

**DIVERSIDAD DE ANUROS EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA
TRANSICIÓN SELVA ANDINA-PÁRAMO DEL MUNICIPIO DE LA VEGA,
CAUCA.**



YURANY AIDÉ PERAFÁN ACHICUÉ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2022**

**DIVERSIDAD DE ANUROS EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA
TRANSICIÓN SELVA ANDINA-PÁRAMO DEL MUNICIPIO DE LA VEGA,
CAUCA.**



YURANY AIDÉ PERAFÁN ACHICUÉ

Directora

Giselle Zambrano González

Doctora

Departamento de Biología

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2022**

Nota de Aceptación

Presidente José Toribio Beltrán Vidal

Directora Giselle Zambrano González

Jurado Charles S. Muñoz Nates, MSc

Jurado Gustavo Pisso Flórez

Popayán, 18 de julio de 2022

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme el placer de acercarme y contemplarlo a través de la naturaleza y sus procesos. Por enseñarme a soñar y acompañarme en su cumplimiento. Por ser mi todo.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional, por velar constantemente por mi bienestar y por sus oraciones en todo momento. A mis hermanas por su amistad y consejos que no me dejaron rendir en lo más difícil del proceso. A mi sobrino por su curiosidad y enseñarme a ver con ojos de niña para continuar explorando el mundo.

A mis compañeros herpetólogos Gustavo, Felipe y Miller, y a mis compañeros de campo por dejarme aprender de ellos y con ellos, por su compañía, ideas y risas que fueron valiosas para soportar la presión y los fríos días.

Gracias a la profesora Giselle Zambrano por dirigir mi trabajo y confiar en mí la gran responsabilidad de dirigir el grupo de anfibios en la salida.

A Andrea y Miyer por su incondicional apoyo y comprensión, y a James por su amor y por transitar conmigo el difícil camino para materializar este proyecto.

A Sandy Arroyo y a las personas del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia por su asesoría técnica para la determinación taxonómica de los individuos.

A mis compañeros de carrera por su motivación, compañía y aventuras, a mis profesores y a cada persona que contribuyó con mi formación académica y personal en este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVOS	1
2. MARCO TEÓRICO	2
3. ÁREA DE ESTUDIO	7
4. METODOLOGÍA	9
4.1. Metodología en campo	9
4.1.1. Transecto páramo de Barbillas -T1	9
4.1.2. Transecto páramo de Bellones-Tres Cerrillos –T2	11
4.2. Caracterización del microhábitat	12
4.3. Caracterización morfológica e identificación de anuros	13
4.4. Análisis de datos	14
4.4.1. Representatividad del muestreo	14
4.4.2. Diversidad alfa	15
4.4.3. Recambio de especies	15
4.4.4. Análisis de microhábitat	16
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1. Representatividad del muestreo	17
5.2. Diversidad alfa	18
5.3. Recambio de especies	25
5.4. Análisis de microhábitat	29
6. CONCLUSIONES	33
7. RECOMENDACIONES	35
8. BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de índices de diversidad para el Transecto 1.....	233
Tabla 2. Valores de índices de diversidad para el Transecto 2.....	2424
Tabla 3. Valor de los índices de similitud.....	255
Tabla 4. Matriz de covarianza del análisis de componentes principales (ACP) para las variables de microhábitat.	299

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio en el departamento del Cauca, municipio La Vega, corregimiento Guachicono y Pancitará. (Mapa desarrollado con los programas ArcGIS 10.2 y Global Mapper 16, con imágenes satelitales de Google Earth Pro).....	8
Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo en el transecto Páramo de Barbillas. Imagen tomada del informe final complejo de páramos de Sotará.	10
Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo en el transecto Páramo de Bellones-Tres Cerrillos. Imagen tomada del informe final complejo de páramos de Sotará.	11
Figura 4. Curva de acumulación de especies y comparación con estimadores no paramétricos.	17
Figura 5. Curva Rango abundancia de las estaciones del Transecto 1.	21
Figura 6. Curva Rango abundancia de las estaciones del Transecto 2.	22
Figura 7. Análisis de agrupamiento con el índice Bray-Curtis.....	266
Figura 8. Análisis de agrupamiento con el índice de Jaccard.	277
Figura 9. Relación entre las variables de microhábitat y las especies de anuros, con el análisis de componentes principales (CP1-CP2).	30

RESUMEN

En los últimos años en los ecosistemas de alta montaña, se ha incrementado de manera significativa la intervención humana a través de procesos de deforestación, contaminación, cambio del uso del suelo, perturbación y presión por asentamientos de comunidades humanas, actividades que han ocasionado el declive de la diversidad de especies, y concretamente de anuros (Cortés-Gómez *et al.*, 2008). Por sus características fisiológicas, los anuros constituyen un grupo de vertebrados sensibles a los cambios en la estructura y composición vegetal de los hábitats, debido a que requieren microhábitats específicos que atiendan a sus necesidades, es por eso que, con tales cambios en el ecosistema también se generan cambios en la composición de su comunidad (Duellman y Trueb, 1986).

Por tanto, se evaluó la diversidad de anuros en un gradiente altitudinal en la transición selva andina-páramo, y la caracterización de su hábitat en los páramos de Barbillas y Bellones en el municipio de La Vega, Cauca, en dos transectos, cada uno con 5 estaciones altitudinales, tomando el extremo de la montaña como la cota altitudinal de la estación 5, y por debajo de ella las restantes, con distancia altitudinal de 80 m entre estaciones.

Se registraron 122 individuos de la familia Strabomantidae, pertenecientes a cuatro especies del género *Pristimantis*: *Pristimantis buckleyi*, *Pristimantis myersi*, *Pristimantis obmutescens* y *Pristimantis vicarius*. Se obtuvo ampliación de rango altitudinal para *P. myersi*, *P. obmutescens* y *P. vicarius*.

Se determinó la diversidad alfa y diversidad beta (recambio de especies), siendo el transecto 2 el más diverso, con la estación E5 como la más diversa entre sus estaciones. El recambio de especies indicó que anuros como *P. buckleyi* disminuyeron su abundancia en tanto se incrementó la altitud, mientras que, especies como *P. obmutescens* y *P. vicarius* solo se registraron a partir de las estaciones de mayor altitud como la E4 y E5.

Para la caracterización de microhábitat se usaron las siguientes variables y sus respectivas categorías: Sustrato, altura del sustrato, cobertura de la capa vegetal del suelo, presencia en cuerpos de agua, distancia a cuerpos de agua y cobertura vegetal, relacionándolas con las especies de anuros a través del análisis de componentes principales. Se concluyó para este estudio, la selección de las especies por cobertura vegetal de frailejona, sustrato de musgo y hojarasca, altura rasante, baja temperatura, y no hubo asociación a cuerpos de

agua.

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países más biodiversos del mundo. Es el segundo después de Brasil con mayor riqueza de anfibios, registrando hasta la actualidad 866 especies, de las cuales, 353 se encuentran bajo alguna categoría de amenaza. En el año 2021 se añadieron a esta lista 3 nuevas especies, de acuerdo con Acosta-Galvis (2022).

Colombia posee una gran variedad de pisos térmicos en respuesta a sus características orográficas y a una historia geológica de la formación de sus suelos, que en conjunto permiten la presencia de una variada diversidad de especies de flora y fauna. En la década de los ochenta, investigadores como Lynch y Duellman realizaron diversos estudios de la fauna anfibia de los Andes, y fue hasta dos décadas después que se empezaron a conocer listados detallados de anfibios de los ecosistemas de alta montaña que habitan y son exclusivos de estas zonas gracias a las publicaciones de Lynch y Suárez-Mayorga (2002), Bernal y Lynch (2008), Buitrago-González *et al.* (2016).

La flora y fauna presente en estos ecosistemas en lo alto de las montañas de los Andes, son objeto de investigaciones desde el estudio de poblaciones, historia de vida, hábitat y microhábitat, adaptación a condiciones climáticas particulares y el estudio de endemismos (Rangel-Ch, 2000). En Colombia, se requiere ahondar en el conocimiento de las dinámicas de estos ecosistemas y el impacto de los cambios del hábitat sobre sus poblaciones de anfibios (Rueda *et al.*, 2004).

Considerando este requerimiento de información, adelanté este proyecto de investigación donde determiné la composición de anuros en un transecto altitudinal en la transición selva andina-páramo, establecí el recambio de especies en gradientes altitudinales y caractericé el microhábitat de la comunidad de anuros en el páramo de Barbillas y páramo de Bellones del Municipio de La Vega en el departamento del Cauca. Esta investigación proporciona información para el conocimiento de los anuros y su microhábitat en una región montañosa de difícil acceso, donde hasta la fecha no se habían registrado datos de su anurofauna, útiles para futuros planes de investigación de la dinámica de la comunidad de anuros y el impacto de las actividades humanas sobre el estado de conservación en estos ecosistemas del departamento y en Colombia.

JUSTIFICACIÓN

El municipio de La Vega en el departamento del Cauca, está ubicado en una ecoregión de vital importancia en el país, como es el Macizo Colombiano, conocido también como la estrella fluvial de América porque en él nacen las cinco cuencas hidrográficas más importantes, los ríos Cauca, Magdalena, Putumayo, Caquetá y Patía (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.). Por sus características geográficas, el municipio cuenta con diversidad de pisos térmicos, albergando ecosistemas de alta montaña con zonas boscosas y paramunas de donde desciende el agua que riega los cultivos y es empleada para usos domésticos de las poblaciones humanas del sector (Alcaldía Municipal de La Vega, Cauca, s.f.).

Debido al tipo de ecosistemas andinos presentes en el municipio de La Vega, el estudio de la biodiversidad en esta zona, cobra vital importancia para conocer la riqueza natural que alberga en sus paisajes que hasta hace unos años permanecía inaccesible para la comunidad académica por situaciones de orden público.

Los anuros por sus características fisiológicas y su historia de vida son útiles como indicadores del estado de conservación o perturbación de los ecosistemas, en general, la presencia o ausencia de especies proporciona información acerca de las alteraciones a un hábitat y si es o no un ambiente adecuado en el tiempo, para el desarrollo y permanencia de este grupo de anfibios y de otros animales (Cortés-Gómez *et al.*, 2008). Conocer las poblaciones y caracterizar las comunidades de anuros presentes en la zona transicional selva andina-páramo, es un análisis pertinente para contribuir con procesos de conservación de la diversidad regional y nacional, pero también, para profundizar en el conocimiento de las dinámicas dadas al interior de los ecosistemas y cómo influyen ciertos factores como altitud, clima, cobertura vegetal, estado de conservación del hábitat sobre la anurofauna en regiones tropicales donde la perturbación antrópica es cada vez mayor (Cabrera *et al.*, 2011).

Promover la conservación de ecosistemas de alta montaña es un trabajo que comienza con pequeñas iniciativas desde la investigación académica con el conocimiento de los patrones de diversidad de anuros en gradientes altitudinales en estas zonas de transición selva altoandina-páramo que se requieren como base para la caracterización de estos

ecosistemas y su delimitación, y que con suerte, será la base para la toma de decisiones de distintas organizaciones que establezcan acciones no solo en pro de la flora y la fauna, sino también a favor de las poblaciones humanas que habitan la zona y deben aprender a desarrollar actividades de consumo sostenible (Marín *et al.*, 2015).

El deterioro del hábitat y la falta de acercamiento y comprensión de estos socioecosistemas andinos, impide la organización social y gubernamental para la coordinación de actividades sostenibles que permitan la conservación de la biodiversidad y el desarrollo de las poblaciones que las habitan (Cortés-Duque y Sarmiento, 2013), por tanto, como iniciativa el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto de Investigaciones y Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, vienen trabajando en los últimos años en el desarrollo del proyecto de caracterización biológica de los páramos para delimitar esta zona de vida y así, poder entregar al gobierno nacional áreas específicas que necesitan con urgencia de políticas que legislen en favor de su preservación y conservación.

Este proyecto de grado toma la información y datos obtenidos en las salidas de campo del Convenio de cooperación No. 13-12-092-098CE entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y la Universidad del Cauca, que se realizaron con estudiantes y docentes de diferentes áreas de la biología adscritos a la Universidad del Cauca en el año 2013, para el levantamiento de información biológica en el área de anfibios y la caracterización de páramo.

1. OBJETIVOS

General

Determinar la diversidad de anuros en un gradiente altitudinal en la transición de selva andina – páramo, en el municipio de La Vega, Cauca.

Específicos

- Determinar la composición de anuros en las zonas boscosas y zonas paramunas del sitio de muestreo en La Vega.
- Establecer el recambio de especies de anuros de un gradiente altitudinal en la transición selva andina – páramo del municipio de La Vega.
- Caracterizar el microhábitat de anuros hallados en el gradiente altitudinal selva andina – páramo, en el Municipio de La Vega, Cauca.

2. MARCO TEÓRICO

Anuros: Los anuros son un orden del grupo de animales vertebrados, de la clase Amphibia (Linnaeus, 1758). Comprenden dos categorías que comúnmente se conocen como sapos y ranas. Son tetrápodos que se caracterizan por tener una piel desnuda (exenta de escamas y pelos) muy húmeda y profusamente vascularizada, la que funciona como órgano respiratorio (Rueda *et al.*, 2005). Tiene una morfología característica adaptada para el salto, con dos huesos del tobillo (astrágalo y calcáneo) alargados, columna vertebral rígida y con pocas vértebras libres, siendo la última vértebra más alargada para darle soporte y rigidez a la mitad posterior del cuerpo (Ron, 2008).

En razón a sus características fisiológicas y etológicas, y debido a que factores ambientales como la temperatura, precipitación y humedad relativa del aire determinan su distribución ecológica y geográfica, los anuros son particularmente sensibles a la fragmentación del hábitat (Duellman y Thomas, 1996).

Anuros en Colombia: En Colombia se encuentran 805 especies, distribuidas en 14 familias (Acosta-Galvis, 2022).

Se tienen listados nacionales de anfibios publicados por Ruiz-C *et al.* (1996), y los más recientes y completos como los de Acosta-Galvis y Ardila (2000).

Los estudios de anfibios para el departamento del Cauca no son muy numerosos. El primer listado que se conoce es el de Ruiz-C y Ardila-L (1994), posteriormente, Guerrero-Vargas *et al.* (2007) presentaron la lista actualizada. De igual manera, es escasa la información acerca de anuros paramunos del departamento.

En 1980, Lynch describió cinco nuevas especies del género *Pristimantis* halladas en los páramos de la Cordillera Central, destacando las descripciones para el Cauca de *Pristimantis leptolophus* y *Pristimantis obmutescens* en el páramo de Puracé. En el municipio de Puracé, en la Laguna de San Rafael, Valencia y López (2005), reportaron la ampliación de registro para *Atelopus eusebianus*, y se describió *Pristimantis sneiderni* por Ospina-Sarria y Duellman, 2019; reporte de ejemplar de *Hyloscirtus tigrinus* en termales de San Juan (Mueses-Cisneros y Perdomo-Castillo, 2011) y Montezuma y Mueses-Cisneros (2012) reportaron otro ejemplar en La Laguna Magdalena del Parque Nacional Natural

Puracé, ampliando el rango geográfico y altitudinal de la especie. En el municipio de Totoró, Malvasá, Rivero y Granados-Díaz (1990) reportaron por primera vez la especie *Hyloxalus pinguis* y *Atelopus eusebianus* (1993). Se describe a *Hyloscirtus caucanus* en el municipio de Páez, Cauca por Ardila-Robayo *et al.* (1993) y a *Atelopus angelito* en el municipio de San Sebastián por Ardila-Robayo y Ruiz-Carranza (1998). Meneses *et al.* (2018) realiza una comparación de anuros en dos sectores con distinto grado de conservación en el Parque Nacional Natural Munchique y Pisso Flórez *et al.*, en el mismo año, con información secundaria y primaria presentaron una lista preliminar de anfibios del Parque Nacional Natural Munchique y sus áreas de influencia.

Se documenta un trabajo de grado de Ceballos-Ordoñez (2009), con la caracterización ecológica de anuros en el municipio de Sotaró, Cauca a una altitud de 3590 m s.n.m, municipio fronterizo a La Vega. Se registraron siete especies pertenecientes a dos géneros. Se encontró que existe relación positiva entre la temperatura ambiental y edáfica con la riqueza de especies.

Microhábitat: Smith y Smith (2007) definen el hábitat como un lugar en el ecosistema que cumple con características requeridas para el desarrollo, subsistencia, reproducción y establecimiento de las especies. Es así como el microhábitat es la delimitación a escala de dicho lugar. Debido a las condiciones fisiológicas propias, los anuros exhiben preferencias de microhábitat específicos (Duellman y Trueb, 1986) que los hacen diferentes de las de su entorno y por ello es el lugar del ecosistema más pequeño en el que se encuentran los individuos. Estos microhábitats van desde una rama, la base de un tronco viejo y húmedo, una roca junto a un cuerpo de agua, entre otros. La preferencia de microhábitat está relacionada con la historia de vida de las diferentes especies de anuros (Vargas-S y Castro-H, 1999).

Estudios que involucran caracterización de microhábitat para anuros y análisis de diversidad y distribución de acuerdo con estas variables, incluye Vargas-S *et al.* (1999) en el pacífico colombiano y García-R *et al.* (2005) en el Parque Nacional Natural Munchique, en el que se concluye que no hay diferencia significativa en el número de especies en los sustratos, lo cual sugeriría una fuerte superposición de microhábitats.

Diversidad: La diversidad beta es el recambio de especies a lo largo de varias localidades. Mide las diferencias (recambio) entre las especies de distintos puntos, dichas diferencias se pueden medir respecto al tiempo o al espacio (Halffter y Moreno 2005). Para Koleff y Gaston (2002), el recambio en el espacio se mide por ganancia o pérdida de especies. La heterogeneidad ambiental además de los factores históricos, contribuyen en gran medida a aumentar el recambio de especies (Halffter y Moreno, 2005).

En sentido altitudinal de la Cordillera de los Andes, el reemplazo de especies depende de las adaptaciones fisiológicas y de las variables ambientales que determinan cuál es el gradiente altitudinal en que se distribuyen y los límites de este (Cadavid *et al.*, 2005). Se ha mencionado que la riqueza de especies y la abundancia relativa varían con la altitud, notándose como patrón el declive de dicha riqueza con el incremento de la altura (Graham, 1973; Terborgh, 1977; Duellman, 1979, 1987; Cortés-Fernandez, 2006).

Una investigación que incluye gradientes altitudinales en la Cordillera Central como variables de estudio con anuros, fue realizado por Cadavid *et al.*, (2005). Este trabajo tuvo como objetivo analizar la diversidad, la preferencia de microhábitat y la distribución espacial de la comunidad a través de seis estaciones de muestreo en un transecto altitudinal desde los 1000 m s.n.m. hasta los 3700 m s.n.m. Se concluye que el reemplazo de especies está influenciado por las adaptaciones fisiológicas de las especies.

Vargas-Salinas *et al.* (2016), analizaron la diversidad y el recambio de especies de la herpetofauna en el valle del Magdalena medio del departamento de Antioquia, usando como variables diferentes tipos de cobertura vegetal como relictos de bosque, cultivos, áreas abiertas y vegetación aledaña a la Ciénaga de Barbacoas. El índice de similitud indica que las especies de anfibios son más similares entre bosques y cultivos que en áreas abiertas.

Henao-Díaz *et al.* (2019) presentó la caracterización biológica en la zona de transición bosque páramo del complejo de páramos de Chingaza, realizando cinco transectos altitudinales para el estudio de vegetación, edafofauna, anfibios y aves. Las especies de anfibios exhiben una distribución restringida reconocidas como endémicas. Se registraron dos novedades taxonómicas en anuros. Se obtiene como resultado la evidencia de

variación en estructura biótica y cambios en la composición de las comunidades a lo largo del gradiente.

Así mismo, Cortez-Fernandez (2006) en Bolivia, determinó la diversidad de anfibios en un gradiente altitudinal en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado en Cotapa. Se determinaron cinco pisos térmicos dentro de los cuales fueron seleccionadas estaciones de muestreo, para el registro y captura de individuos emplearon los recorridos libres y el montaje de trampas pitfall. La abundancia relativa de las especies se incrementa al ascender por el gradiente altitudinal, inversamente a lo observado con la riqueza.

Selva altoandina: Velasco-Linares y Vargas (2008) describen la selva altoandina como la franja de vegetación que va desde los 3000 m s.n.m. hasta los 3200 m s.n.m, caracterizado por vegetación con elementos arbóreos de hasta 25 m de altura y alta humedad atmosférica; en la mayoría de casos, el paisaje altoandino está conformado por mosaicos de vegetación inmersos dentro de una matriz de pastizales; en otras palabras un conjunto de potreros, zonas de cultivos, remanentes de bosque natural, matorrales con vegetación de subpáramo, áreas invadidas con vegetación foránea y plantaciones forestales, con una compleja estructura ecológica y mayor heterogeneidad espacial que ofrece diversidad de hábitats y microhábitats para los anuros (García-López, 2013).

Páramo: Cleef (2013) sostiene que fisionómicamente el páramo se identifica con la vegetación abierta tropalpina, que se extiende por encima del límite superior de los bosques andinos (LSB), sin embargo, como ecosistema se ha restringido a las cumbres frías de algunas regiones tropicales de acuerdo con las características morfológicas de su vegetación. Una de las características únicas del páramo es la presencia de frailejones, plantas con una inusual forma de vida, solo encontrada en sistemas tropicales de alta montaña (Diazgranados, 2013).

El páramo presenta características climáticas particulares, tales como alta humedad, lluvias constantes la mayor parte del año, y temperaturas que fluctúan más de 10°C entre el día y la noche, descendiendo la temperatura hasta por debajo de 5°C hacia la madrugada, en regiones por encima de los 3800 m s.n.m. Actualmente, los niveles superiores de los bosques difieren en el país: en la cordillera Oriental, generalmente están alrededor de 3200

m s.n.m. a 3400 m s.n.m en la Central de 3550 m s.n.m. a 3650 m s.n.m. y cordillera Occidental a 3650 m s.n.m. El límite superior del bosque (LSB) corresponde al límite del bioma, y precisamente por debajo está el bosque altoandino y andino (Cleef, 2013).

Anuros en páramo: Los estudios sobre anuros presentes en ecosistemas de alta montaña se han incrementado en los últimos años. Ardila y Acosta (2000) presentaron un listado de anfibios de Colombia, dando a conocer especies que se registraron en zonas de bosque altoandino y páramo. Lynch y Mayorga (2002) realizaron un análisis biogeográfico de anfibios paramunos en Colombia donde revisaron listados previos y bibliografía de las descripciones originales de las especies para determinar los anfibios que son exclusivos de la región del páramo, refiriéndose a aquellas especies restringidas a esta zona de vida. Durante esta revisión se conocieron especies que habitan en bosque altoandino pero que fueron registrados en zonas paramunas.

El trabajo de Buitrago-González *et al.* (2016), corresponde a una caracterización rápida de anuros en determinados complejos paramunos de los Andes centrales de Colombia en los departamentos del Quindío, Valle del Cauca y Tolima, determinando el recambio de especies en un gradiente altitudinal que comprendió el bosque húmedo montano a la zona de páramo. Se concluye que el recambio latitudinal de especies en una misma franja altitudinal ha sido un patrón recurrente en anuros de los Andes en Colombia y lo es también en los complejos de páramos de la cordillera Occidental.

3. ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en el páramo de Barbillas (3423 m s.n.m.) vereda Monteredondo, corregimiento de Pancitará y en el páramo de Bellones del cerro alto de los Tres Cerrillos (3574 m s.n.m.) en el corregimiento de Guachicono. Ambos corregimientos son resguardos indígenas de la comunidad Yanacona del municipio de La Vega.

El municipio de la Vega está ubicado al suroccidente de Colombia y al suroriente del departamento del Cauca, en pleno corazón de la Estrella Fluvial del Macizo Colombiano, con una extensión de 664 Km² y variedad de pisos térmicos de clima templado hasta los pisos fríos y páramo (Alcaldía Municipal de La Vega, 2020). Siguiendo a Cuatrecasas (1958), aquí se encuentra la selva andina y las formaciones de páramo. Limita al norte con el municipio de La Sierra, al sur con San Sebastián y Almaguer, al este con Sotará y al oeste con Sucre y Patía. Los corregimientos Pancitará y Guachicono cuentan con escasa alteración de la cobertura vegetal, presentando vegetación representativa de los ecosistemas andinos de estudio (Figura 1).

El Resguardo de Pancitará presenta una temperatura promedio de 12°C y una altura de 2680 m s.n.m. El resguardo Guachicono se encuentra a una altura de 2760 m s.n.m. y existen sitios con alturas que oscilan desde los 3500 m s.n.m. como es el caso del páramo de Barbillas (Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2012).

Como lugares que pertenecen a la ecoregión del Macizo Colombiano, se caracterizan por poseer quebradas y los ríos que llevan el mismo nombre de estos dos corregimientos.

ÁREA DE ESTUDIO

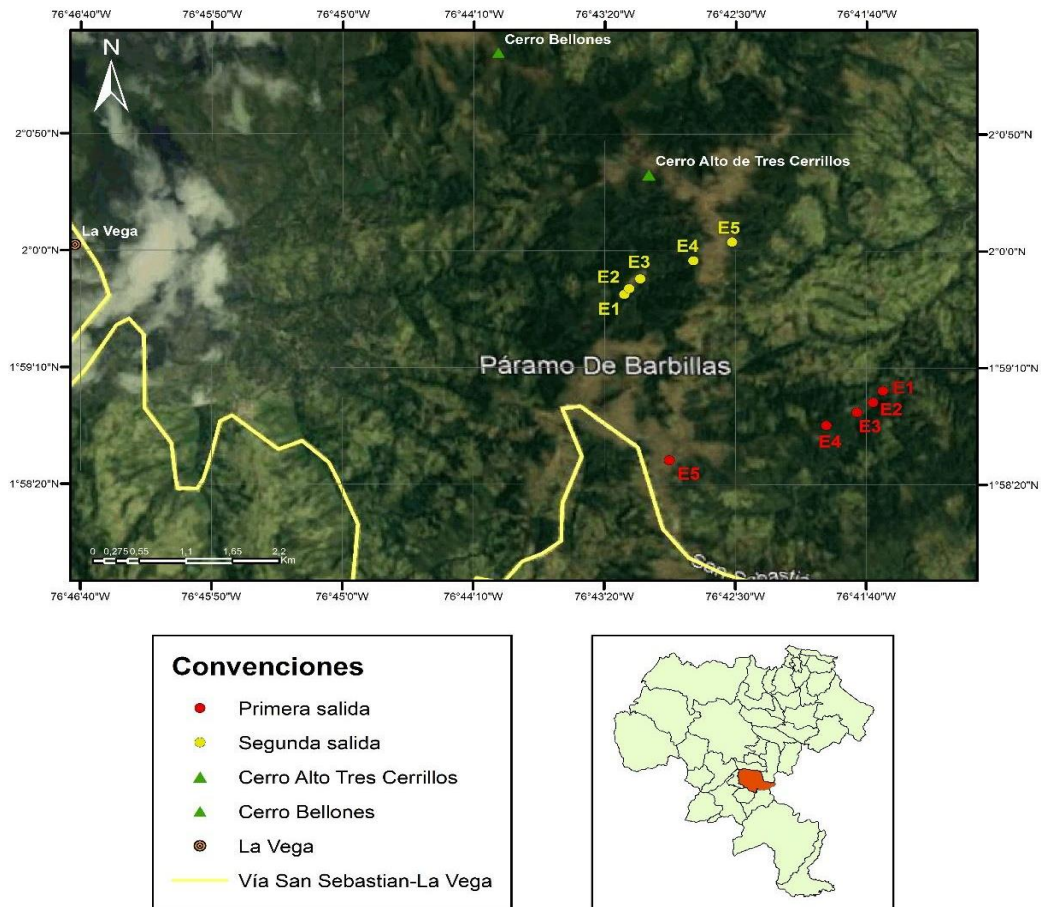


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio en el departamento del Cauca, municipio La Vega, corregimiento Guachicón y Pancitará (Mapa desarrollado con los programas ArcGIS 10.2 y Global Mapper 16, con imágenes satelitales de Google Earth Pro).

4. METODOLOGÍA

La metodología de campo que se describe a continuación, fue la implementada para el levantamiento de la información del grupo de anfibios en el marco del convenio de cooperación No. 13-12-092-098CE entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y la Universidad del Cauca.

Los datos del muestreo realizado en el marco del convenio, fueron tomados para el desarrollo de este proyecto, realizando el correspondiente tratamiento estadístico y el análisis de la información.

4.1. Metodología en campo

Se realizaron dos jornadas de campo, la primera en el páramo de Barbillas (Transecto 1) y la segunda, al páramo de Bellones - Tres Cerrillos (Transecto 2) ubicados en las veredas de Monte Redondo y Nueva Providencia, respectivamente, con seis (6) días efectivos de muestreo en cada transecto.

Para cada sector, se realizó la selección de 5 gradientes altitudinales, tomando como punto de referencia la cota altitudinal máxima de la montaña donde se hallaba el páramo, y así, ubicar por debajo de ésta 4 estaciones con distancia altitudinal de 80 m entre cada una, ya que la longitud del transecto no permitió ubicarlas a una distancia de 100 metros.

4.1.1. Transecto páramo de Barbillas -T1

En el Transecto 1, las estaciones de muestreo 1, 2 y 3 se encuentran en un trayecto longitudinal corto, con una pendiente de 35°, mientras que, las estaciones 4 y 5 se ubicaron en una distancia horizontal mayor, puesto que la pendiente de la zona es de apenas 12° (Figura 2).



Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo en el transecto páramo de Barbillas. Imagen tomada del Informe Final Complejo de Páramos de Sotará.

- **Estación 1:** Ubicada en las coordenadas geográficas $1^{\circ} 59' 00,1''$ N y $76^{\circ} 41' 37,3''$ W a 3101 m s.n.m. Representada por elementos arbóreos y arbustivos.
- **Estación 2:** Ubicada en las coordenadas geográficas $1^{\circ} 58' 55,2''$ N y $76^{\circ} 41' 37,1''$ W a 3177 m s.n.m. El área está cubierta por árboles y arbustos característicos de selva altoandina.
- **Estación 3:** Ubicada en las coordenadas geográficas $1^{\circ} 58' 50,9''$ N y $76^{\circ} 41' 43,2''$ W a 3261 m s.n.m. Presenta abundante cobertura de vegetación arbórea y arbustiva.
- **Estación 4:** Ubicada en las coordenadas geográficas $1^{\circ} 58' 45,3''$ N y $76^{\circ} 41' 54,9''$ W a 3343 m s.n.m. Su vegetación está caracterizada por un estrato arbustivo y elementos arbóreos de subpáramo.
- **Estación 5:** Ubicada en las coordenadas geográficas $1^{\circ} 58' 30,3''$ N y $76^{\circ} 42' 54,8''$ W, a 3423 m s.n.m. Su vegetación es característica de páramo con herbáceas y frailejones.

4.1.2. Transecto páramo de Bellones-Tres Cerrillos –T2

En el Transecto 2 las estaciones de muestreo se localizaron con distancia entre ellas de 80 m s.n.m., siguiendo el modelo del T1.

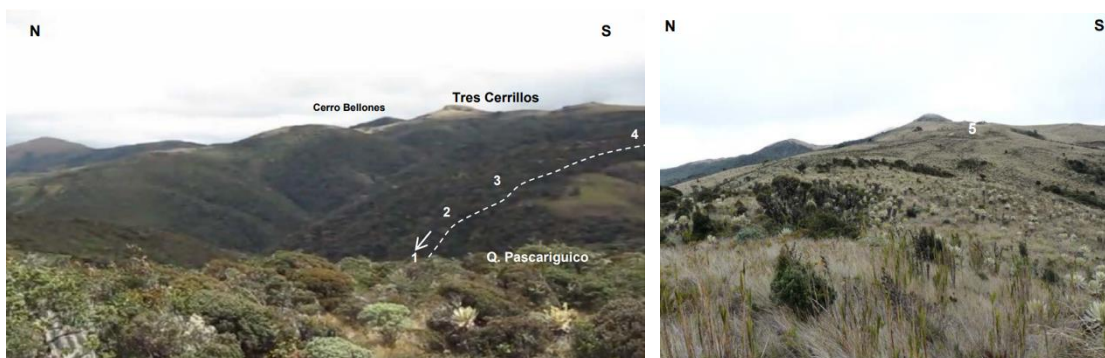


Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo en el transecto páramo de Bellones-Tres Cerrillos. Imagen tomada del Informe Final Complejo de Páramos de Sotará.

- **Estación 1:** Ubicada en las coordenadas geográficas 1° 59' 41,3" N, 76° 43' 12,1" W, altitud de 3274 m s.n.m. Caracterizada por el estrato arbóreo, presencia de familias como Rubiaceae y Melastomataceae pero domina la vegetación riparia, puesto que en esta estación se encuentra la quebrada Pascariguico, que desemboca en el río Pancitará.
- **Estación 2:** Ubicada en las coordenadas geográficas 1° 59' 43,8" N, 76° 43' 10,2" W, altitud de 3332 m s.n.m. La cobertura vegetal está dominada por un estrato arbóreo y epífitas.
- **Estación 3:** Ubicada en las coordenadas geográficas 1° 59' 48,0" N, 76° 43' 06" W, altitud de 3413 m s.n.m. La cobertura vegetal es arbustiva y principalmente árboles de gran porte con presencia de orquídeas y helechos.
- **Estación 4:** Ubicada en las coordenadas geográficas 1° 59' 55,8" N, 76° 42' 45,7" W, altitud de 3495 m s.n.m. Su vegetación se caracteriza por los arbustos y bosque subparamuno, sobresalen algunos elementos arbóreos.

- **Estación 5:** Ubicada en las coordenadas geográficas 2° 00' 03,8" N, 76° 42' 31" W, altitud de 3574 m s.n.m. Caracterizada por la presencia de frailejones, herbáceas y orquídeas.

La técnica de muestreo empleada fue la detección directa, mediante el relevamiento por encuentro visual conocida como (REV), o por sus siglas en inglés (VES), de acuerdo con Rueda *et al.* (2006), realizando búsquedas detalladas en los diferentes microhábitats, teniendo en cuenta la historia de vida de las especies que por literatura se esperan encontrar.

Con el fin de incrementar el éxito de captura de anfibios, se realizó el montaje de 10 trampas de caída (trampas pitfall) colocadas de manera aleatoria en cada estación de muestreo, prefiriendo los lugares de mayor pendiente y las zonas de difícil acceso para el recorrido y la captura manual. Esta técnica emplea barreras de plástico a modo de cerca con la función de interceptar a los individuos que se desplazan por la superficie del terreno y los conducen a una trampa de caída.

4.2 Caracterización del microhábitat

En el lugar donde fueron hallados los individuos, se tomaron los siguientes datos de campo:

- Fecha
- Código de campo
- Número estación de muestreo
- Hora
- Altitud
- Humedad relativa.

Variables de microhábitat:

- Sustrato: Hojas, ramas, hojarasca, pasto, roca, musgo, tronco, agua.

- Altura del sustrato (cm): Se tomó la medida con un metro desde la base del suelo: Rasante-AR (0-50). Bajo-AB (50-90). Medio-AM (90-130). Alto-AA (>130).
- Cobertura de la capa vegetal del suelo (cm): Se tomó la medida de la profundidad de la hojarasca desde la superficie hasta hallar el suelo desnudo: Baja-CB (0-6 cm). Media-CM (06-12 cm). Alta-CA (>12 cm).
- Descripción cuerpos de agua permanentes: Corriente permanente (A-C): corriente natural de agua que fluye con continuidad. Estanque permanente (A-P): cuando el estanque permanece, aunque su nivel de agua varíe según la época de lluvias. Corriente intermitente (A-I): cuando el flujo de agua sólo fluye en respuesta a la precipitación. Ausencia de cuerpos de agua (A-A).
- Distancia a cuerpos de agua: Se tomó la distancia desde el punto donde se halló al individuo hasta la presencia de algún cuerpo de agua: Sobre el agua, 01-200 cm, 200-400 cm, 400-700 cm (D1) y >700 cm (D2).
- Descripción de la cobertura vegetal: arbustal (HA), bosque conservado (HBC), bosque secundario (HBS), pajonal (HP), frailejonal (HF).

4.3 Caracterización morfológica e identificación de anuros

La determinación taxonómica se hizo en campo y se recolectaron aquellos individuos que no pudieron ser identificados taxonómicamente para posteriormente, recibir asesoría técnica con personal del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia y revisión de ejemplares originales en el mismo Instituto para identificarlos. Para el montaje y preservación de los especímenes se siguieron los lineamientos sugeridos por Angulo *et al.* (2006).

Se registró la siguiente información:

- Datos morfométricos (mm): Peso. Longitud rostro-cloaca (LRC). Ancho cefálico (AC). Ancho de la boca (AB). Longitud Antebrazo (LAB). Longitud tibia-fémur (LTF). Longitud fémur (LF). Longitud pedial (LP).
- Descripción de la piel del dorso: Gruesa-granulosa. Gruesa-lisa. Delgada-granulosa. Delgada-lisa.
- Coloración: Aposomática. Críptica.

4.4 Análisis de datos

4.4.1 Representatividad del muestreo

Para estimar la representatividad del muestreo en cada una de las estaciones seleccionadas, se construyó una curva de acumulación de especies a partir de los estimadores de riqueza no paramétricos, empleando Chao 2 (Moreno, 2001). Chao 2 es el estimador basado en la incidencia, donde se estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras) (Villareal *et al.*, 2016).

El software EstimateS 9.10 permitió calcular Chao 2 y así, graficar la curva de acumulación de especies. El número de muestras se presenta en el eje de las x, y el número de especies en la variable dependiente. Así, se pueden comparar la S est y la S obs. Pero la gráfica final se interpreta de manera distinta a la convencional: cuando se tiene el número total de muestras, existe cierta separación entre la curva de la S est y de la S obs. Esa separación estaría indicando cuántas especies faltan por registrar en esa comunidad. Entre más separadas estén, podríamos esperar que el número total de especies que contenga el lugar sea mayor que el que actualmente conocemos (Escalante, 2003).

También, se emplearon otros estimadores de incidencia como ICE, que se basa en especies observadas en menos de diez unidades de muestreo; y la estimación de singletons y doubletons que complementan la información de la población muestreada.

4.4.2 Diversidad alfa

La diversidad de cada estación de muestreo se determinó por el valor de la riqueza de especies. La comparación de diversidad entre estaciones se calculó mediante el número efectivo de especies, el cual expresa como el exponencial del Índice de Shannon (H) (Jost, 2006) y que equivale al número de Hill de orden 1:

$$1H = \exp(H).$$

De esta manera, se obtiene la diversidad real de la comunidad, y así también, se logró analizar la diversidad de cada transecto (Jost, 2012).

La variación en el número efectivo de especies está directamente relacionada con el cambio de la riqueza y abundancia relativa de las especies en cada estación muestreada, es así como la variación clara del índice, demostró un cambio entre franjas altitudinales, que junto a los valores de recambio de especies logran evidenciar la transición entre los ecosistemas de alta montaña (Marín *et al.*, 2015). Los análisis se realizaron con el programa Past 4.08. Para conocer la equitatividad de especies, se graficó la curva rango abundancia.

4.4.3 Recambio de especies

El recambio de especies en gradientes altitudinales (diversidad beta), se evaluó mediante el análisis del índice de Chao-Jaccard, que es una modificación al índice de Jaccard empleado anteriormente, que corrige los sesgos creados por tamaño de muestras y la ausencia de especies raras:

$$\hat{J}_{abd} = \frac{\hat{U}\hat{V}}{\hat{U} + \hat{V} - \hat{U}\hat{V}}$$

Este índice es más apropiado que los índices clásicos correspondientes para la evaluación de la similitud en la composición entre muestras de diferentes tamaños, así como en situaciones reales o sospechadas de submuestreo, y cuando es probable que las muestras tengan numerosas especies raras y especies compartidas no vistas (Chao, 2005). Los análisis se realizaron usando el programa EstimateS 9.1.0.

El índice de Bray-Curtis al ser cuantitativo, permite evaluar la disimilitud basado en las abundancias y cobertura, dándoles a las especies comunes y raras, pesos relativamente similares. A través de Past 4.08, se determinaron los valores de Bray-Curtis para las estaciones dentro de los transectos, y se obtuvo la gráfica.

4.4.4 Análisis de microhábitat

Con el fin de analizar la ocurrencia de especies en las variables ecológicas del microhábitat, y así mismo, establecer las relaciones positivas y negativas entre dichas variables, se realizó el análisis de componentes principales (ACP). Esto también permitió sugerir las variables relevantes que están relacionadas con la presencia de las especies en las zonas muestreadas. El análisis se realizó en el programa Past 4.08.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Representatividad del muestreo

La curva de acumulación de especies logra alcanzar la asíntota, indicando así una estabilidad en el encuentro de especies dentro de la zona muestreada. La curva estimada mediante Chao 2, aunque presenta un crecimiento más pronto que la S observada, a partir del 5 día de muestreo logra estabilizarse y finalmente las curvas se sobreponen. El estimador ICE, sobrestima la riqueza de especies en los primeros días de muestreo para luego, lograr la estabilidad sin el hallazgo de nuevas especies. La dinámica de las curvas de los Singletons y Doubletons, indican que, con el incremento del esfuerzo de muestreo, los individuos por especie aumentaron (Figura 4).

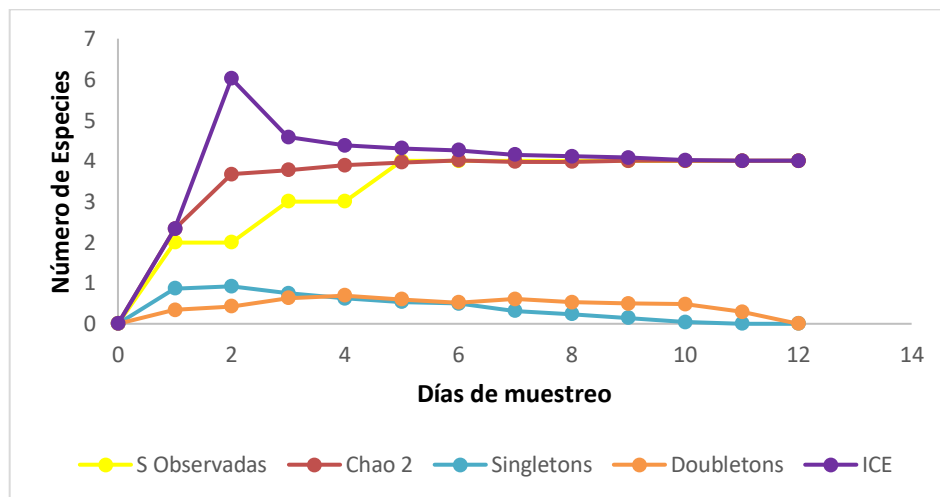


Figura 4. Curva de acumulación de especies y comparación con estimadores no paramétricos.

En las dos jornadas de campo se logró una representatividad del muestreo cercana al 100% de acuerdo con los estimadores ICE y Chao 2. Aunque la representatividad del muestreo es cercana al 100%, fue menor la riqueza hallada en consideración al estudio de Ceballos-Ordoñez (2009), en el municipio de Sotará, donde se registraron 7 especies de anuros.

Esta estimación en el muestreo, está restringida a las localidades de estudio, y hace referencia específica a las especies susceptibles a ser observadas en el sitio de estudio mediante la técnica de muestreo empleada (VES).

No fue efectivo el uso de trampas de caída pitfall. Dentro de todo el muestreo, el único hallazgo usando esta técnica, se registró en la E3 del transecto 1, correspondiente a *P. myersi*. El individuo fue encontrado muerto, en alto grado de deshidratación, sin posibilidad para un posterior montaje y conservación.

Como se mencionó anteriormente, estas trampas se usaron preferiblemente en zonas con alto grado de pendiente, donde, debido a su inclinación carecía de estratificación arbórea, con baja o nula cobertura de dosel, factores que probablemente, desfavorecían la presencia y tránsito permanente de anuros en la zona al no poseer una barrera de protección frente a los fuertes vientos y a la radiación solar.

5.2 Diversidad alfa

La riqueza específica de la zona de muestreo es de cuatro especies pertenecientes al género *Pristimantis* (Jiménez de la Espada, 1870) de la familia Strabomantidae (Hedges, Duellman y Heinecke, 2008): se colectaron 52 individuos para el Transecto 1 y 70 individuos para el Transecto 2, con iguales especies y número de especies: *Pristimantis buckleyi*, *Pristimantis myersi*, *Pristimantis obmutescens* y *Pristimantis vicarius*. A continuación, se describen algunas características de cada una de las especies recolectadas.

Pristimantis myersi
(Goin y Cochran, 1963)



Foto: Gustavo Pisso

Rango altitudinal: 2300-3500 m s.n.m.

Hábitat: Presente en bosques andinos y páramos en el macizo central colombiano y en los andes ecuatorianos.

En Colombia: Cauca y Nariño.

Comportamiento: Hábitos nocturnos, terrestre y vive en zonas no alteradas. Durante el día se encuentran bajo tronco, rocas y hierba gruesa.

Categoría de Amenaza: Categorizada por la UICN red list como preocupación menor (LC).

Nota: Se registra amplitud de rango altitudinal hasta los 3558 m s.n.m.

Pristimantis buckleyi
(Boulenger, 1882)



Foto: Gustavo Pisso

Rango altitudinal: 1900-3700 m s.n.m.

Hábitat: Habita en selva andina hasta los páramos en el Macizo Central colombiano ambas vertientes de las cordilleras Central y vertiente oriental de la cordillera Occidental y Ecuador.

En Colombia: Cauca, Nariño, Huila, Putumayo, Tolima, Valle del Cauca.

Comportamiento: De bosque primario, secundario, borde de bosque, áreas abiertas y tierras de cultivo. Típicamente se encuentra en vegetación herbácea, gramínea y en bromelias.

Categoría de Amenaza: Categorizada por la UICN red list como preocupación menor (LC).

<i>Pristimantis obmutescens</i> (Lynch, 1980)	
 <p style="text-align: center;">Foto: Gustavo Pisso</p> <p>Rango altitudinal: 2800-3500 m s.n.m.</p>	<p>Hábitat: Especie endémica del páramo en la región sur de la cordillera Central.</p> <p>En Colombia: Cauca, Huila y Tolima.</p> <p>Comportamiento: Hay muy poca información sobre su comportamiento. Reproducción sexual.</p> <p>Categoría de Amenaza: Categorizada por la UICN red list como preocupación menor (LC).</p> <p>Nota: Se registra amplitud de rango altitudinal hasta los 3558 m s.n.m.</p>

<i>Pristimantis vicarius</i> (Lynch y Ruiz-Carranza, 1983)	
 <p style="text-align: center;">Foto: Gustavo Pisso</p> <p>Rango altitudinal: 2400-3300 m s.n.m.</p>	<p>Hábitat: Especie endémica de la cordillera Central de Colombia en selva andina y páramo.</p> <p>En Colombia: Cauca, Huila, Nariño y Putumayo.</p> <p>Comportamiento: Hay muy poca información sobre su comportamiento. Reproducción sexual.</p> <p>Categoría de Amenaza: Categorizada por la UICN red list como casi amenazada (NT).</p> <p>Nota: Se registra amplitud de rango altitudinal hasta los 3537 m s.n.m.</p>

En el Transecto 1 se registraron 52 individuos, distribuidos en cuatro especies. Para conocer la equitatividad de especies se construyó la curva rango abundancia (Figura 5).

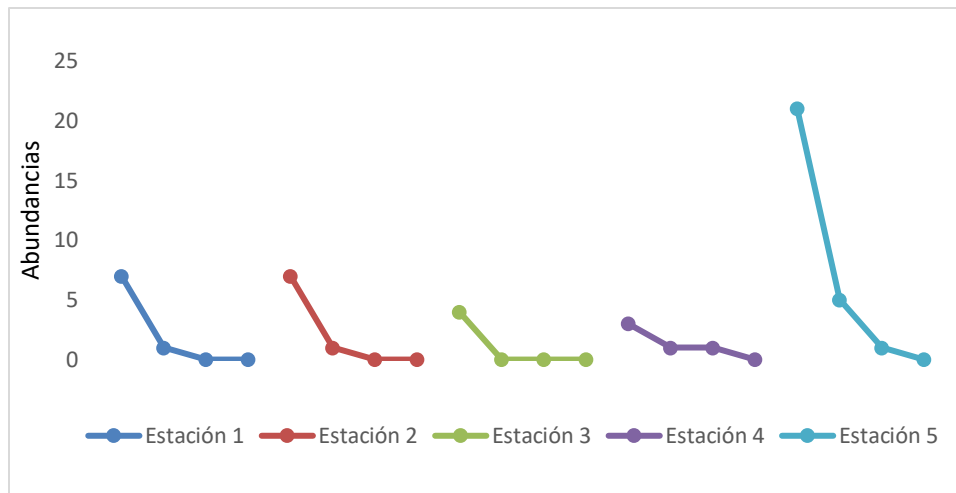


Figura 5. Curva rango abundancia de las estaciones del Transecto 1.

Para el transecto 1 (T1), las curvas rango-abundancia de cada estación, muestran la composición de la población, indicando las especies más dominantes hacia la izquierda de la curva y las especies raras hacia la derecha, teniendo en todas las estaciones a *Pristimantis myersi* como especie dominante y las demás como especies raras. La estación 4 es la más heterogénea, puesto que, cuenta con una representatividad similar de cada especie observada, y la estación 5 presentó la mayor diferenciación en las abundancias de las especies (Figura 5), con 21 ejemplares de *P. myersi*, frente a un individuo de *P. obmutescens* y *P. buckleyi*, y sin registros de *P. vicarius*.

En el transecto 2, se registraron 70 individuos pertenecientes a cuatro especies del género *Pristimantis*. Para conocer la dinámica de la equitatividad de especies se construyó la curva rango abundancia (Figura 6).

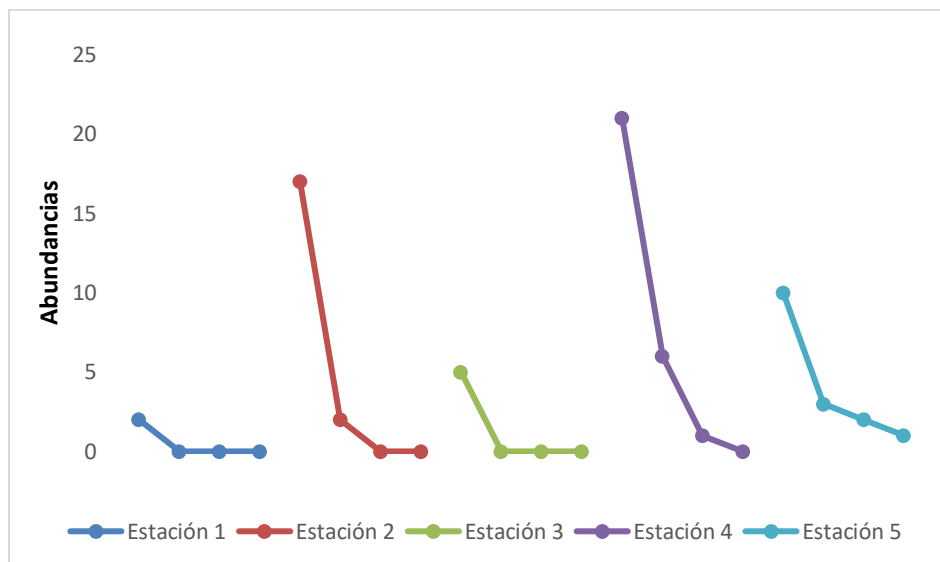


Figura 6. Curva rango abundancia de las estaciones del Transecto 2.

De acuerdo a lo observado en la curva-rango abundancia del transecto 2, la dinámica de dominancia prevalece también en las estaciones de este transecto con *P. myersi* (80,8%) y *P. vicarius* la de menor abundancia (1,9%); sin embargo, la estación 5 con vegetación típica paramuna tuvo la presencia de todas las especies, siendo *Pristimantis obmutescens* la especie dominante con una representatividad del 62,5% y en la única estación donde su abundancia estuvo por encima de *P. myersi* (Figura 6).

Las curvas de las estaciones 2 y 4 con una pendiente tan marcada, indican claramente la dominancia de una especie, *P. myersi* contrastando con la abundancia de las demás, como es el caso de la ausencia de ejemplares de *P. vicarius* y *P. buckleyi* en las respectivas estaciones.

P. myersi es una especie que habita en selva andina y páramo, de actividad nocturna, terrestre y en zonas no alteradas (Valera-Jaramillo y Páez-Rosales, 2018), características de hábitat de los transectos de estudio, que además en su mayoría presentan una cobertura vegetal de selva, factores que favorecen el hallazgo numeroso de individuos frente a especies raras registradas también en la zona.

La dominancia de *P. obmutescens* se explica por sí misma, puesto que, esta es una especie restringida al páramo, adaptada fisiológicamente para habitar esta zona de vida de características complejas.

Los anfibios exhiben una representación minoritaria en estos hábitats, comparado con otros ecosistemas tropicales, siendo los géneros más representativos de la alta montaña colombiana *Pristimantis* y *Atelopus* (Lynch y Suárez-Mayorga, 2002).

La diversidad alfa se calculó como la riqueza específica, valor determinado por el número de Hill 1, equivalente al exponencial del índice de Shannon (H).

A continuación, se muestran los valores de los índices de diversidad para el transecto 1.

Tabla 1. Valores de índices de diversidad para el Transecto 1.

Estaciones	Shannon	N° Hill 1
Estación 1	0,4393	1,5516207
Estación 2	0,4393	1,5516207
Estación 3	0	1
Estación 4	1,15	3,15819291
Estación 5	0,6669	1,94818857

En el T1, el valor del índice de Shannon y el N° de Hill 1 para cada estación, evidencian a la E4 como aquella que presenta mayor diversidad, contando con la presencia de todas las especies, en contraste con la E3 con valor cero para Shannon, puesto que solamente se registró una especie (Tabla 1).

Esta dinámica en los valores del Número de Hill 1, permiten ver la similitud entre estaciones, debido al hallazgo de especies con rangos altitudinales que abarcan desde la selva altoandina y páramo, y a valores de abundancia no muy diferenciados entre sí.

El análisis de diversidad para el Transecto 2 (Tabla 2), muestra a la estación 5 con el valor más alto del N° de Hill 1 y el índice de Shannon, puesto que fue la única estación donde se hallaron las cuatro especies. Cabe mencionar lo ocurrido en las estaciones 1 y 3, donde el

valor de Shannon es cero, indicando que no hay diversidad, y el número efectivo de especies es 1, con *P. myersi* como única especie presente en estas estaciones.

Tabla 2. Valores de índices de diversidad para el Transecto 2.

Estaciones	Shannon	N° Hill 1
Estación 1	0	1
Estación 2	0,3628	1,43734836
Estación 3	0	1
Estación 4	0,7006	2,01496132
Estación 5	1,135	3,11117354

El número de Hill 1 está relacionado con el cambio de riqueza y abundancia relativa de las especies, es así como, para el T1 y el T2, las estaciones de mayor altitud presentaron mayor valor en el número efectivo de especies, teniendo de 3 y 2 especies para la E4 y E5 del Transecto 1, y para el Transecto 2, 2 y 3 especies de la E4 y E5 respectivamente, valores que representan entre el 50% y 75% del total de las especies muestreadas durante todo el estudio.

De manera general, el T2 presentó mayor diversidad que el T1, así como mayor dinámica de diversidad entre estaciones.

Un patrón macroecológico bien definido es la disminución de la biodiversidad con la altitud, sin embargo, las altitudes altas tropicales, son húmedas y ofrecen recursos hídricos abundantes y diversos. Estas características permiten una comunidad de anuros más rica (Navas, 2002), además, las características de vegetación presentes en las estaciones 4 y 5 de cada transecto, incluían distintos tipos de cobertura vegetal como selva, pajonal y frailejónal. por lo tanto, ofrecían heterogeneidad de microhábitats para los anuros.

5.3 Recambio de especies

Para evaluar la diversidad entre comunidades, se empleó el índice Chao-Jaccard, donde el análisis arroja también los valores del índice de Jaccard clásico y Bray-Curtis. Estos fueron considerados con el fin de conocer con mayor precisión la similitud/disimilitud entre las comunidades de estudio (Tabla 3).

Tabla 3. Valor de los índices de similitud.

INDICES		
Jaccard Classic	Chao-Jaccard	Bray-Curtis
1	1	0,852

Como resultado del análisis, el valor de los dos primeros índices fue 1, esto indica que la similitud entre T1 y T2 es total. Los índices Jaccard clásico y Chao-Jaccard están basados en la incidencia (presencia/ausencia) de las especies (Chao, 2005), y considerando que ambas comunidades comparten el mismo tipo y número de especies, se explica entonces el valor máximo que arrojaron estos índices.

El índice de Bray-Curtis estima la disimilitud de las comunidades en razón de las abundancias de cada taxón, siendo 1 el valor máximo de diferencia (Chao, 2005). Para la T1 y T2, el valor del índice de 0,852 indica un alto grado de disimilitud, considerando que, aun cuando se comparten las mismas especies la abundancia de individuos en el Transecto 2 fue mayor que en el T1, y que la composición entre transectos varía; por tal razón, para comprender más detalladamente la dinámica entre comunidades, se graficaron los dendogramas correspondientes al índice de Bray-Curtis y Jaccard.

Se determinó los valores de Bray-Curtis para las estaciones dentro de los transectos, obteniendo la siguiente gráfica:

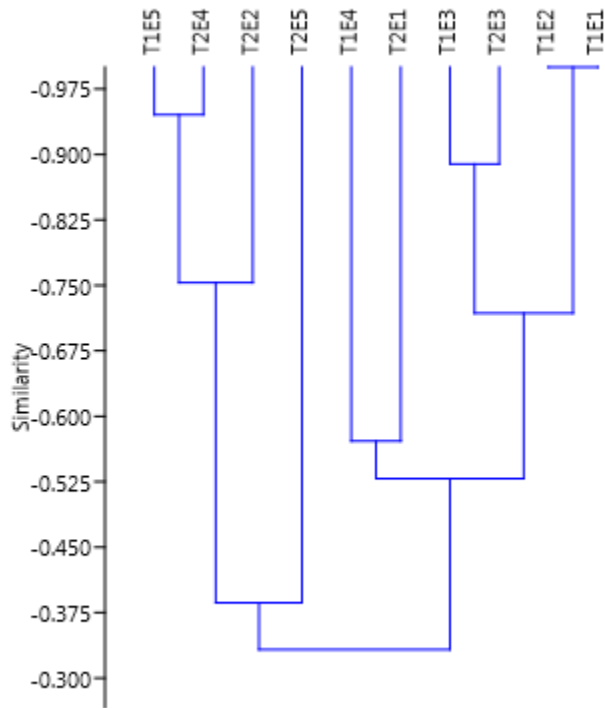


Figura 7. Análisis de agrupamiento con el índice Bray-Curtis.

P. myersi y *P. buckleyi* que son consideradas especies de bosque y de páramo (Lynch y Suárez-Mayorga, 2002) fueron las especies más abundantes y definieron los dos grandes agrupamientos de Bray-Curtis, conformando el primer agrupamiento los lugares: T1E5, T2E4, T2E2 y T2E5; y el segundo por: T1E1, T1E2, T1E3, T2E3, T2E1 Y T2E4. De manera general, se aprecia dos grupos en razón de las estaciones con altitudes más altas (E4 y E5) y las más bajas (E1, E2 y E3).

La estación 1 y 2 del Transecto 1, son los lugares más similares con un valor del 100%, seguido de la estación 5 del Transecto 1 (T1E5) y la estación 4 del Transecto 2 (T2E4) con un valor por encima del 95%, a este último grupo se asocia la T2E2 (75%) y T2E5 con un valor de 39%.

El grupo T1E3 Y T2E3 tienen un alto valor de similaridad de 89%, con una composición similar respecto a la riqueza, pues ambos lugares solo registran una especie, *P. myersi*, aunque difieren en su abundancia.

La conformación de estos subgrupos, reafirma la tendencia de agrupamiento por estaciones de mayor y menor altitud como se mencionó anteriormente.

Con el análisis de agrupamiento de Jaccard, se obtuvieron los siguientes resultados:

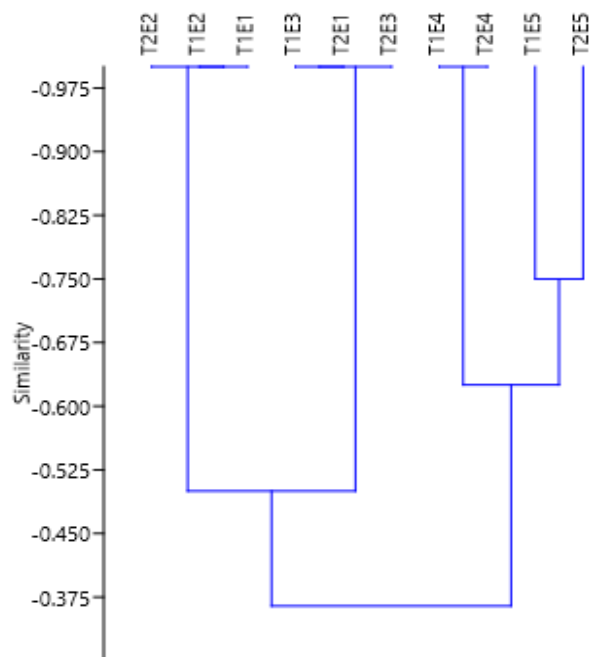


Figura 8. Análisis de agrupamiento con el índice de Jaccard.

Con el análisis de agrupamiento de Jaccard, se obtuvieron dos grandes grupos, el primero, integrado por E1, E2 y E3 de los T1 y T2, y el segundo, integrado por E4 y E5 de ambos transectos. Con esta gráfica (Figura 8) se observa más claramente la similaridad entre estaciones, ya no teniendo en cuenta las abundancias, sino solamente la riqueza de especies registrada en los dos transectos, lo cual, separa las estaciones de mayor altitud como lo son la E4 y E5 caracterizadas por vegetación de páramo, subpáramo y límite de

selva con las E1, E2 y E3 que presentan vegetación arbórea y arbustiva típica de la selva andina.

El grupo conformado por T1E1, T1E2 Y T2E2 tienen una similaridad del 100%, al registrar cada estación solo dos especies, las más abundantes del muestreo: *P. myersi* y *P. buckleyi*. Otro subgrupo que se desprende, es el conformado por T1E3, T2E3 y T2E1 con *P. myersi* como única especie y donde coinciden los valores bajos de abundancia de dicha especie en comparación con las otras estaciones de muestreo. Las estaciones E3 en cada transecto equivalen al límite altitudinal superior del primer agrupamiento de acuerdo con la gráfica del índice de Jaccard, o franja del límite superior del bosque (LSB) como lo plantea Cuatrecasas, 1958 y Diazgranados, 2013. El otro agrupamiento está compuesto por dos subgrupos, el primero, que corresponde a las estaciones E4 y el segundo, a las estaciones E5.

P. obmutescens que es una especie endémica de la cordillera central en Colombia, con registros por encima de los 2800 m s.n.m. (Ardila y Acosta, 2000), se halla únicamente en las estaciones 4 y 5 con altitudes que llegan a los 3558 m s.n.m. y donde la vegetación corresponde al límite de la zona de bosque y se encuentran en extensiones de áreas con pajonales y frailejonales.

Esto nos lleva a deducir cómo se da el recambio de especies en las estaciones altitudinales de ambos transectos, donde especies de anuros de zonas selváticas se registraron en casi todas las estaciones (*P. buckleyi* y *P. myersi*), disminuyendo su abundancia en las estaciones E5 que son las de mayor altitud, mientras que, los anuros de zonas paramunas se registraron únicamente en estaciones E4 y E5 de cada transecto (*P. vicarius* y *P. obmutescens*).

La heterogeneidad ambiental además de los factores históricos, contribuyen en gran medida a aumentar el recambio de especies (Moreno, 2011).

5.4 Análisis de microhábitat

Para la caracterización del microhábitat se tuvieron en cuenta distintas variables de hábitat con sus respectivas categorías. Con este conjunto de datos estandarizados se procedió a realizar un primer análisis de componentes principales, y a partir de este modelo, se descartaron variables que presentaron cargas similares dentro de los mismos componentes.

Se analizó el conjunto de datos actualizado, dando como resultado una matriz que alcanza el 97% de varianza con el componente 1 y componente 2, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4. Matriz de covarianza del análisis de componentes principales (ACP) para las variables de microhábitat.

PC	Valores Propios	% Varianza
1	11.5736	64.001
2	6.13993	33.954
3	0.369806	2.045

Después de realizar distintos modelos, se eligió la gráfica que presentó mayor claridad en la información, sin embargo, las variables muestran mayor relación con aquellas especies que presentaron mayor abundancia, pese a la estandarización que se le dio al conjunto de datos, esto debido a que cuantitativamente los datos de las especies raras no fueron significativos y prevalece la información de las especies con mayores abundancias.

La siguiente gráfica se modeló con base en los componentes 1 y 2.

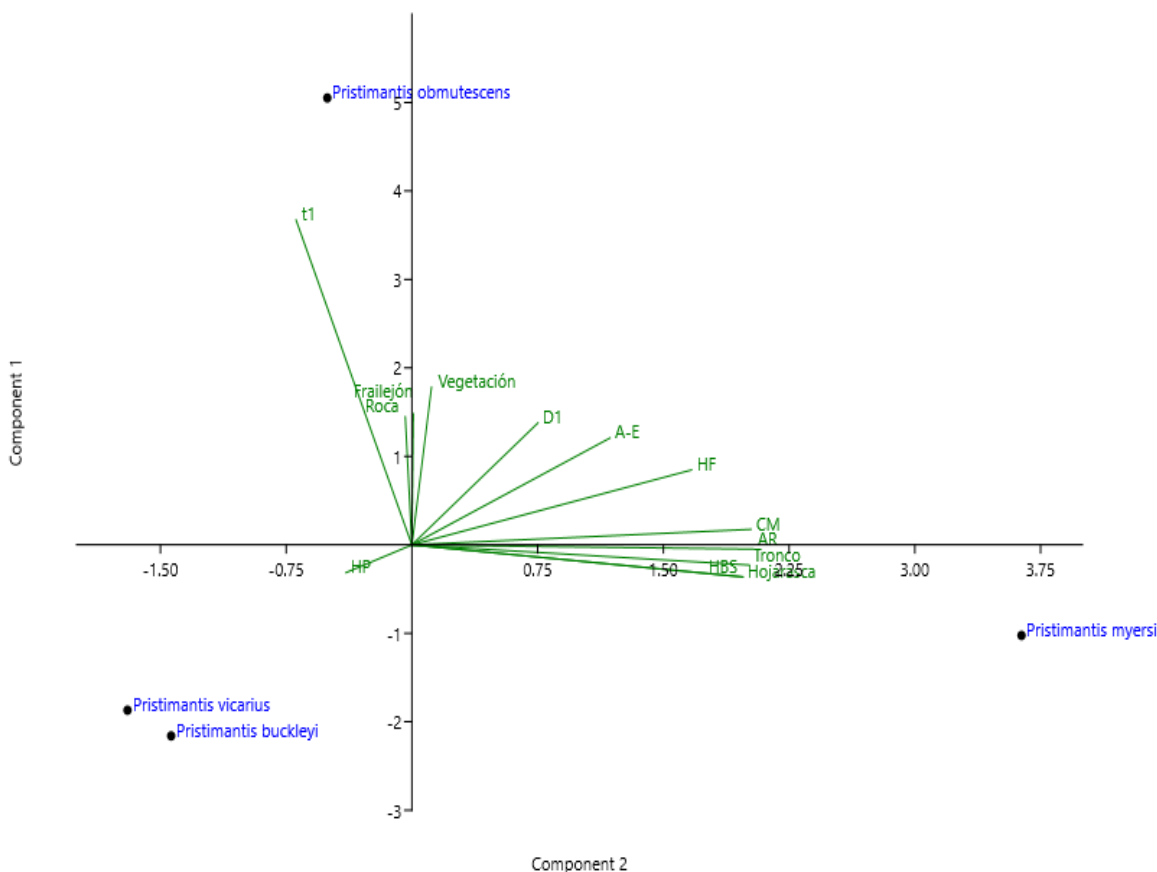


Figura 9. Relación entre las variables de microhábitat y las especies de anuros, con el análisis de componentes principales (CP1-CP2).

En la gráfica de Componentes Principales se aprecia las variables con mayor carga en los componentes tales como Temperatura de 0 °C a 5° C (t1), sustrato hojarasca y el hábitat de pajonal (HP), esta última relacionada con *P. vicarius* y *P. buckleyi* que fueron las especies con menor representación en la muestra (Figura 9).

La variable de temperatura t1, se encuentra altamente relacionada con *P. obmutescens*, esto se explica porque la especie es endémica de páramo y, por lo tanto, las temperaturas de esta zona de vida son más bajas (Acosta-Galvis, 2022). En el páramo las diferencias de temperatura entre los distintos microhábitats están acentuadas por la intensa, esporádica e imprevisible radiación solar, que no alcanza todos los microhábitats por igual y causa una gran heterogeneidad termal (Navas, 1999).

La cobertura vegetal de frailejónal (HF), es la que contiene mayor registro de individuos de todas las especies y donde se registró al 91% de ejemplares de *P. obmutescens*.

Los sustratos hojarasca y musgo fueron los sustratos de mayor preferencia, principalmente relacionados con *P. myersi*.

El hábitat de pajónal, HP, pese a ser una variable con un peso menor, fue de las únicas que se encontró relacionada con *P. vicarius* y *P. buckleyi*. Esta información estaría sesgada, debido a la baja abundancia de las especies, razón por la que su información respecto al microhábitat en general no fue significativa y no se logró evidenciar en la gráfica, sin embargo, es valiosa y puede conducirnos a indagar más sobre su comportamiento sobretodo, considerando que hasta el momento en la literatura no hay información detallada sobre *P. vicarius*.

El 100% de individuos de *Pristimantis vicarius* se hallaron a una altura de sustrato de 0-50 cm, categorizada como altura rasante (AR).

Es notable que en las estaciones de mayor altitud como E4 y E5, la diversidad de cobertura vegetal (selva, pajónal, frailejónal) ofrece así mismo, diversidad de sustratos como microhábitats para especies que habitan la selva andina hasta aquellas endémicas de zonas paramunas. En general, los anuros presentaron preferencia por la altura de sustrato rasante (AR), y no se hallaron asociadas a cuerpos de agua.

Para algunas especies de anuros es importante contar con cierto tipo de fisonomía vegetal relacionada con la madurez del bosque (Crump, 1971), por tanto, las características de la vegetación en los sitios de muestreo parecen modificar variables como la diversidad y dominancia de acuerdo con la historia de vida de cada especie hallada.

Posiblemente, las variables de mayor preferencia, ofrecen un medio propicio para la satisfacción de los requerimientos de nicho de las especies reportadas que además minimizan la competencia interespecífica e intraespecífica (García-R *et al.*, 2005).

La preferencia de ciertos sustratos sobre otros, así como la altura de sustrato rasante, contribuye a suministrar el lugar ideal para la reproducción de especies de hábitos

terrestres, porque retienen el agua y mantienen un alto porcentaje de humedad. En cobertura de pajonal y frailejónal, los individuos se hallaron debajo del musgo, o bajo troncos, esto con el fin de evitar la desecación por los fuertes y constantes vientos que golpean lo alto de la montaña, y evitar así la pérdida de humedad por la alta y directa radiación solar.

6. CONCLUSIONES

- El muestreo realizado en esta zona de la región del Macizo Colombiano, tiene un alto valor de importancia por lo que respecta a la información biológica que se obtiene de esta ecoregión, y a la nula información que hay del municipio de la Vega.
- Se registraron 122 individuos de la familia Strabomantidae, pertenecientes a cuatro especies del género *Pristimantis*: *Pristimantis buckleyi*, *Pristimantis myersi*, *Pristimantis obmutescens* y *Pristimantis vicarius*.
- De las cuatro especies registradas, *P. vicarius* y *P. obmutescens* son endémicas para Colombia y *P. myersi* y *P. buckleyi* son especies localizadas en la región andina de Colombia y Ecuador. Estos registros, contribuyen con el conocimiento de la riqueza de la biodiversidad nacional y local, resaltando la necesidad de protección y preservación de nuestras selvas andinas.
- La representatividad del muestreo cercana al 100% indica que se cubrió el encuentro de las especies para la zona que por condiciones ambientales se podían hallar, con una riqueza del área de estudio de cuatro especies.
- El páramo de Bellones-Tres Cerrillos (T2) presentó mayor variedad de estratificación vegetal, razón que favoreció a presentar mayor diversidad que el páramo de Barbillas (T1), así como a una mayor dinámica de diversidad entre estaciones. La E5 ubicada a 3574 m s.n.m. fue la más diversa con un valor de 3 del Número de Hill 1.
- Las agrupaciones de Jaccard y Bray-Curtis, mostraron la conformación de dos grandes grupos en razón de las estaciones altitudinales y sus características de vegetación. El primer grupo, integrado por las estaciones de menor altitud que van desde los 3101 m s.n.m. hasta los 3413 m s.n.m. (E1, E2, E3) con vegetación arbórea y arbustiva, y el segundo grupo, conformado por las E4 y E5 con altitudes desde los 3343 m s.n.m. hasta los 3574 m s.n.m. con arbustos, pajonales y frailejonales.

- El recambio de especies en las estaciones altitudinales de ambos transectos, se evidenció en el registro de especies de anuros de zonas selváticas (*P. buckleyi* y *P. myersi*) en casi todas las estaciones, disminuyendo su abundancia en las estaciones E5 que son las de mayor altitud, mientras que, los anuros de zonas paramunas (*P. vicarius* y *P. obmutescens*) se registraron únicamente en estaciones E4 y E5 con altitudes que van desde los 3343 m s.n.m. hasta los 3574 m s.n.m.
- Las especies raras generaron sesgo en el análisis de microhábitat, puesto que cuantitativamente sus datos no son significativos y prevalece la información de las especies con mayores abundancias.
- Se registró la ampliación de rango altitudinal para *P. myersi* y *P. obmutescens* hasta los 3558 m s.n.m. y para *P. vicarius* hasta los 3537 m s.n.m.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el esfuerzo de muestreo en la zona de estudio, así como en la ecoregión del Macizo Colombiano con el fin de obtener información de esta zona donde no hay datos de estudios bióticos.
- Se recomienda ampliar el registro en época seca y lluviosa para conocer las dinámicas y comparaciones de diversidad de anuros, recambio de especies y microhábitat.
- Se recomienda el uso de trampas de caída pitfall en zonas con menor inclinación de las pendientes a las presentadas en este estudio.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Galvis, A. R. 2022. Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.11.2021 (14 de julio de 2022). Página web accesible en <http://www.batrachia.com>; Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.
- Alcaldía Municipal de La Vega, Cauca. (s.f.). Nuestro Municipio. <http://www.lavega-cauca.gov.co/municipio/nuestro-municipio-775292>
- Angulo A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (Eds). 2006. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N°2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C. 298 pp.
- Ardila-Robayo, M. C., P. M. Ruiz-Carranza, y S. H. Roa-Trujillo. 1993. Una nueva especie de *Hyla* del grupo *larinopygion* (Amphibia: Anura: Hylidae) del sur de la Cordillera Central de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 18: 559–565.
- Ardila-Robayo, M. C., y P. M. Ruiz-Carranza. 1998. Una nueva especie de *Atelopus* A. M. C. Dumeril y Bibron. 1841 (Amphibia: Bufonidae) de la Cordillera Central colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22: 281–285.
- Ardila-Robayo, M. C. y Acosta-Galvis, A. R. 2000. Anfibios. Colombia diversidad biótica III La región de vida paramuna de Colombia. Bogotá D. C. Universidad Nacional de Colombia. pp. 617-628.
- Bernal, M. y J. Lynch. (2008). Review and analysis of altitudinal distribution of the Andean anurans in Colombia. *Zootaxa*. 1826. 1. 10.11646/zootaxa.1826.1.1.
- Buitrago-González, W., H. López-Guzmán y F. Vargas-Salinas. 2016. Anuros en los complejos paramunos Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Herosas, Andes

- centrales de Colombia. *Biota Colombiana*, vol. 17, núm. 2, julio, 2016, pp. 52-76. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" Bogotá, Colombia.
- Cabrera, E., D. M. Vargas, G. Galindo, M. C. García, M. F. Ordoñez, L. K. Vergara, A. M. Pacheco, J. C. Rubiano y P. Giraldo. 2011. Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional escalas gruesa y fina. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá, D.C. 106 pp.
- Cadavid C. Juan G., C. Roman-Valencia y A. F. Gómez T. 2005. Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes Centrales de Colombia. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, n.s. 7(2): 103-118, 2005. Buenos Aires, ISSN 1514-5158.
- Ceballos Ordoñez, M. Fernanda. 2009. Caracterización Ecológica de la Comunidad de Anuros Paramunos de la Reserva Forestal de la Sociedad Civil, Vereda Piedra de León, Sotará, Cauca.
- Chao, A., R. L. Chazdon, R. K. Colwell y T. Shen. 2005. Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. En G. Halftter. J. Soberón. P. Kolef y A. Melic (Eds.), *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. (Vol.4, pp: 85 – 96). Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 30 noviembre 2005.
- Cleff, A. 2013. Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de la alta montaña colombiana. En J. Cortés-Duque y C. Sarmiento (Eds). *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.
- Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, La Vega, Cauca. 2012. Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Julio de 2012.

- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y Universidad del Tolima. 2012. Plan de Manejo de la reserva Forestal Protectora Páramo de Guargua y Laguna Verde y los Distritos de Manejo Integrado Páramo de Guargua y Laguna Verde. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac7d19f0a0a1.pdf>
- Cortés-Duque, J. y Sarmiento, C. (Eds.). 2013. Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.
- Cortez-Fernández C. 2006. Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia*, 41(1): 46-64, Julio de 2006.
- Cortés-Gómez A. M., M. P. Ramírez-Pinilla, H. A. Suárez y E. Tovar. 2008. Edge effects on richness, abundance and diversity of frogs in Andean Forest fragment. *South American Journal of Herpetology* 3: 213-222.
- Crump, M. 1971. Quantitative analysis of the ecological distribution of a tropical herpetofauna. *Occasional Papers of the Museum of Natural History. University of Kansas* (3): 1-62.
- Cuatrecasas A. J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Parte I. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 10 (40): 221-264. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.570>.
- Diazgranados, M. 2013. Aportes a la delimitación de los páramos desde el estudio de los frailejones. En J. Cortés-Duque y C. Sarmiento (Eds). Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.

- Duellman, W. E. 1979. The herpetofauna of the Andes: patterns of distribution, origin, differentiation and present communities. En: Duellman, W.E. (Ed.). The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution and Dispersal. Museum of Natural History the University of Kansas, Monograph 7: 371-460.
- Duellman, W. E. y L. Trueb, 1986. Biology of amphibians. McGraw Hill Book Co, New York, 670 pp.
- Duellman, W. E. 1987. Patterns of species diversity in anuran amphibians in the American tropics. Ann. Missouri Bot. Gard. 75: 79-104.
- Duellman, W. y R. Thomas. 1996. Anuran amphibians from a tropical dry forest in southeastern Peru and comparisons of the anurans among sites in the upper Amazon Basin. Occasional Papers of the Museum of Natural History. University of Kansas (180): 1-34
- Escalante, E.T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Elementos: ciencia y cultura 52: 53–56.
- García-R, J. C., H. Castro-H. y H. Cárdenas-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 27(2):299-310. Guía de inventario de la fauna silvestre / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima: MINAM, 2015.
- Graham, G. 1983. Changes in bat species diversity along an elevational gradient up the Peruvian Andes. Journal of Mammalogy 64: 559-571.
- Guerrero-Vargas, J. A., E. R. Coral-Plaza, M. P. Rivas-Pava, A. K. Meneses y S. Ayerbe González. 2007. Catálogo de los Anfibios de la Colección de Referencia del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca. Taller Editorial Universidad del Cauca, Popayán. 36 p.

- Halffter, G., y Moreno, C. 2005. Significado Biológico de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. En G. Halffter, J. Soberón, P. Kolef y A. Melic (Eds.), Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma (Vol. 4, pp 5-18). Sociedad Entomológica Aragonesa. https://www.researchgate.net/publication/284690560_Significado_biologico_de_las_diversidades_alfa_beta_y_gamma
- Henao-Díaz, L. F., S. Arroyo, G. Cárdenas-Posada, M. Fernández, J. P. López, D. C. Martínez, J. S. Mendoza, A. Mondragón-Botero, O. León, K. L. Pulido-Herrera, N. Rodríguez-Cerón y S. Madriñán. 2019. Caracterización biológica en la zona de transición bosque-páramo del Complejo de Páramos Chingaza, Colombia. *Biota Colombiana*, vol. 20, núm. 1, 2019, enero-junio, pp. 132-145. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt". Bogotá, Colombia. DOI: <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a10>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2020. El IDEAM reportó oficialmente al país una reducción del 19,2% de la deforestación durante el año 2019. Ministerio de Medio Ambiente. [http://www.http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/](http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/)
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2): 363-375.
- Jost, L y J. A. González-Oreja. 2012. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica lilloana* 56 (1-2): 3-14, 2012.
- Koleff, P., J. Soberón, H. T. Arita, P. Dávila, O. Flores-Villela, J. Golubov, G. Halffter, A. Lira-Noriega, C. E. Moreno, E. Moreno, M. Munguía, M. Murguía, A. G. Navarro-Sigüenza, O. Téllez, L. Ochoa-Ochoa, A. Townsend Peterson y P. Rodríguez. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 323-364.

- Lynch, J. D. 1980. New species of Eleutherodactylus of Colombia (Amphibia: Leptodactylidae). I: Five new species from the paramos of the Cordillera Central. *Caldasia* 165-188.
- Lynch, J. D. 1987. Origins of the high Andean herpetological fauna. In F. Vuilleumier y M. Monasterio (eds.). *High altitud tropical biogeography*, pp. 478-499. Oxford University Press, Oxford.
- Lynch, J. D. y A. M. Suárez-Mayorga. 2002. Análisis Biogeográfico de los Anfibios Paramunos. *Caldasia* 24 (2): 471-480.
- Marín, C., G., Medina-Rangel, D. Jiménez, M. Sarmiento, O. León, J. Díaz-Triana y J. Paiba. 2015. Protocolos metodológicos para la caracterización de las comunidades bióticas a lo largo del gradiente altitudinal bosque-páramo. En: Sarmiento, C. y O. León (eds.). 2015. *Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 156 págs.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Cumbre del Cauca en el macizo: Conozca el Macizo Colombiano. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4179-cumbre-del-cauca-en-el-macizo-conozca-el-macizo-colombiano>.
- Meneses-Mosquera, A. K., Gómez-Navia, Y. y G. Zambrano-G. 2018. Anurofauna en dos sectores con diferente estado de conservación, en el Parque Nacional Natural Munchique, Cauca. *Revista Novedades Colombianas*, 13(1). Recuperado a partir de <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/novedades/article/view/1192>.
- Montezuma, M.F. y J.J Mueses-Cisneros. 2009. Notes on geographic distribution. Amphibia, Anura, Hylidae, *Hyloscirtus tigrinus*: Distribution extension, first department record, Cauca and Huila, Colombia. *Check List*, 5, 2, 243–245.

- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. 1° edición. Zaragoza.
- Moreno, C., F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1249-1261.
- Mueses-Cisneros, J. J y I. V. Perdomo-Castillo. 2011. *Hyloscirtus tigrinus* Mueses-Cisneros y Anganoy-Criollo, 2008: Una especie amenazada, con comentarios sobre su distribución geográfica e historia natural.
- Navas, C. A. 1999. Biodiversidad de anfibios y reptiles en el páramo: una visión ecofisiológica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23 (Suplemento especial), 265-474. ISSN 0370-3908.
- Navas, C. A. 2002. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. En *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. Volume 133, Issue 3, Pages 469-485. ISSN 1095-6433. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(02\)00207-6](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(02)00207-6).
- Ospina-Sarria, J. J., y W. E. Duellman. 2019. Two new Species of *Pristimantis* (Amphibia: Anura: Strabomantidae) from southwestern Colombia. *Herpetologica* 75: 85–95.
- Pisso Flórez, G. A., Silva Velasco, M. L., Maya, A. M., Vanegas, J. y González-Durán G. 2018. Lista preliminar de los anfibios del Parque Nacional Natural Munchique y áreas de influencia, departamento del Cauca–Colombia. *Revista Novedades Colombianas*, 13(1):49-76.
- Rangel-Ch, J. O. 2000. La región paramuna y franja aledaña en Colombia. Págs. 1-23 en: J. O. Rangel-Ch. (ed.). *La región de vida paramuna. Colombia Diversidad Biótica III*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales.

- Rivero, J. A., y H. Granados-Díaz. 1990. Nuevos *Colostethus* (Amphibia, Dendrobatidae) del Departamento de Cauca, Colombia. *Caribbean Journal of Science* 25: 148–152.
- Rivero, J. A., y H. Granados-Díaz. 1993. Nueva especie de *Atelopus* (Amphibia: Bufonidae) del Departamento del Cauca, Colombia. *Caribbean Journal of Science* 29: 12–17.
- Ron, S. 2008. Anfibios de Parque Nacional Yasuní, Amazonía Ecuatoriana. Museo Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. En <http://www.tropicalfrogs.net/yasuni/>
- Rueda Almonacid, J.V., J. D. Lynch y A. Amézquita. 2004. Libro rojo de anfibios de Colombia. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, D. C. Colombia. 384 p.
- Rueda, J., J. Rodríguez, E. La Marca, S. Lotters, T. Kahn y A. Angulo. 2005. Ranas Arlequines. Conservación internacional. Serie Libretas de Campo. Bogotá: Panamericana formas e impresos. p. 43-46.
- Rueda, J., F. Castro y C. Cortez. 2006. Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios: una compilación. En: A. Angulo, J. Rueda-Almohacid, J. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (ed.). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservation Internacional. Serie Manuales de Campo n.º 2. Bogotá, Colombia: Panamericana, Formas e Impresos.
- Ruíz-C., P. M. y M. C. Ardila-R. 1994. Fauna Amphibia del Departamento del Cauca. *Novedades Colombianas*. (No. 6): 46-68.

- Ruiz-Carranza, P.M., M.C. Ardila-Robayo y J. D. Lynch. 1996. Lista actualizada de la fauna Amphibia de Colombia Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 20(77):365-415.
- Sarmiento, C., C. Cadena, M. Sarmiento, J. Zapata y O. León. 2013. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: Actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.
- Smith M. T y R. L. Smith. 2007. Ecología. Pearson Education (Ed). 6 Edición. 776 p.
- Valencia, M.P. y F.J. López. 2005. Nuevo reporte de *Atelopus eusebianus* (Anura: Bufonidae) para el Municipio de Puracé, Departamento del Cauca, Colombia. *Novedades Colombianas* 8(1): 71-74.
- Varela-Jaramillo, A. y N. Páez-Rosales. 2018. *Pristimantis myersi* En: Ron, S. R., Merino-Viteri, A. Ortiz, D. A. (Eds). Anfibios del Ecuador. Version 2021.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Pristimantis%20myersi>, acceso viernes, 26 de noviembre de 2021.
- Vargas-S, F y F. Castro-H. 1999. Distribución y Preferencias de microhábitat en anuros (Amphibia) en bosque maduro y áreas perturbadas en Anchicayá, Pacífico Colombiano.
- Vargas-Salinas, F. y A. Aponte-Gutierrez. 2016. Diversidad y recambio de especies de anfibios y reptiles entre coberturas vegetales en una localidad del Valle del Magdalena medio, departamento de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana* 17 (2): 117-137. DOI: 10. 21068/c2016.v17n02a09.
- Velasco-Linares P y O. Vargas. 2008. Problemática de los Bosques Altoandinos. En: Vargas O, editor. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino

(El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2008. p. 41-56.

Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. 2006. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. Revista Manual Métodos Para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. pp. 185-226.

Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. Ecology. 58: 1007-1019.