar mayor variedad de microhábitats es el que mayor número de especies puede albergar, es decir, es el hábitat que ofrece a los anuros las condiciones óptimas para su desarrollo.

La baja similaridad mostrada en el estudio se da principalmente por el estado de conservación de cada uno de los hábitats incluidos dentro del estudio, pues la diferencia es

marcada en torno a la diversidad encontrada en cada uno de estos, a menor grado de intervención antrópica, mayor riqueza de especies. A pesar de que en las zonas de rastrojo y cultivo se crean determinados microhábitats estos caducan a corto plazo, afectado de manera importante el desarrollo de las especies de anuros.

10. Recomendaciones

Para posteriores investigaciones se recomienda realizar muestreos a lo largo de todo el año, con el fin de cubrir la variación temporal y estacionaria para esta zona, además es importante ampliar el muestreo a otros fragmentos, con el fin de conocer y ampliar la lista de riqueza anuro faunística para el Jardín Botánico de Popayán.

Se recomienda continuar realizando estudios de diversidad de anuros en el departamento del Cauca, con el fin de ampliar el conocimiento que se tiene de este grupo taxonómico para la región.

11. Lista de Referencias

- Acosta-Galvis, A. R. (2000). Ranas, salamandras y caecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. *Biota colombiana*, 1(3).
- Acosta-Galvis A. 2015 Lista de los Anfibios de Colombia. V.05.2015.0 Disponible en: www.batrachia.com. Acceso: Agosto 6 de 2019.
- Acosta Galvis, A. R., (2017). Lista de los anfibios de Colombia: Referencia en línea V.07.2017.0. Recuperado de: <https://www.batrachia.com/>.
- Administración de Parques Nacionales. Sistema de Información de Biodiversidad. sib.gob.ar . Actualizado en Abril del 2019.
- Afonso, L. and P. Eterovick. 2007. Microhábitat choice and differential use by anurans in forest streams in southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 41:13, 937 – 948
- Anderson, A., D. Haukos, and J., Anderson. 1999. Hábitat Use by Anurans Emerging and Breeding in Playa Wetlands. *Wildlife Society Bulletin* 1999, 27(3):759-769
- Andrade Correa, M. G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35 (137), 491-507
- Angulo, A., Rueda-Almonacid, J. V., Rodríguez-Mahecha, J. V., & La Marca, E. (2006). *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Conservación Internacional.
- Anyelet Valencia-Aguilar , Angela M. Cortés-Gómez & César Augusto Ruiz-Agudelo (2013) Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems,

International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 9:3, 257-272

Blanco, T. A. 2009. Repartición de microhábitats y recursos tróficos entre especies de Bufonidae y Leiuperidae (amphibia: anura) en áreas con bosque seco tropical de la región Caribe-Colombia.

Begon, M., J.L.Harper y C.R.Towsend. (1990). Ecology: individuals, populations and communities. 2d ed. Blackwell Scientific.

Badii, M. H., & Castillo, J. (2017). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica. *Innovaciones de Negocios*, (8).

Bambagué C. C., y Arboleda R. O., (2017). Zonificación y análisis ecológico de las unidades de paisaje mediante la aplicación de los sistemas de información geográfico, en el campus universitario, vereda Los Robles, municipio Timbío. 52-53.

Baudry, J., Burel, F., Aviron, S., Martin, M., Ouin, A., Pain, G., & Thenail, C. (2003). Temporal variability of connectivity in agricultural landscapes: do farming activities help?. *Landscape ecology*, 18(3), 303-314.

Blaustein, A. y Wake D., (1990). Declining amphibian populations: A global phenomenon? *Trends in Ecology and Evolution*. 5(7): Pp.203-204.

Biodiversidad Colombiana: números para tener en cuenta (11 septiembre 2017. Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-tener-en-cuenta>

Burbano-Yandi, C. E., Bolívar-García, W., y Giraldo, A. (2015). Ensamblajes de anuros en tres zonas con intervención humana en el Parque Nacional Natural Los Katíos (Colombia). *Boletín científico. Centro de museos. Museo de historia natural*, 19(1), 157-170.

- Bustamante, R., & Grez, A. A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos.
- Caballero, J. (2012). *Jardines botánicos: contribución a la conservación vegetal de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Cáceres-Andrade, S. P., y Urbina-Cardona, J. N. (2009). Ensamblajes de anuros de sistemas productivos y bosques en el piedemonte llanero, departamento del Meta, Colombia. *Caldasia*, 175-194.
- Caldwell, J. P., & Vitt, L. J. (1999). Dietary asymmetry in leaf litter frogs and lizards in a transitional northern Amazonian rain forest. *Oikos*, 383-397.
- Cárdenas, B., Serrano, J., & Isabel, C. (2011). Ensamblaje de anuros en tres hábitats correspondientes a bosque, potrero y sural en el Parque Agroecológico Merecure, Villavicencio, Meta (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias).
- Castro, h. F. & g. H. Kattan. 1991. Estado de conocimiento y conservación de los anfibios del Valle del Cauca. Págs. 310-323 en: E. Flórez & G. Kattan (eds.). *Memorias Primer Simposio Nacional de Fauna del Valle del Cauca*. INCIV A, Cali.
- Contreras, R. (10 De Julio 2014). Los anuros. La guía. Recuperado de <https://biologia.laguia2000.com/zoologia/los-anuros>
- Cooke, J. G. (1984). Glossary of technical terms. In R. M. May (Ed.), *Exploitation of marine communities*. Berlín: Springer-Verlag.
- Cordoba, O. D. H., Herrera, F. C., & Melo, M. P. (2013). Bioacumulación de mercurio en larvas de anuros en la zona afectada por la minería de oro en el río Dagua, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 341-348.

Corporación regional del Cauca, Esquema de ordenamiento territorial municipio de Miranda – Cauca. *Diagnóstico territorial* (sin fecha). Recuperado de <http://www.crc.gov.co/files/conocimientoambiental/pot/miranda/08%20cobertura%20y%20uso.pdf>

Corporación Autónoma Regional del Cauca, 2014. Recuperado de:

http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion_al_territorio/Cauca.pdf

Crump, M. L. (1971). *Quantitative analysis of the ecological distribution of a tropical herpetofauna*. Museum of Natural History, University of Kansas.

Dodd, K. (Ed.). (2010). *Amphibian ecology and conservation*. Oxford University Press. Oxford, Great Britain, 556 pp.

Duellman, W. E., y Trueb, L. (1994). *Biology of Amphibians*. Jhu Press. IUCN. Tomado de <http://www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians>

El ciclo de vida de los Anfibios. Fundación Aequae. Recuperado de https://www.fundacionaquae.org/wiki-explora/45_anfibios/index.html

Franco-López, J., G. De La Cruz, A. De La Cruz, A. Rocha, N. Navarrete, G. Flores, E. Kato, S. Sánchez, L. Abarca, C. Bedia & I. Winfield. 1985. *Manual de Ecología*. Trillas. México.

Fauth, J.E., Bernardo, J., Camara, M., Resetarits, W. J., Van Buskirk, J. y McCollum, S.A. 1996. Simplifying the jargón of community ecology: a conceptual approach. *American Naturalist*. 147 (2): 282-286.

- Fauth, J.E., J. Bernardo, M. Camara, W.J. Restarits, J. Van Buskirk, y S.A. McCollum. 1996. Simplifying the jargón of community ecology: conceptual approach. *The American Naturalist* 147(2): 282-286.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 34(1), 487-515.
- Fahrig, L. (1997). Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *The Journal of Wildlife Management*, 603-610.
- Forman, R. T., & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1), 207-231.
- Galeana Pizaña, J. M., Corona Romero, N., & Ordóñez Díaz, J. A. B. (2009). Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso de suelo en la Cuenca del Río Magdalena. *Ciencia forestal en México*, 34(105), 135-156.
- García Guillén, E. (2013). Los jardines botánicos como centros de difusión y conservación de las colecciones de Historia Natural: El caso del Real Jardín Botánico de Madrid.
- García-R, J. C., Castro-H, F., y Cárdenas-H, H. (2005). Relación entre la distribución de anuros y variables del hábitat en el sector La Romelia del Parque Nacional Natural Munchique (Cauca, Colombia). *Caldasia*, 299-310.
- García, J. C., Cárdenas, H., & Castro, F. (2007). Relación entre la diversidad de anuros y los estados sucesionales de un bosque muy húmedo montano bajo del Valle del Cauca, suroccidente colombiano. *Caldasia*, 29(2), 363-374.
- Gascon, C., Lovejoy, T. E., Bierregaard Jr, R. O., Malcolm, J. R.

- García Romero, C. A. (2017). Educación ambiental comunitaria para la conservación de anuros en el cantón Santa Clara, provincia de Pastaza, periodo 2016 (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- García-R, J. C., Cárdenas-H, H., y Castro-H, F. (2007). Relación entre la diversidad de anuros y los estados sucesionales de un bosque muy húmedo montano bajo del Valle del Cauca, suroccidente Colombiano. *Caldasia*, 363-374.
- Gaston, KJ (2000). Patrones globales en biodiversidad. *Nature* , 405 (6783), 220-227
- Gómez, M. F., Moreno, L. A., Andrade, G. I., y Rueda, C. (2016). Biodiversidad 2015. *Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto Alexander Von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.*
- Grant T, Acosta A. y Lynch J. D. 2008 *An Overview of Amphibians from Colombia in Threatened Amphibians of the World.* Stuart S. N , Hoffmann M. , Chanson J. S. , Cox N. A. , Berridge R. J., Ramani P. , Young B. E. (Eds.)
- Gustafson, E. J. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art. *Ecosystems*, 1(2), 143-156.
- Gutiérrez-Lamus, D. I., Serrano, v. h., & Ramírez-Pinilla, m. p. (2004). Composición y abundancia de anuros en dos tipos de bosque (natural y cultivado) en la cordillera oriental colombiana/composition and abundance of anura in two forest types (natural and planted) in the eastern cordillera of colombia. *caldasia*, 245-264. nted) in the eastern cordillera of colombia. *caldasia*, 245-264.
- Heatwole, H. , 1982. A Review of structuring in herpetofaunal assemblages. In: Scott, N. J. (Ed.) *Herpetological Communities.* U. S. Departament of the Interior Fish and Wildlife Service. Washington D. C. 239 p.

- Hernández, S. (2012). Estructura y Estado de Conservación de las ranas *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) en el Bosque Protector Mirador de las Golondrinas, Provincia del Carchi, Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Ciencias Biológicas. Quito-Ecuador.
- Herrera, M., Olaya-M, L. y Castro-H, F. 2004. Incidencia de la perturbación antrópica en la diversidad, la riqueza y la distribución de *Eleutherodactylus* (anura: leptodactylidae) en un bosque nublado del suroccidente colombiano. *Caldasia* 26 (1): 265-274.
- Heyer, R., y Donnelly, MA (1993). Medición y monitoreo de la diversidad biológica: métodos estándar para anfibios.
- Hobbs, R. J. y A. M. Wilson. 1998. "Corridors: Theory, Practice and Achievement of Conservation. Objectives" en J. W. Dover y R. G. H. Bunce (eds.), *Key Concepts in Landscape Ecology*, Preston, iale, pp. 265-279.
- Implementación del plan de manejo ambiental del Jardín Botánico de Popayán: Fase I Diagnostico (Informe).
- Importancia ambiental de los anuros. Importancia ambiental. (22 de Noviembre 2014). Recuperado de <http://anfibios-en-el-aula-ando.blogspot.com/2014/11/importancia-ambiental.html>
- IDEAM, (Sin fecha). Alcaldía de Timbío Cauca. Plan básico de ordenamiento territorial. Recuperado de [http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/documentos%20pdf/pot%20%20E2%80%93%20timbio%20%20E2%80%93%20cauca%20%20E2%80%93%20diagnostico%20territorial%20%20E2%80%93%202000%20%20E2%80%93%20\(117%20p%C3%A1g%20%20E2%80%93%20416%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/documentos%20pdf/pot%20%20E2%80%93%20timbio%20%20E2%80%93%20cauca%20%20E2%80%93%20diagnostico%20territorial%20%20E2%80%93%202000%20%20E2%80%93%20(117%20p%C3%A1g%20%20E2%80%93%20416%20kb).pdf)

- Isaacs, J. Urbina, N. Anthropogenic Disturbance and Edge Effects on Anuran Assemblages Inhabiting Cloud Forest Fragments in Colombia. *Natureza & Conservação*. 2011; 9 (1):18
- Jiménez-Valverde, A. (2000). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar los inventarios biológicos. *Rev Iber Aracnol*, 8, 151-161.
- Kuri Torres, J. D. (2018). Ensamblaje de anuros en hábitats modificados en un bosque andino (Vereda Chicoral, Valle del Cauca) [recurso electrónico] (Doctoral dissertation).
- Lima, A. P., & Magnusson, W. E. (1998). Partitioning seasonal time: interactions among size, foraging activity and diet in leaf-litter frogs. *Oecologia*, 116(1-2), 259-266.
- Londoño, M. C., (sin fecha). Curvas de acumulación e índices de completitud. *Investigador Titular Laboratorio de Biogeografía Aplicada y Bioacústica. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt*. Recuperado de: <http://www.recibio.net/wp-content/uploads/2012/02/CurvasAcumulacionIndicesCompleitud-MCL.pdf>
- López, J. A. (2009). Ecología trófica de anuros en ambientes ribereños de la provincia de Santa Fe (Argentina) y su relación con alteraciones ambientales (*Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Naturales y Museo*).
- Lynch, J. D., Ruiz, P. M., & Ardila, M. C. (1997). *Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads*. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 21(80), 237–248
- Magurran, A. 1989. *Diversidad, Ecología y su Medición*. Vedral. España
- Martínez Baños, V., Pacheco Florez, V., y Ramírez-Pinilla, M. P. (2011). Abundancia relativa y uso de microhábitat de la rana *Geobatrachus walkeri* (Anura: Strabomantidae) en dos

hábitats en Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 907-920.

Menor, P. (Sin fecha). Extintas, E. X., Crítico, E. P., & Peligro, E. los anfibios en Colombia.

Mesa-Yule, S. P. (2017). Lineamientos para el plan de manejo de las colecciones biológicas *ex situ* en el Jardín Botánico de Popayán, de la Fundación Universitaria de Popayán, Municipio de Timbío-Cauca. Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ecóloga. Fundación Universitaria de Popayán. Cauca – Colombia.

Monge-Nájera, J. (2015). ¿Existen realmente los ensamblajes ecológicos?. *Revista de biología tropical*, 63(3), 575-577

Moreira, F. M. S., Huising, E. J., y Bignell, D. E. (2012). Manual de biología de suelos tropicales. México, DF: Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (semarnat) e Instituto Nacional de Ecología (INE).

Morales, M., & Armenteras, D. (2013). Estado de conservación de los bosques de niebla de los Andes colombianos, un análisis multiescalar. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 17, 64-72.

Moreno, C. E. (2001). *Manual de métodos para medir la biodiversidad* (No. Sirsi) i9789688345436). Universidad Veracruzana.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84(922495), 2.

Naranjo, E. J. (2000). Estimaciones de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical. Cabrera, EC Mercolli, y R. Resquin.(Eds). *Manejo de Fauna Silvestre en Amazonia y Latinoamérica*. Asunción, Paraguay, 37-46.

- Navas, C. A. (1996). The effect of temperature on the vocal activity of tropical anurans: a comparison of high and low-elevation species. *Journal of Herpetology*, 30, 488-497.
- Negret, B. E. S. (Ed.). (2016). La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. *Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.
- Ochoa, L. Urbina, N. Vázquez, L. Flores, O. Bezaury, J. The effects of governmental protected areas and social initiatives for land protection on the conservation of mexican amphibians. *PLoS ONE*. 2009; 4(9).
- Osorno-Muñoz, M. (1999). Evaluación del efecto de borde para poblaciones de *Eleutherodactylus viejas* (AMPHIBIA: ANURA: LEPTODACTYLIDAE), frente a corredores de servidumbre en diferente estado de regeneración, en dos bosques intervenidos por líneas de transmisión eléctrica de alta tensión. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, 347-356.
- Pérez Tobar, R. A. (2013). Estructura y composición de un ensamblaje de anuros en un gradiente altitudinal de montaña perturbado en la subcuenca del río las Piedras,(Popayán, Cauca, Colombia).
- Peltzer, P. M., Lajmanovich, R. C., Attademo, A. M., & Beltzer, A. H. (2006). Diversity of anurans across agricultural ponds in Argentina. In *Marine, Freshwater, and Wetlands Biodiversity Conservation* (pp. 131-145). Springer, Dordrecht.
- Pounds, J. A. y Crump, M.L., (1994). Amphibians declines and climate disturbance: The case of the Golden and the arlequín frog. *Conservation Biology*. 8(1): Pp. 72-85

- Rice, K., Mazzotti, F., Waddle, J. H., & Conill, M. D. (2006). Uso de Anfibios como Indicadores del Éxito de la Restauración de Ecosistemas. Universidad de la Florida. Wildlife Ecology and Conservation.
- Ríos, C., Puerta, L., & Sierra, J. (2011). Densidad poblacional de *Ranitomeya opisthomelas* y su relación con variables ambientales y de hábitat en cuatro bosques de la Cordillera Central colombiana. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 15, 121-1
- Rippstein, G. Escobar, G. Motta, F. Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 2001.
- Román-Palacios, C., Fernández-Garzón, S., Hernández, M., Ishida-Castañeda, J., Gallo-Franco, J. J., Bolívar-García, W., y Giraldo, A. (2016). Use of microhabit by anurans in an intervened dry forest fragment of the Magdalena medio area in Guarinocito, Caldas. *Boletín Científico. Centro De Museos. Museo De Historia Natural*, 20(2), 181-196.
- Ruiz-Carranza, P. M., Ardila-Robayo, M. C., & Lynch, J. D. (1996). Lista actualizada de la fauna de Amphibia de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 20(77), 365-415.
- Sanchez, L. C., Peltzer, P. M., Manzano, A. S., & Lajmanovich, R. C. (2007). Dinámica de un ensamble de anuros en un humedal del tramo inferior del río Paraná, Argentina. *Interciencia*, 32(7), 463-470.
- San Vicente, M. G., & Valencia, P. J. L. (2012). Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial. *Polígonos. Revista de Geografía*, (16), 35-54.

- Salgado-Negret, B., Pulido-Rodríguez, N., Cabrera, M., Ruiz, C., & Paz, H. (2016). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en plantas. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Bogotá: Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 37-81.
- Saunders, D., Hobbs, R., Margules, C., (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5, 18–32.
- Soria Licona, M.L. La degradación de los recursos forestales en México. *Ciencias, Academia Mexicana De Ciencias*, (Sin fecha). Recuperado de <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores?task=view&id=135>
- Stouffer, P. C., Vasconcelos, H. L., ... & Borges, S. (1999). Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological conservation*, 91(2-3), 223-229.
- Urbina, J. N., & Londoño, M. C. (2003). Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en la Isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 27(102), 105-114.
- Urbina-Cardona, J. N., Olivares-Pérez, M., & Reynoso, V. H. (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture–edge–interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological conservation*, 132(1), 61-75.
- Urbina, N. & Perez, J. Dinamica y preferencias de microhabitat en dos especies del genero *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) de Bosque Andino. In: Memorias del Congreso Mundial de Paramos. Ministerio del Medio Ambiente. Bogota, Colombia. 2002, p. 278-288.

- Urbina, N. Olivares, M. Reynoso, V. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture–edge–interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological conservation*. 2006; 132: 61-75.
- Urbina-Cardona, J. N., & Pérez-Torres, J. (2002). Dinámica y preferencias de microhábitat en dos especies del género *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) de bosque andino. In *Memorias del Congreso Mundial de Páramos*. Gente Nueva, Bogotá, Colombia (pp. 278-288).
- Vásquez-Vélez, A. I., Garzón, S., & Asencio-Santofimio, H. (2013). Caracterización florística asociada al hábitat de Dendrobatidae (Amphibia: Anura), en la localidad de Pianguüita (Bahía de Buenaventura, Pacífico Colombiano). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 17, 17-32.
- Valencia, M., 2004. Caracterización y modelación del mesohabitat de una comunidad de anfibios (Anura), en un humedal de la meseta de Popayán. Trabajo de grado presentado para optar por el título de bióloga. Universidad del Cauca. Popayán – Colombia.
- Vargas, F. y Bolaños, M. 1999. Anfibios y reptiles presentes en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical en el bajo Anchicayá, pacifico colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 23 (suplemento especial):499-511.
- Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2013). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic press.
- Woolbright, L. L. (1985). Patterns of nocturnal movement and calling by the tropical frog *Eleutherodactylus coqui*. *Herpetologica*, 41, 1-9.

Young, B. E., Lips, K. R., Reaser, J. K., Ibáñez, R., Salas, A. W., Cedeño, J. R., ... & Muñoz, A. (2001). Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology*, 15(5), 1213-1223.

Zimmerman, B. and D. Simberloff. 1996. An historical interpretation of hábitat use by frogs in a central Amazonian forest. *J. Biogeogr.* 23: 27-46.

Zorro, J. 2007. Anuros de piedemonte llanero: diversidad y preferencias de microhábitat. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Biólogo. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias, carrera de Biología. Bogotá, Colombia. 99

12. Anexos

Anexo A. Ficha técnica para toma de datos de los individuos.

COLECTA NÚMERO: _____ FECHA: _____ HORA: _____
 LOCALIDAD: _____ JORNADA: _____ EPOCA: _____
 COLECTOR: _____ FASE LUNAR: _____

LUGAR:

- | | | |
|---------------------------|---------------------|---------------------|
| 1) Bosque Secundario ____ | a) Transecto 1 ____ | d) Transecto 4 ____ |
| 2) Rastrojo ____ | b) Transecto 2 ____ | e) Transecto 5 ____ |
| 3) Zona de cultivos ____ | c) Transecto 3 ____ | f) Transecto 6 ____ |

LATITUD: _____ N LONGITUD: _____ W ALTITUD: _____ m.s.n.m.
 TEMPERATURA AMBIENTAL: _____ °C
 HUMEDAD: _____ LUXÓMETRO: _____ Lux SONÓMETRO: _____ dB

DESCRIPCION DEL INDIVIDUO

GÉNERO: _____ ESPECIE: _____ SEXO: M ____ H ____
 PESO: _____ gr. ESTADO ONTOGÉNICO: _____ FOTOGRAFIA: _____

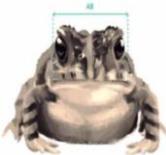
ACTIVIDAD: _____
 DISTANCIA A CUERPOS DE AGUA: _____ cm ____ M ____

POSICIÓN VERTICAL:

I = 0 – 20 cm; II = 21 – 40 cm; III = 41 – 60cm; IV = 61 – 80 cm; V = 81 – 100 cm; VI = > 100 cm.

SUSTRATO: Hoja (H) ____ Hojarasca (HOJ) ____ Roca (RC) ____ Rama (RM) ____ Musgo (MG) ____ Pasto (PAS) ____
 Raíces ____ (RCS) ____ OTRO: _____
 Especie planta: _____ Profundidad: _____ cm

MEDIDAS:



LRC _____ mm
 AB _____ mm
 LA _____ mm
 LF _____ mm
 LT _____ mm
 LP _____ mm

OBSERVACIONES:

Anexo B. Índices de diversidad

	A	Lower	Upper	B	Lower	Upper	C	Lower	Upper
Taxa_S	8	8	8	5	2	5	5	4	5
Individuals	108	108	108	16	16	16	23	23	23
Dominance_D	0,219	0,187	0,274	0,5	0,296	0,781	0,345	0,251	0,565
Simpson_1-D	0,780	0,726	0,812	0,5	0,218	0,703	0,654	0,434	0,748
Shannon_H	1,740	1,550	1,844	1,037	0,376	1,369	1,286	0,837	1,481
Evenness_e^H/S	0,712	0,590	0,790	0,564	0,496	0,857	0,723	0,545	0,881
Brillouin	1,618	1,439	1,718	0,779	0,299	1,074	1,059	0,702	1,233
Menhinick	0,769	0,769	0,769	1,250	0,500	1,250	1,043	0,834	1,043
Margalef	1,495	1,495	1,495	1,443	0,360	1,443	1,276	0,956	1,276
Equitability_J	0,836	0,746	0,886	0,644	0,421	0,883	0,798	0,600	0,920
Fisher_alpha	1,995	1,995	1,995	2,497	0,603	2,497	1,968	1,399	1,968
Berger-Parker	0,342	0,277	0,425	0,687	0,437	0,875	0,521	0,347	0,739
Chao-1	8	8	8	6,4	2	11	5	4	8

Anexo C. Supuesto de normalidad con Shapiro-Wilk

	BS	ZR	ZC
N	6	6	6
Shapiro-Wilk W	0,9171	0,9067	0,958
p(normal)	0,4849	0,415	0,8043
Anderson-Darling A	0,2857	0,327	0,2198
p(normal)	0,5023	0,3859	0,7079
p(Monte Carlo)	0,549	0,4154	0,7815
Jarque-Bera JB	0,6218	0,6522	0,4248
p(normal)	0,7328	0,7217	0,8086
p(Monte Carlo)	0,4308	0,3793	0,7078

Anexo D. Resultados Análisis de correspondencia Canónica

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
<i>Dendropsophus columbianus</i>	-0,557	2,399	-3,038	-0,661
<i>Leucostethus sp1</i>	0,073	0,370	-0,083	0,191
<i>Leucostethus sp2</i>	-0,092	0,002	-1,153	0,402
<i>Pristimantis sp1</i>	-0,347	0,688	2,208	-0,246
<i>pristimantis sp2</i>	-0,448	0,899	0,883	-2,320
<i>Pristimantis sp3</i>	-0,072	-0,412	0,198	0,812
<i>Pristimantis thectopternus</i>	-0,287	0,887	-0,347	-2,427
<i>Pristimantis w-nigrum</i>	0,341	-3,052	-0,597	-1,914
<i>Rhinella horribilis</i>	11,797	1,796	0,427	-0,492
1 BS	-0,038	0,175	-0,291	0,128
2 BS	-0,046	-0,101	-0,037	0,171
3 BS	-0,149	0,224	-0,412	-0,514
4 BS	-0,065	0,077	-0,066	0,125
5 BS	-0,011	-0,251	-0,110	0,038
6 BS	-0,052	0,309	-0,047	0,283
2 R	-0,134	-0,194	0,313	0,289
3 R	-0,182	0,027	1,002	0,388
5 R	-0,072	-0,412	0,198	0,812
6 R	11,797	1,796	0,427	-0,492
1 ZC	-0,237	0,247	1,404	0,176
2 ZC	0,065	-1,292	-0,066	-0,096
3 ZC	0,134	-1,732	-0,199	-0,551
4 ZC	-0,131	-0,469	0,673	-0,917
5 ZC	-0,134	-0,194	0,313	0,289
6 ZC	-0,235	0,387	0,686	-0,620
TEMPERATURA	0,503	-0,149	-0,194	-0,415
HUMEDAD	0,612	0,529	0,297	-0,426
INTENSIDAD LUMÍNICA	-0,507	0,204	0,305	0,218
INTENSIDAD DEL RUIDO	0,832	0,326	-0,201	-0,312

Ejes	Valor propio	%	p
1	0,551	86,92	0,046
2	0,048	7,637	0,745
3	0,034	5,438	0,250
4	1,54E-07	2,43E-05	0,587

Anexo E. Análisis de correlación Zona de rastrojo

RESUMEN				
Ejes	Valor propio	% total	Acumulativa	
1	0,370	50,887	50,887	
2	0,227	31,277	82,164	
3	0,064	8,842	91,007	
4	0,032	4,438	95,446	
5	0,028	3,857	99,303	
6	0,005	0,696	100	
7	3,27E-33	4,50E-31	100	

RESULTADOS DE LA FILA

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7
1. Cuerpos de agua	0,661	0,113	0,254	-0,136	0,015	-0,058	5,71E-17
2. Hojarasca	0,031	0,151	-0,249	0,014	-0,046	0,005	5,71E-17
3. Raíces	0,360	0,533	0,042	0,823	0,905	-0,077	2,77E-17
4. Hoja	-0,995	-0,445	0,048	-0,217	0,211	0,019	5,71E-17
6. Tronco	-1,024	-0,452	0,286	0,324	-0,290	-0,126	5,71E-17
7. Roca	0,360	0,533	0,042	0,823	0,905	-0,077	8,65E-17
8. Lodo	0,009	0,224	0,394	0,137	-0,078	0,179	5,71E-17
10. Musgo	2,818	-4,222	-0,349	0,296	0,017	0,113	5,71E-17

RESULTADOS DE COLUMNA

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7
<i>Dendropsophus columbianus</i>	-0,156	0,166	1,357	2,196	-3,185	0,205	2,159
<i>Leucostethus sp1</i>	0,360	0,533	0,042	0,823	0,905	-0,077	0,529
<i>Leucostethus sp2</i>	0,646	0,646	-0,154	-0,685	-1,054	0,671	-0,702
<i>Pristimantis sp1</i>	0,464	0,199	2,476	-2,448	0,787	0,963	2,014
<i>Pristimantis sp2</i>	0,766	0,599	-0,743	-1,418	-0,780	-3,986	1,181
<i>Pristimantis sp3</i>	-1,474	-0,773	0,121	-0,149	0,049	-0,202	0,203
<i>Pristimantis techtopternus</i>	2,818	-4,222	-0,349	0,296	0,017	0,113	0,529
<i>Pristimantis w-nigrum</i>	-0,376	0,229	-3,104	-0,747	-0,136	1,487	2,304

Anexo F. Análisis de correlación Zona de rastrojo

RESUMEN			
Ejes	Valor propio	% total	Acumulativa
1	1,000	62,264	62,264
2	0,479	29,870	92,134
3	0,126	7,8661	100

RESULTADOS DE LA FILA

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
2. Hojarasca	0,258	0,153	-0,603
4. Hoja	0,258	0,334	0,245
5. Rama	0,258	-1,812	0,102
9. Pasto	-3,872	5,92E-16	8,38E-17

PUNTUACIONES DE COLUMNA

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
<i>Pristimantis</i> sp.1	0,258	0,153	-0,603
<i>Pristimantis</i> sp.2	0,258	0,697	1,944
<i>Pristimantis</i> sp.3	0,258	-3,779	0,807
<i>Pristimantis</i> w-nigrum	0,258	0,697	1,944
<i>Rhinella horribilis</i>	-3,87298	9,59E-16	1,99E-15

Anexo G. Análisis de correlación Zona de cultivo

RESUMEN

Ejes	Valor propio	% total	Acumulativa
1	0,528	70,463	70,463
2	0,187	24,996	95,458
3	0,034	4,5415	100

RESULTADOS DE LA FILA

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
2. Hojarasca	-0,626	-0,721	-0,051
4. Hoja	0,530	0,134	-0,098
5. Rama	0,379	-0,039	0,466
6. Tronco	-1,457	0,703	0,014

PUNTUACIONES DE COLUMNA

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Pristimantis sp1	0,095	-0,325	0,490
Pristimantis sp2	0,947	0,533	0,418
Pristimantis sp3	1,004	0,718	-2,900
Pristimantis techtopternus	-2,758	3,751	0,415
Pristimantis w-nigrum	-1,710	-1,316	-0,863

Anexo H. Realización de transectos para el muestreo.



Anexo I. Toma de medidas morfométricas



Anexo J. Toma de datos y registros fotográficos**Anexo K.** Identificación en campo de algunos de los individuos.