

In situ

Parques Nacionales Naturales de Colombia



PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA

■ Densidad y estructura poblacional del lagarto collarito *Stenocercus lache* (Squamata: Tropiduridae) en el Parque Nacional Natural El Cocuy: aportes a su historia natural

■ Análisis de cambio de coberturas antrópicas en los Parques Nacionales Naturales de Colombia entre 2019 y 2022 a escala 1:25.000

■ Análisis del comportamiento preventivo y reactivo ante los riesgos que enfrentan los prestadores de servicios ecoturísticos del Parque Nacional Natural Chingaza



PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA

In  situ

In Situ

Volumen 8 · Número 1
www.parquesnacionales.gov.co/

Publicado por

Parques Nacionales Naturales de Colombia

Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas

Grupo de Comunicaciones

Calle 74 # 11-81

Bogotá, Colombia

Director General Parques Nacionales Naturales de Colombia

Luisz Olmedo Martínez Zamora

Subdirectora de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas

Marta Cecilia Díaz Leguizamón

Grupo de Comunicaciones y Educación Ambiental

Juan Carlos Cuervo León

Adriana Vásquez Cerón

Editor

Denisse Castro Roa M.Sc.

Profesional de investigación y monitoreo. Grupo de Planeación y Manejo. Subdirección de Gestión y Manejo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Comité Editorial

Betsy Viviana Rodríguez Cabeza M.Sc.

Profesional de investigación y monitoreo. Grupo de Planeación y Manejo. Subdirección de Gestión y Manejo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Gustavo Adolfo Pizzo Flórez

Profesional de investigación y monitoreo. Parque Nacional Natural Puracé. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Irene Aconcha Abril M.Sc.

Profesional de investigación y monitoreo. Dirección Territorial Andes Nororientales. Parques Nacionales Naturales de Colombia

Johanna Romero Murcia M.Sc.

Profesional de Viveros. Grupo de Planeación y Manejo. Subdirección de Gestión y Manejo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Néstor Espejo M.Sc.

Profesional de integridad ecológica. Subdirección de Gestión y Manejo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Viviana Urrea M.Sc.

Profesional de recurso hídrico. Grupo de Planeación y Manejo. Subdirección de Gestión y Manejo. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Comité Científico

Carol Franco Aguilera M.Sc.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)

Jairo Alberto Ruiz López M.Sc.

Universidad Nacional de Colombia

Jorge Alberto Zúñiga Baos

Investigador herpetólogo. Refocosta.

Miguel Moreno Palacios M.Sc., Ph.D. (c)

Presidente - Asociación Colombiana de Ornitología
Laboratorio de Biología Evolutiva de Vertebrados -
Universidad de Los Andes

Diseño y diagramación

Diego Rueda Ferreira

Foto de portada

Lagarto collarero (*Stenocercus lache*). Parque Nacional Natural El Cocuy. Fotografía: Carolina Gómez Pérez.

Ejemplo citación de artículos

González Carvajal, J. M., Valenzuela, L. & Hoyos Giraldo, W. (2024). Fototrampeo en el Santuario de Plantas Medicinales Orito Ingi Ande y su zona de influencia. *In Situ*, 8(1), 142-154.

Correo electrónico

investigacion.central@parquesnacionales.gov.co

ISSN: 3028-6433

In Situ es una revista de divulgación y promoción del conocimiento generado a partir del desarrollo de las actividades del manejo de áreas protegidas del Sistema Parques Nacionales Naturales de Colombia, con énfasis en Investigación y Monitoreo. Los manuscritos son el resultado de un trabajo realizado por los equipos de las áreas protegidas en alianza con diferentes actores estratégicos de carácter público y privado; a partir de avances en los procesos de las diferentes líneas temáticas que desde la entidad propenden por el manejo y gestión de las áreas protegidas en aras de buscar el cumplimiento a su misión institucional.

Fortalecer la investigación y el conocimiento: hacia una conexión más profunda con nuestras áreas protegidas

La octava edición de nuestra revista refleja el compromiso de Parques Nacionales Naturales de Colombia con el fomento a la investigación y la protección de la biodiversidad en nuestras áreas protegidas. Esta edición pone en evidencia cómo el trabajo científico y el monitoreo constante contribuyen al conocimiento de nuestros ecosistemas y a la toma de decisiones para su manejo y conservación, lo cual cobra especial importancia en un contexto donde los desafíos ambientales son cada vez más complejos, por lo cual el rigor y la continuidad de estos procesos son fundamentales.

Los artículos presentados en esta edición abarcan una diversidad de temas que nos permiten comprender mejor los ecosistemas presentes en nuestras áreas protegidas y sus dinámicas. Se profundiza en aspectos clave como la regulación hídrica o la biodiversidad en ecosistemas como el bosque húmedo andino del Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos, y se evidencia la relevancia de métodos avanzados como el fototrampeo y la batimetría en el monitoreo ambiental, entre otros aspectos del conocimiento.

La revista es una muestra de la inquietud investigativa de nuestros guardaparques y de su papel fundamental para garantizar que los programas de monitoreo y las investigaciones se puedan llevar a cabo de manera exitosa. Gracias a su conocimiento local y su vínculo con los ecosistemas, estos guardaparques hacen posible que la ciencia avance en nuestras áreas protegidas. Así mismo, esta es una oportunidad para expresar el interés de Parques Nacionales Naturales en ampliar la participación y el acceso a la investigación convocando a científicos, comunidades, estudiantes y ciudadanos a participar en la generación de conocimiento, de forma que se amplíen las contribuciones al entendimiento de la biodiversidad, las dinámicas y las culturas de los territorios en los cuales se encuentran nuestras áreas protegidas, para aportar a su conservación, y se resalte su función en la expresión y el equilibrio de la vida.

Marta Cecilia Díaz Leguizamón
Subdirectora de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas

Contenido



6

Análisis de cambio de coberturas antrópicas en los Parques Nacionales Naturales de Colombia entre 2019 y 2022 a escala 1:25.000



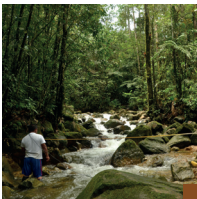
22

Densidad y estructura poblacional del lagarto collar *Stenocercus lache* (Squamata: tropiduridae) en el Parque Nacional Natural El Cocuy: aportes a su historia natural



36

Análisis del comportamiento preventivo y reactivo ante los riesgos que enfrentan los prestadores de servicios ecoturísticos del Parque Nacional Natural Chingaza



52

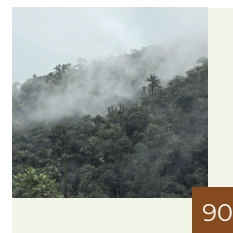
Avance en el monitoreo del recurso hídrico de seis fuentes hídricas del Parque Nacional Natural El Cocuy a través de la medición de caudal



70

Estimación del valor económico de la regulación hídrica de la subcuenca quebrada El Tirque en el Parque Nacional Natural Pisba

Estado del conocimiento de la biodiversidad del bosque húmedo andino del Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos y su área de influencia: logros y avances en la implementación del portafolio de investigaciones



Evaluación de la exactitud temática del monitoreo de coberturas antrópicas en el periodo 2021 (escala 1:25.000), para 53 parques nacionales naturales continentales de Colombia a partir de sensores remotos

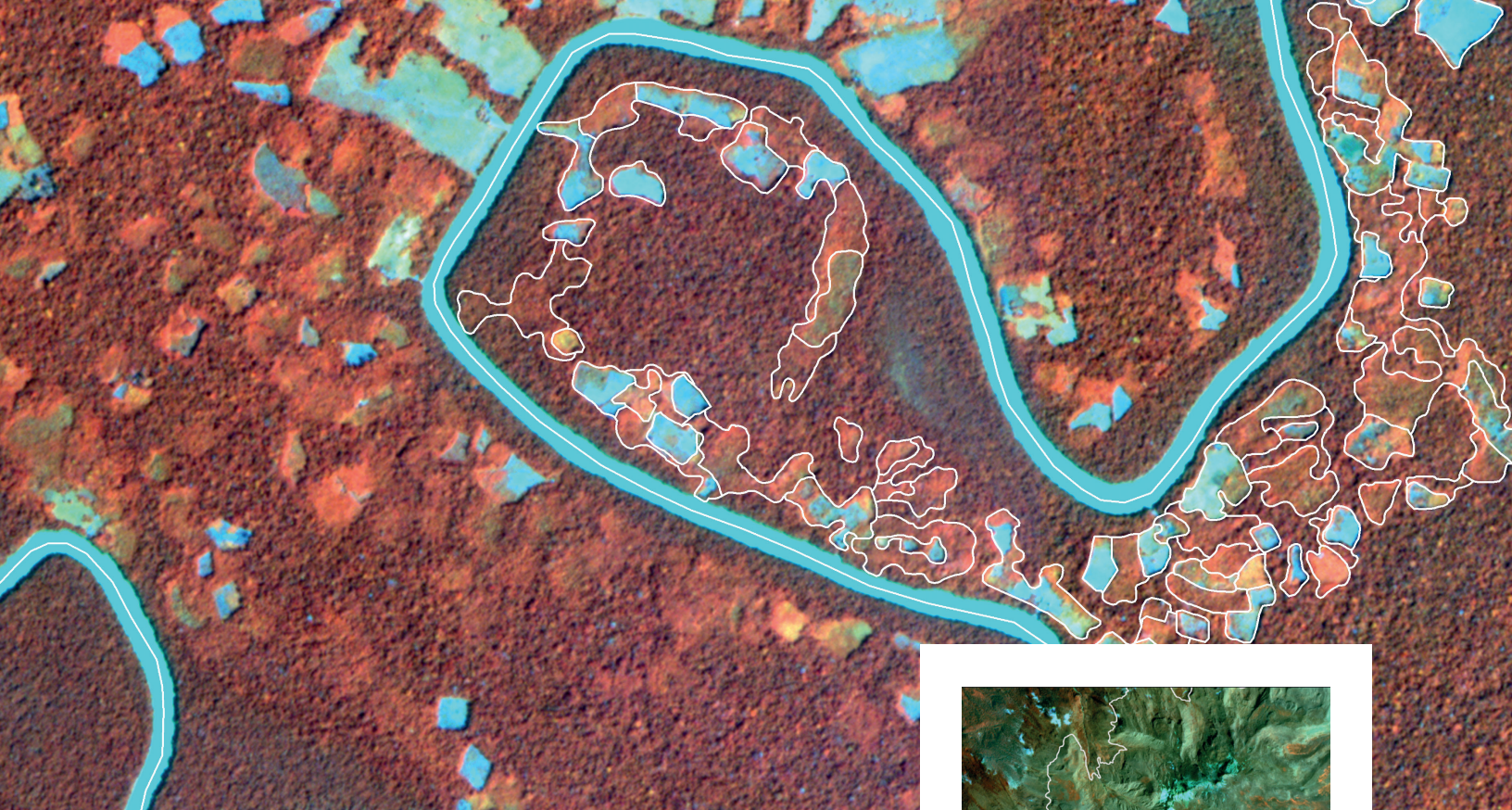


Fototrampeo en el Santuario de Plantas Medicinales Orito Ingi Ande y su zona de influencia



La batimetría como herramienta de monitoreo ambiental para la laguna de La Magdalena en el Parque Nacional Natural Puracé





Análisis de cambio de coberturas antrópicas en los Parques Nacionales Naturales de Colombia entre 2019 y 2022 a escala 1:25.000



Luisa Corredor Gil

Ingeniera forestal, líder y control de calidad en monitoreo de coberturas de la tierra, Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

luisa.corredor@parquesnacionales.gov.co

Alba Liliana Gualdrón Díaz

Ingeniera forestal, control de calidad, consolidación de información de apoyo y verificación en campo, Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

sensores.remotos@parquesnacionales.gov.co

Ana María Hernández

Ingeniera forestal, administradora plataforma de imágenes, Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

imagenes.satelitales@parquesnacionales.gov.co

Camila Ramírez

Ingeniera forestal, control de calidad, Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

monitoreo.coberturas@parquesnacionales.gov.co

Iván Posada

Ingeniero forestal, intérprete, Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

monitoreo.coberturas@parquesnacionales.gov.co

Henry Castellanos

Ingeniero forestal, intérprete, Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

monitoreo.coberturas@parquesnacionales.gov.co

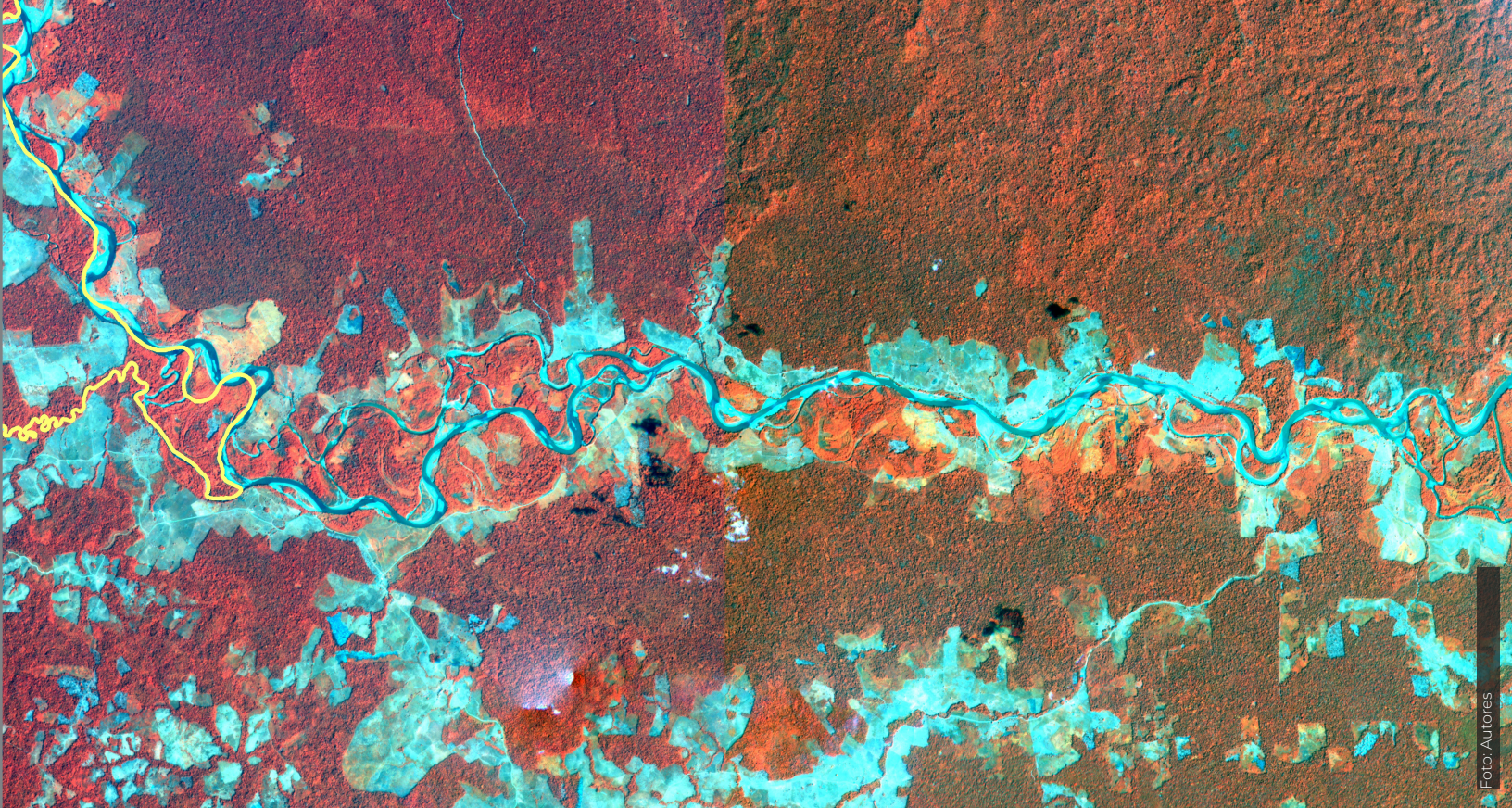


Foto: Autores

Analysis of changes in anthropogenic land cover in Colombia's National Natural Parks between 2019 and 2022 at a 1:25,000 scale

RESUMEN

El monitoreo satelital de las coberturas antrópicas en Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNNC) a escala 1:25.000, inició su línea base en el año 2019 y se han realizado tres lecturas anuales, 2020, 2021 y 2022, a partir de la interpretación de imágenes satelitales Planet Scope para 52 parques continentales que hacen parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (SPNN). Este artículo presenta los resultados del análisis de cambio de las coberturas entre los años 2019 y 2022. De acuerdo con la escala de análisis, se pudo calcular un estado estable de 14.105.919 ha, correspondientes al 97,1% del área de los parques continentales que conforman el Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), una presión estable en

277.583 ha (1,9 %), una recuperación de 28.487 ha (0,2 %) y una transformación de 107.269 ha (0,7 %). Entre los principales tipos de cambio observados, se encontraron la dinámica agrícola en vegetación secundaria con el 29 %, las quemas con el 28 % y la praderización con el 25 % de la transformación para todo el SPNN. Los parques con mayor área transformada en el SPNN son el Parque Nacional Natural (PNN) Tinigua con el 20,3 % (21.790 ha), PNN El Tuparro con el 17,5 % (18.783 ha) y PNN Sierra de la Macarena con el 12,4 % (13.309 ha).

Palabras clave: Parques Nacionales, monitoreo, cambio, coberturas antrópicas, transformación .

ABSTRACT

Satellite monitoring of anthropogenic cover in National Parks at a scale of 1:25.000 began its baseline in 2019, with three annual readings conducted in 2020, 2021, and 2022. These readings were based on the interpretation of PlanetScope satellite images for 52 continental parks that are part of the National Natural Parks System of Colombia (SPNN). This paper presents the results of the analysis of cover changes from 2019 to 2022. According to the scale of analysis, a stable state was calculated at 14.105.919 ha, corresponding to 97,1 % of the area of the continental parks that make up the SPNN; a stable pressure at 277.583 ha (1,9 %); a recovery of 28.487 ha (0,2 %); and a transformation of 107.269 ha (0,7 %). Among the main types of transformation changes observed were agricultural dynamics in secondary vegetation with 29 %, burns with 28 %, and grassland expansion with 25 % of the transformation for the entire SPNN. The parks with the largest transformed areas in the SPNN are: PNN Tinigua with 20,3 % (21.790 ha); PNN El Tuparro with 17,5 % (18.783 ha); and PNN Sierra de la Macarena with 12,4 % (13.309 ha).

Key words: Parques Nacionales Naturales (National Natural Parks of Colombia), monitoring, change, anthropogenic coverages, transformation.

Introducción

En los últimos años, las herramientas tecnológicas que permiten la captura de información de la tierra a partir de imágenes satelitales, también llamados *sensores remotos*, se han convertido en una herramienta importante para el análisis y monitoreo de los recursos naturales y su uso ha venido en aumento en la última década. En Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNNC), desde el año 2008 se utilizan imágenes satelitales en el monitoreo de coberturas de la tierra y se vienen usando sensores remotos para otras temáticas como precisión de límites, procesos sancionatorios, identificación de infraestructura y temas de uso, ocupación y tenencia. El uso de sensores permite a PNNC mejorar y ampliar la obtención de datos de sus áreas protegidas, lo que facilita recoger información de lugares donde se dificultan los recorridos de campo y mejorar la gobernabilidad en las mismas (Latorre-Parra, et al., 2022).

En este contexto, la Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas (SGM) de PNNC

realiza desde el año 2019 el monitoreo anual de coberturas antrópicas a escala 1:25.000, cuyo objetivo principal es mantener una base de información sistematizada, oportuna y veraz de sus coberturas, así como de las condiciones de “naturalidad” de sus valores objetos de conservación a nivel de cobertura, contando a la fecha con cuatro temporalidades de análisis que datan de 2019, 2020, 2021 y 2022. Esto ha permitido precisar la toma de decisiones en temáticas de mapa de presiones, uso, ocupación y tenencia, proyectos de restauración, programación de recorridos de control y vigilancia, entre otras líneas estratégicas de manejo de la entidad.

Con la información del primer y último año analizados, se presentan en este artículo los resultados del análisis de cambios de las coberturas antrópicas observadas en cada uno de los parques nacionales naturales (PNN) continentales de Colombia a escala 1:25.000.

Métodos

El área geográfica que es objeto del monitoreo está compuesta por 52 áreas protegidas de las 65 áreas que son administradas por PNNC, sobre las cuales se revisa la totalidad de coberturas, se agrupan las coberturas naturales (bosques, lagunas, herbazales, arbustales, etc.) en una sola unidad y se discriminan las coberturas antrópicas (seminaturales, como la vegetación secundaria y transformada, que abarca todas aquellas alteradas por el hombre como los pastos o los cultivos) presentes dentro de las mismas áreas. Los límites utilizados en la delimitación son los definidos en la precisión de límites vigente para 2022 versión 1, excepto para el Área Natural Única (ANU) Los Estoraques, donde se usaron los límites 2022 versión 3 en la zona de ampliación (PNNC, 2022).

A partir de las imágenes Planet Scope adquiridas por PNNC entre los años 2019 y 2022, se interpretaron visualmente los cambios en las coberturas modificadas o alteradas por el ser humano siguiendo la metodología CORINE Land Cover (CLC), construida por Bossard (2000), adaptada a Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales et al. (IDEAM, 2008) y adoptada en el sistema de gestión de calidad de PNNC mediante la “Metodología para el monitoreo de coberturas de la tierra en Parques Nacionales Naturales”, con especificaciones para la escala 1:25.000. Como reglas temáticas en la reinterpretación, se trabajó un área mínima de cambio de 0,2 ha, respetando la unidad mínima general de 1 ha en la delimitación de todas las unidades

de cobertura, con excepción de los territorios artificializados en los que se trabajó la unidad mínima de 0,3 ha (Bossard, 2000). Así mismo, se separaron las coberturas antrópicas lineales como vías y canales con un ancho igual o mayor de 12,5 metros (0,5 mm a la escala).

Para la delineación de las unidades de coberturas antrópicas, se utilizan como apoyo cinco fuentes de información: 1. Interpretación de la capa de coberturas antrópicas construida para el año inmediatamente anterior, siguiendo la metodología de reinterpretación, en la que se conservan las líneas de las coberturas que no presentaron cambio entre los dos años analizados, para evitar registrar cambios inexistentes por imprecisión del trazado; 2. Imágenes de alta resolución consultadas en las plataformas Bing, Google Earth y ArcGis; 3. La capa geográfica de monitoreo de cultivos ilícitos de SIMCI-UNODC, para el periodo más reciente disponible (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC] y Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos [SIMCI], 2020); 4. Los puntos de los recorridos de control y vigilancia recogidos por la plataforma SICO Smart y 5. Los puntos enviados por las áreas protegidas como verificación de mapas de coberturas de años anteriores. La interpretación inicial surte un proceso de control de calidad temática y topológica donde se revisan el 100% de las unidades interpretadas para garantizar la coherencia, la exactitud temática y la conformidad topológica (PNNC, 2021).

Adicionalmente, la interpretación preliminar de las áreas de estudio es validada de forma

continua por los equipos técnicos de las áreas protegidas a nivel local, quienes verifican las coberturas con el conocimiento de campo y mediante recorridos dentro de las áreas protegidas, enviando sus observaciones al Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación de la SGM de PNNC para realizar los ajustes pertinentes. Con las observaciones ajustadas, se genera el mapa final de coberturas antrópicas y se calculan los resultados para el periodo de análisis.

Para los mapas de coberturas antrópicas finales de los dos años (2019-2022), se realizó un diagnóstico y de acuerdo a la condición de naturalidad se clasificaron las coberturas en tres tipos: 1. *Coberturas naturales*: todas aquellas coberturas que no presentan una intervención antrópica aparente a escala 1:25.000; 2. *Coberturas seminaturales*: aquellas coberturas que presentan una intervención humana incipiente o que están en un estado de recuperación natural intermedio, como son la vegetación secundaria y los bosques fragmentados; 3. *Coberturas transformadas*: aquellas coberturas de origen antrópico, alteradas por las actividades humanas, donde se encuentran principalmente territorios artificializados, territorios agrícolas, plantación forestal, tierras erosionadas, canales, cuerpos de agua artificiales y estanques para acuicultura marina. Las áreas fueron calculadas en el sistema de referencia Magna-Sirgas, origen único nacional (PNNC, 2021). En este sentido, el análisis de cambio a escala 1:25.000 se enmarca en los cuatro indicadores de cambio: *estado estable*, *presión estable*, *recuperación* y *transformación* (Tabla 1).

Tabla 1
Indicadores generales de cambio.

Indicador	Municipio/Vereda	Longitud (W)
Estado	Estado	Estado estable
Presión	Presión	Presión estable
Presión	Estado	Recuperación
Estado	Presión	Transformación

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, a partir de las coberturas identificadas en el tercer nivel de la leyenda CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:25.000, se calculan indicadores de cambio detallados para caracterizar cada uno de los indicadores de cambio generales presentados respectivamente en la tabla 1, a fin de profundizar en la lectura del análisis.

Los indicadores de cambio detallados caracterizan los cambios de unidades de coberturas definidas dentro de la leyenda; para tal efecto se utiliza la matriz comparativa que identifica los tipos de cambios de las coberturas de la tierra entre los dos periodos de tiempo (PNNC, 2021). En la tabla 2 se definen indicadores detallados.

Tabla 2

Indicadores de cambio detallado.

NA	Sin información
Áreas con presencia de nubes en alguno de los dos periodos.	
NA	Sin cambio
Áreas donde se presenta la misma cobertura de la tierra en los dos periodos de tiempo, por lo cual no se presenta cambio.	
Estado estable	
1	Fragmentación del bosque
Áreas que presentan coberturas de bosque no alterado en el primer periodo de tiempo y que se presentan como bosques fragmentados en el segundo. Este indicador muestra las primeras etapas de intervención antrópica que sufren los bosques dado que la unidad de bosque fragmentado es la agrupación de pequeñas intervenciones aisladas en una matriz de bosque. Esta alteración del bosque no se observa como una transformación debido a que la unidad de <i>bosque fragmentado</i> continúa siendo bosque en un 70 %.	
2	Alteración de la estructura del bosque
Son áreas que se presentan como bosque en el primer periodo de tiempo y para el segundo periodo se observan como vegetación secundaria o en transición. Frecuentemente, pueden corresponder a la presencia de presiones como leñateo o tala selectiva, que no necesariamente implican una tala rasa de la masa boscosa.	
3	Regeneración a bosque
Contempla las áreas que vienen de algún tipo de cobertura seminatural y en el segundo periodo de tiempo se observan coberturas de bosques naturales.	
Presión estable	
4	Intensificación de la cobertura agropecuaria
Cuantifica todas aquellas áreas de mosaicos de coberturas que presentaban espacios naturales en el mapa del primer periodo y que pasaron a otro tipo de mosaico sin espacios naturales o algún tipo de pasto o cultivo puro. A partir de este indicador puede observarse cuando el uso agrícola se hace más intenso, lo que significa una mayor presión sobre los recursos de agua y suelo.	
5	Desintensificación de la cobertura agropecuaria
Cuantifica las áreas que en el mapa del primer periodo presentaban algún tipo de cultivo o pasto puro y que para el segundo periodo cambiaron a algún tipo de mosaico con presencia de espacios naturales. Frecuentemente este indicador muestra las zonas que en el primer periodo tenían una presión intensa sobre el suelo y han sido abandonadas ocasionando que se recuperen parcialmente las coberturas naturales, así sea en etapas sucesionales.	
Recuperación	
6	Regeneración a vegetación secundaria
Aquellas que en el primer periodo presentaban algún tipo de cultivo o pasto puro y en el segundo periodo cambiaron a vegetación secundaria o en transición. Este indicador muestra las zonas que se están recuperando de una presión agrícola y se encuentran en etapas de sucesión, por efectos de un proceso de restauración pasiva, activa o por simple abandono del territorio.	

7	Recuperación de arbustales
Contempla las áreas que vienen de algún tipo de cobertura antrópica y en el segundo periodo de tiempo se observan arbustales naturales como estado clímax de la vegetación.	
8	Recuperación de bosques
Contempla las áreas que vienen de algún tipo de cobertura transformada y en el segundo periodo de tiempo se observan coberturas de bosques naturales.	
9	Recuperación de herbazales
Contempla las áreas que vienen de algún tipo de cobertura antrópica y en el segundo periodo de tiempo se observan coberturas de herbazales naturales.	
Transformación	
10	Dinámica agrícola en vegetación secundaria
Se observa cuando en el primer periodo se presenta vegetación secundaria o en transición y en el segundo periodo cambió a unidades agrícolas como cultivos o pastos. Este indicador muestra las zonas que presentaban una recuperación temporal de la cobertura natural intervenida nuevamente; este fenómeno frecuentemente hace parte de la dinámica antrópica de alteración de coberturas por actividades agrícolas en PNNC.	
11	Minería
Dada la importancia del tema minero, este indicador busca identificar la transformación de coberturas naturales por presencia de minería en las áreas protegidas.	
12	Expansión de la agricultura
Con este indicador se pretende identificar todas aquellas áreas que en segundo periodo se observan en coberturas de cultivos puros, o la mezcla de cultivos y pastos sin involucrar espacios naturales provenientes de coberturas como bosques, herbazales o arbustales.	
13	Actividad agrícola mixta
Con este indicador se pretende identificar todas aquellas áreas que en segundo periodo se observan con coberturas agrícolas mixtas que involucran espacios naturales (pastos, cultivos y espacios naturales) provenientes de coberturas puras como bosques, herbazales o arbustales.	
14	Quemas
Mide el área de cualquier tipo de coberturas naturales del primer periodo de tiempo que se encuentran quemadas en el segundo. Aunque este indicador puede mostrar dinámicas de coberturas naturales, frecuentemente está asociado a un patrón de intervención antrópica en los Parques Nacionales. Su análisis debe tener en cuenta la época climática de la toma de imágenes que se usaron en el proceso de interpretación.	
15	Praderización
Corresponde a todas aquellas áreas que tenían una cobertura natural en el primer periodo de análisis y para el segundo se observa una cobertura de pastos limpios, enmalezados o arbolados. Este tipo de cambio frecuentemente está asociado a la actividad ganadera.	
16	Erosión de coberturas naturales
Se presenta cuando cualquier cobertura natural se observa como tierras desnudas o degradadas en el segundo periodo de análisis. Puede ser un indicador de erosión.	
17	Urbanización
Se incluyen las áreas de territorios artificializados presentes en el segundo periodo, provenientes de coberturas naturales en el primer periodo, separando las zonas mineras que son contempladas en el indicador de minería. A partir de este indicador, se cuantifican los tejidos urbanos, industriales y vías que pueden estar presionando las áreas del SPNN.	
18	Otros cambios
Este indicador recoge los cambios que no son considerados en el análisis multitemporal. Estos incluyen tanto los cambios no lógicos que se presentaron como aquellos que, aun siendo lógicos, no se consideraron relevantes para analizar.	

Fuente: Elaboración propia

Para efectos del presente análisis de cambios y debido a que la interpretación de las coberturas a escala 1:25.000 se está adelantando sobre las coberturas transformadas y seminaturales,

agrupando en una sola unidad todas las naturales, los indicadores: 7. Recuperación de arbustales, 8. Recuperación de herbazales y 9. Recuperación de bosques, fueron agrupados

en un indicador temporal denominado *recuperación de coberturas naturales*. En la medida en que se complete la delimitación de las

coberturas naturales, este indicador podrá ser discriminado en cada tipo de cobertura natural alterada o recuperada (PNN, 2021).

Resultados y discusión

Se observa que en el periodo analizado (2019-2022), el 97,15 % de las coberturas permanecieron en estado estable, además, en su interior, el 99,73 % no tuvo cambio en las coberturas naturales y seminaturales, sin embargo, hubo alteración de la estructura del bosque en 9.774,14

ha y fragmentación del bosque en 7.645,38 ha dentro del sistema. En menor proporción se reportan 2.287,10 ha de bosques que fueron regenerados al pasar de bosques fragmentados o vegetación secundaria a bosques densos. (Tabla 3).

Tabla 3

Indicadores de cambio detallados.

Indicadores de cambio general	No.	Indicador de cambio detallado	Área (ha)	%
Estado estable	0	Sin cambio	14.067.898,18	99,73
	1	Fragmentación del bosque	7.645,38	0,05
	2	Alteración de la estructura del bosque	9.774,14	0,07
	3	Regeneración a bosque	2.287,10	0,02
	18	Otros cambios	18.314,25	0,13
Total estado estable			14.105.919,05	100,00
Presión estable	0	Sin cambio	157.103,79	56,60
	4	Intensificación de la cobertura agropecuaria	4.769,41	1,72
	5	Desintensificación de la cobertura agropecuaria	32.692,14	11,78
	18	Otros cambios	83.017,95	29,91
Total presión estable			277.583,30	100,00
Recuperación	6	Regeneración a vegetación secundaria	20.136,38	70,69
	8	Ganancia de bosques	1.994,20	7,00
	18	Otros cambios	0,53	0,00
	19	Ganancia de coberturas naturales	6.355,80	22,31
Total recuperación			28.486,92	100,00
Transformación	10	Dinámica agrícola en vegetación secundaria	31.271,73	29,15
	11	Minería	0,19	0,00
	12	Actividad agrícola	7.330,53	6,83
	13	Actividad agrícola mixta	10.350,28	9,65
	14	Quemas	29.731,49	27,72
	15	Praderización	26.769,48	24,96
	16	Erosión en coberturas naturales	1.735,45	1,62
	17	Urbanización	80,05	0,07
Total transformación			107.269,18	100,00

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la presión estable, que corresponde al 1,91 % del sistema, se pudo caracterizar un 56,60 % de coberturas sin cambio, seguido de un 11,78 % (32.692,14 ha) del área en donde se desintensificó la cobertura agropecuaria, y en tercer lugar se observan 4.769,41 ha, que corresponden al 1,72 % del área del sistema, en la que se intensificaron sus coberturas agropecuarias. Por último, se observan 83.017,95 ha, que corresponden al 29,91 % de la presión estable, clasificadas como *otros cambios*, donde se agrupan todos aquellos cambios de uso que suceden dentro de las actividades agropecuarias que hacen parte de la dinámica de cambio entre pastos y cultivos.

La recuperación estuvo presente en 28.486,92 ha, correspondientes al 0,20 % del área analizada, representada principalmente en la regeneración a vegetación secundaria en 20.136,38 ha (70,69 %). Así mismo, se observó una ganancia

de coberturas naturales de 6.355,8 ha (22,31 %) y una ganancia de bosques en 1.994,20 ha, correspondiente al 7 % de la recuperación.

Finalmente, la transformación sumó 107.269,18 ha, lo que corresponde al 0,74 % del área del SPNN. Esta se observa caracterizada en 8 indicadores detallados de cambio, donde tres indicadores concentraron el 82 % de área transformada: la dinámica agrícola en vegetación secundaria con el 29,15 %, las quemas con el 27,72 % y la praderización con el 24,96 %.

Así mismo, con el fin de conocer en detalle, para cada una de las áreas protegidas, los tipos de cambio que se surtieron en la transformación de coberturas naturales y seminaturales sucedidas entre estos años, en la Tabla 4 se presentan las estadísticas en área y porcentaje de área de los indicadores que dan razón de este proceso:

Tabla 4

Indicadores detallados de transformación en cada uno de los PNN.

Parque	10. Dinámica agrícola en vegetación secundaria	%	11. Minería	%	12. Actividad agrícola	%	13. Actividad agrícola mixta	%	14. Quemas	%	15. Praderización	%	16. Erosión en coberturas naturales	%	17. Urbanización	%	TOTAL TRANSFORMACIÓN
Alto Fragua	250	71			10	3	71	20	1	0,3	16	5	7	2			354
Amacayacu	76	41			30	16	73	39					6	3	0,4	0,2	185
Cahuinarí	176	93			6	3	7	4									188
Catatumbo Barí	1.994	62			162	5	863	27	2	0,1	200	6					3.221
Chingaza	9	26					2	5			6	17	17	51	0,2	1	34
Ciénaga Grande	139	26					39	7	6	1	148	28	204	38			535
CV Doña Juana	3	3					1	1			0,3	0,3	92	95			96
Cord. de los Picachos	448	31			45	3	1	0,1	210	14	752	51	7	0,5			1.463
Cueva de los Guácharos	1	17					4	48					3	34			8
El Cocuy	327	21			3	0,2	488	32	26	2	262	17	432	28			1.537
El Corchal	50	51					5	5			2	2	41	42			98
El Tuparro	27	0,1			12	0,1	43	0,2	18.476	98	225	1					18.783
Farallones	615	61			72	7	84	8	18	2	211	21	11	1	4	0,4	1.016

Parque	10. Dinámica agrícola en vegetación secundaria	%	11. Minería	%	12. Actividad agrícola	%	13. Actividad agrícola mixta	%	14. Quemas	%	15. Praderización	%	16. Erosión en coberturas naturales	%	17. Urbanización	%	TOTAL TRANSFORMACIÓN
Galeras	18	53					3	8			13	40					34
Guanentá	6	100															6
Iguaque	6	42			0,2	1	5	37			3	20					13
Isla de Salamanca	64	14					151	33	8	2	58	13	174	38	2	0,4	457
La Paya	2.461	47			832	16	416	8	71	1	1.512	29	0,1	0,0			5.292
Las Hermosas	83	78					6	6	3	3	15	14					107
Las Orquídeas	467	46					26	3			524	51	6	1			1.023
Los Colorados	24	100															24
Los Estoraques	0,3	7					3	71			1	22					5
Los Flamencos							4	35	2	15	5	40	1	9			11
Los Katíos	96	40			4	2	33	14			108	45			0,4	0,1	241
Los Nevados	8	21					3	8			28	71					40
Macuira	53	13			14	3	218	52			79	19	51	12			416
Munchique	413	50			143	17	54	7	2	0,3	197	24	17	2			827
Nevado del Huila	26	28					2	3			64	68	1	2			94
Nukak	1.325	49			416	15	251	9	32	1	685	25					2.708
Otún															0,1	100	0,1
Paramillo	7.791	61			718	6	2.858	23	31	0,2	1.229	10	61	0,5	0,0	0,0	12.688
Pisba	409	49					279	33			141	17	6	1			835
PM Orito Ingi Ande	2	53									2	47					3
Puinawai	893	57	0,2	0,0	65	4	378	24	28	2	188	12	17	1	10	1	1.579
Puracé	5	11									13	27	31	62	0,2	0,4	50
Río Puré	8	8					23	24					56	58	10	10	96
Sanquianga	37	14			12	5	55	20	41	15	123	45			3	1	272
Selva de Florencia	108	83					15	12			1	1	5	4			130
Serranía de Chiribiquete	378	9			536	12	549	13	244	6	2.573	59			46	1	4.326
Serranía de Churumbelos	43	24			23	13	59	33			11	6	45	25			181
Serranía de Yarguies	199	64					7	2	2	1	102	33	3	1			313
Sierra de la Macarena	3.454	26			2.977	22	91	1	2.963	22	3.769	28	54	0,4	0,2	0,0	13.309
Sierra Nevada	5.325	54			169	2	2.631	26	464	5	1.353	14	6	0,1	0,2	0,0	9.949
Sumapaz	56	9			2	0,3	199	30	106	16	45	7	248	38			656
Tamá	182	37			4	1	11	2	10	2	192	39	94	19			495
Tatamá	1	45									1	55					1
Tayrona	41	64			0,1	0,1	18	28			3	5	1	2	0,3	0,5	64

Parque	10. Dinámica agrícola en vegetación secundaria	%	11. Minería	%	12. Actividad agrícola	%	13. Actividad agrícola mixta	%	14. Quemas	%	15. Praderización	%	16. Erosión en coberturas naturales	%	17. Urbanización	%	TOTAL TRANSFORMACIÓN
Tinigua	2.395	11			566	3	13	0,1	6.914	32	11.900	55			0,2	0,0	21.789
Uramba															1	100	1
Utría	427	76			7	1	115	20			9	2	4	1	1	0,2	563
Yaigojé	354	31			504	44	192	17	72	6			31	3			1.153
Total general	31.272	29	0,2	0,0	7.331	7	10.350	10	29.731	28	26.769	25	1.735	2	80	0,1	107.269

Fuente: Elaboración propia

La transformación sucedió en 51 de los 52 parques analizados, siendo Bahía Portete el único parque que no presentó transformación. Al observar la situación de cada área protegida, sobresalen tres categorías de cambio: en primer lugar, se reporta la dinámica agrícola en vegetación secundaria (tipo de cambio 10), presente en 48 áreas protegidas y predominante en 23 de las 52 áreas monitoreadas, cambio producido principalmente por la limpieza de rastrojos bajos y por la transformación de vegetación en proceso de recuperación para instalar pastos o cultivos. Dentro de los parques donde la transformación presentada se debió principalmente a este tipo de cambio, están Los Colorados y Guanentá (100 % de la transformación), Cahuinarí (93 %) y Selva de Florencia (83 %).

Le sigue el tipo de cambio 13, *actividades agrícolas mixtas*, por estar presente en 44 áreas protegidas, que es producido por la aparición de pequeñas áreas de pastos y cultivos entramados en la vegetación natural, configurando mosaicos de diferentes tipos donde antes se conservaban coberturas naturales. Este cambio corresponde al 100 % de las transformaciones observadas en Los Estoraques, al 52 % en Macuira y a menos del 50 % en los demás parques.

El tipo de cambio 15, *praderización*, se encontró en 42 de las 51 áreas protegidas que sufrieron transformación, lo que muestra un reemplazo de las coberturas naturales por pastos principalmente para ganadería en 26.769 hectáreas; esta actividad se observa principalmente en los parques Los Nevados (71 % de sus transformaciones),

Nevado del Huila (68 %), Chiribiquete (59 %), Tinigua y Tatamá (55 %).

El tipo de cambio 16, *erosión en coberturas naturales*, estuvo presente en 32 áreas protegidas, y los mayores porcentajes de transformación están presentes en los parques Doña Juana (95 %), Puracé (62 %), Río Puré (58 %) y Chingaza (51 %).

En cuanto al cambio 12, *actividad agrícola sobre coberturas naturales*, se presentó en 27 áreas protegidas, y se resalta el PNN Yaigojé, que representa el 44 % de cambios. El cambio 14, *quemadas*, presente en 24 áreas protegidas, tuvo una fuerte presencia en el PNN El Tuparro, con el 98 % de sus transformaciones por los habituales incendios de sabanas, seguido del PNN Tinigua con el 32 %, que corresponde a la dinámica de transformación que sucede a la instalación de pastos.

El cambio 17, *urbanización*, se presentó en 18 parques, con el 100 % de la transformación en Uramba por el aumento de tamaño de un tejido urbano discontinuo y en Otún por el aumento de tamaño de una instalación recreativa, construcciones que ya se presentaban en esos parques. Por último, la *minería* (cambio 11), se presentó solo en Puinawai en una superficie equivalente al 0,01 % de su área.

Ahora bien, como síntesis se incluyeron los indicadores de cambio generales para cada parque, ordenados de mayor a menor por área transformada entre 2019 y 2022 (Tabla 5),

donde se aprecia que los mayores porcentajes de transformación están en parques como Tinigua, El Tuparro, Sierra de la Macarena, Paramillo y Sierra Nevada de Santa Marta, los cuales representan el 71 % de la transformación del sistema de PNNC, equivalente a 76.518 ha. En contraste, las áreas protegidas que no presentaron transformación fueron Uramba Bahía Málaga y Río Puré; también se destacan 39 áreas protegidas con valores de estado estable superiores al 90 %.

Por otra parte, se pueden identificar los parques que tuvieron una mayor recuperación, entre los que se encuentran Ciénaga Grande de Santa Marta, Los Colorados, El Corchal, Selva de Florencia y Los Estoraques. Las áreas sin información se deben a zonas que en el año 2019 presentaron cobertura de nubes o áreas protegidas que fueron ampliadas en años posteriores.

Tabla 5

Condición de cambio de coberturas de las áreas protegidas continentales del sistema de PNNC entre 2019 y 2022.

PARQUE	ESTADO ESTABLE	%	PRESIÓN ESTABLE	%	RECUPERACIÓN	%	TRANSFORMACIÓN	%	TOTAL
Tinigua	144.562,8	67,5	46.914,7	21,9	653,2	0,3	21.789,5	10,2	214.104,2
Las Orquídeas	24.024,7	83,4	3.691,8	12,8	54,8	0,2	1.022,9	3,6	28.794,1
El Tuparro	537.146,2	96,4	342,1	0,1	1.078,5	0,2	18.782,9	3,4	557.349,6
El Corchal	3.367,3	87,0	263,5	6,8	140,4	3,6	98,3	2,5	3.869,5
Paramillo	445.256,3	88,2	40.434,2	8,0	6.265,0	1,2	12.688,3	2,5	504.643,7
Sierra Nevada	350.865,6	87,5	34.825,4	8,7	5.214,7	1,3	9.948,6	2,5	400.854,3
Pisba	27.579,6	78,6	6.510,3	18,6	165,6	0,5	835,0	2,4	35.090,5
Los Colorados	716,0	68,8	227,8	21,9	74,0	7,1	23,6	2,3	1.041,3
Sierra de la Macarena	563.209,9	90,9	42.547,0	6,9	337,3	0,1	13.308,9	2,1	619.434,6
Catatumbo Barí	145.944,4	90,8	10.157,5	6,3	1.360,8	0,8	3.220,9	2,0	160.683,6
Ciénaga Grande	21.765,2	80,6	2.679,4	9,9	2.013,2	7,5	535,4	2,0	26.993,3
Munchique	42.512,5	90,2	3.741,2	7,9	57,4	0,1	826,7	1,8	47.137,8
Macuira	21.459,9	89,3	1.642,8	6,8	513,1	2,1	415,5	1,7	24.031,3
Selva de Florencia	8.852,9	88,4	746,6	7,5	285,1	2,8	129,5	1,3	10.014,1
La Paya	423.884,1	96,3	9.712,4	2,2	1.213,9	0,3	5.291,6	1,2	440.102,0
Tamá	48.762,9	95,6	1.727,0	3,4	42,0	0,1	494,6	1,0	51.026,4
Utría	63.084,6	97,7	494,5	0,8	436,8	0,7	562,8	0,9	64.578,8
Isla de Salamanca	53.402,3	94,4	1.647,0	2,9	1.034,1	1,8	457,1	0,8	56.540,5
Serranía de los Yariguíes	56.451,6	95,2	2.496,2	4,2	27,5	0,0	312,8	0,5	59.288,1
Farallones de Cali	187.802,3	95,4	7.896,0	4,0	236,7	0,1	1.015,6	0,5	196.950,6
Cordillera de los Picachos	270.754,9	94,2	15.029,6	5,2	246,1	0,1	1.463,3	0,5	287.493,8
El Cocuy	292.990,5	95,8	8.992,9	2,9	2.279,4	0,7	1.537,0	0,5	305.799,8

PARQUE	ESTADO ESTABLE	%	PRESIÓN ESTABLE	%	RECUPERACIÓN	%	TRANSFORMACIÓN	%	TOTAL
Alto Fragua	74.717,1	98,2	698,1	0,9	324,8	0,4	354,3	0,5	76.094,2
Los Estoraques	593,1	56,3	38,4	3,6	25,4	2,4	4,8	0,5	1.053,4
Galeras	7.591,0	91,8	508,1	6,1	132,2	1,6	33,6	0,4	8.264,9
Tayrona	18.961,5	98,3	224,4	1,2	35,1	0,2	64,0	0,3	19.285,0
Sanquianga	85.689,7	98,6	971,4	1,1	5,7	0,0	271,7	0,3	86.938,5
Nukak	863.988,5	98,8	7.071,7	0,8	1.122,0	0,1	2.708,4	0,3	874.890,6
Los Katíos	77.804,2	99,4	210,2	0,3			240,6	0,3	78.255,0
Sumapaz	215.999,3	97,6	3.997,8	1,8	601,1	0,3	656,5	0,3	221.254,7
Iguaque	6.549,7	95,2	265,2	3,9	49,8	0,7	13,2	0,2	6.877,8
Serranía de los Churumbelos	97.072,6	99,7	141,0	0,1	9,1	0,0	181,5	0,2	97.404,2
Los Flamencos	6.533,4	93,1	447,1	6,4	29,1	0,4	11,2	0,2	7.020,8
Com.V. Doña Juana	65.853,0	99,7	60,4	0,1	8,6	0,0	96,4	0,1	66.018,4
Puinawai	1.091.419,9	99,4	4.147,3	0,4	1.263,3	0,1	1.578,9	0,1	1.098.409,5
Cueva de los Guácharos	7.065,0	98,9	28,0	0,4	41,8	0,6	8,2	0,1	7.142,9
Yaigojé Apaporis	1.051.391,6	99,5	3.960,2	0,4	44,4	0,0	1.153,0	0,1	1.056.549,2
Serranía de Chiribiquete	4.251.613,6	99,8	2.995,3	0,1	870,0	0,0	4.326,4	0,1	4.259.805,3
Las Hermosas	121.931,0	97,7	2.719,0	2,2	71,5	0,1	106,8	0,1	124.828,4
Amacayacu	266.660,7	99,7	634,5	0,2			185,1	0,1	267.480,3
Los Nevados	58.188,6	94,8	3.154,2	5,1	5,8	0,0	39,7	0,1	61.388,2
Nevado del Huila	163.272,2	99,6	566,3	0,3	9,4	0,0	93,9	0,1	163.941,8
Guanentá	10.127,9	98,8	114,9	1,1	0,4	0,0	5,7	0,1	10.248,9
Puracé	91.768,3	99,7	173,0	0,2	25,3	0,0	49,7	0,1	92.016,2
Chingaza	75.748,0	98,0	1.448,3	1,9	44,8	0,1	34,3	0,0	77.275,4
Cahuinarí	558.074,5	99,9	110,8	0,0			188,2	0,0	558.373,5
PM Orito	10.411,0	99,9	10,2	0,1			3,4	0,0	10.424,7
Otún Quimbaya	437,6	96,9	9,9	2,2	3,9	0,9	0,1	0,0	451,5
Río Puré	988.241,7	100,0	28,2	0,0	0,4	0,0	96,2	0,0	988.366,4
Uramba	46.884,3	100,0	2,3	0,0			1,4	0,0	46.888,0
Tatamá	42.884,4	99,6	116,8	0,3	34,0	0,1	1,2	0,0	43.036,4
Bahía Portete	14.048,8	99,9	10,6	0,1					14.059,5
Total general	14.105.919,1	97,1	277.583,3	1,9	28.486,9	0,2	107.269,2	0,7	14.519.865,6

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Se observa un incremento progresivo en el área transformada evaluada a partir del indicador *condición de naturalidad*, contando un área total en cuatro años de 107.269 ha, equivalente a una transformación de 26.817 ha/año. Al revisar los datos obtenidos en los diferentes periodos analizados (2019-2020 con 38.376 ha transformadas, 2020-2021 con 39.444 ha y 2021-2022 con 47.552 ha), puede notarse que la tendencia de transformación antrópica se multiplicó en el último año. Con la cifra de área en recuperación, se observó un valor de 15.754 ha entre 2019 y 2020, 15.850 ha en el periodo 2020-2021 y 14.960 ha entre 2021 y 2022, contabilizando una disminución en 890 ha, para un total acumulado de 28.487 ha recuperadas entre 2019 y 2022, lo que evidencia que la capacidad de recuperación del sistema no se equipara con la velocidad de la transformación.

Los tipos de cambio con mayor porcentaje de área respecto al área total transformada, en todo el SPNN durante este periodo, fueron la dinámica agrícola en vegetación secundaria, las quemas y la praderización, los cuales representan el 82% de los cambios ocurridos en todas las áreas del sistema.

Finalmente, se comparte el tablero de mando realizado en ArcGIS Online donde se presentan los resultados históricos con las respectivas capas de coberturas antrópicas a escala 1:25.000 oficiales a la fecha para su consulta. Allí se podrá revisar geográficamente las coberturas reportadas para cada área protegida, así como las estadísticas anuales de naturalidad y las estadísticas multitemporales a partir de los indicadores de cambio: <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/100f013078ae43b4bdaba09675afdfda>

Agradecimientos

Agradecemos muy especialmente a Parques Nacionales Naturales de Colombia; a su director Luis Olmedo Martínez Zamora; a Edna Carolina Jarro Fajardo, subdirectora de la Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, y a Luz Mila Sotelo, coordinadora del grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, por el apoyo prestado en la realización del presente análisis.

Un reconocimiento muy especial a Juan Pablo Latorre, exfuncionario de Parques, por el decidido y desinteresado apoyo prestado. Finalmente, a cada uno de los jefes, mujeres y hombres de las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales y sus equipos técnicos, a quienes está dedicado este trabajo.

Referencias

- Bossard, M., Feranec, J.B. & Otahel, J. (2000). *Corine Land Cover Technical Guide*. European Environment Agency.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (Cormagdalena). (2008). *Mapa de cobertura de la tierra, cuenca Magdalena-Cauca. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000*.
- Latorre-Parra, J., Gualdrón, L y Corredor- Gil, L. P. (2022). *Veinte años de monitoreo satelital de las coberturas de la tierra en los parques nacionales naturales continentales de Colombia (2000-2019)*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI). (2020). *Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos*.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2021). *Metodología Monitoreo de Coberturas de la Tierra en las Áreas de Parques Nacionales Naturales*. https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wpcontent/uploads/2021/08/amspnn_mt_01_-monitoreo-de-coberturas-de-la-tierra-en-ap-de-pnn_v_5-ajustad27082021.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2022). Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP).
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2022). *Resultados Monitoreo de Coberturas Antrópicas en Parques Nacionales*. <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/servicios-de-informacion/monitoreo-coberturas-de-la-tierra/monitoreo-de-coberturas-antrópicas-a-escala-125000/>.

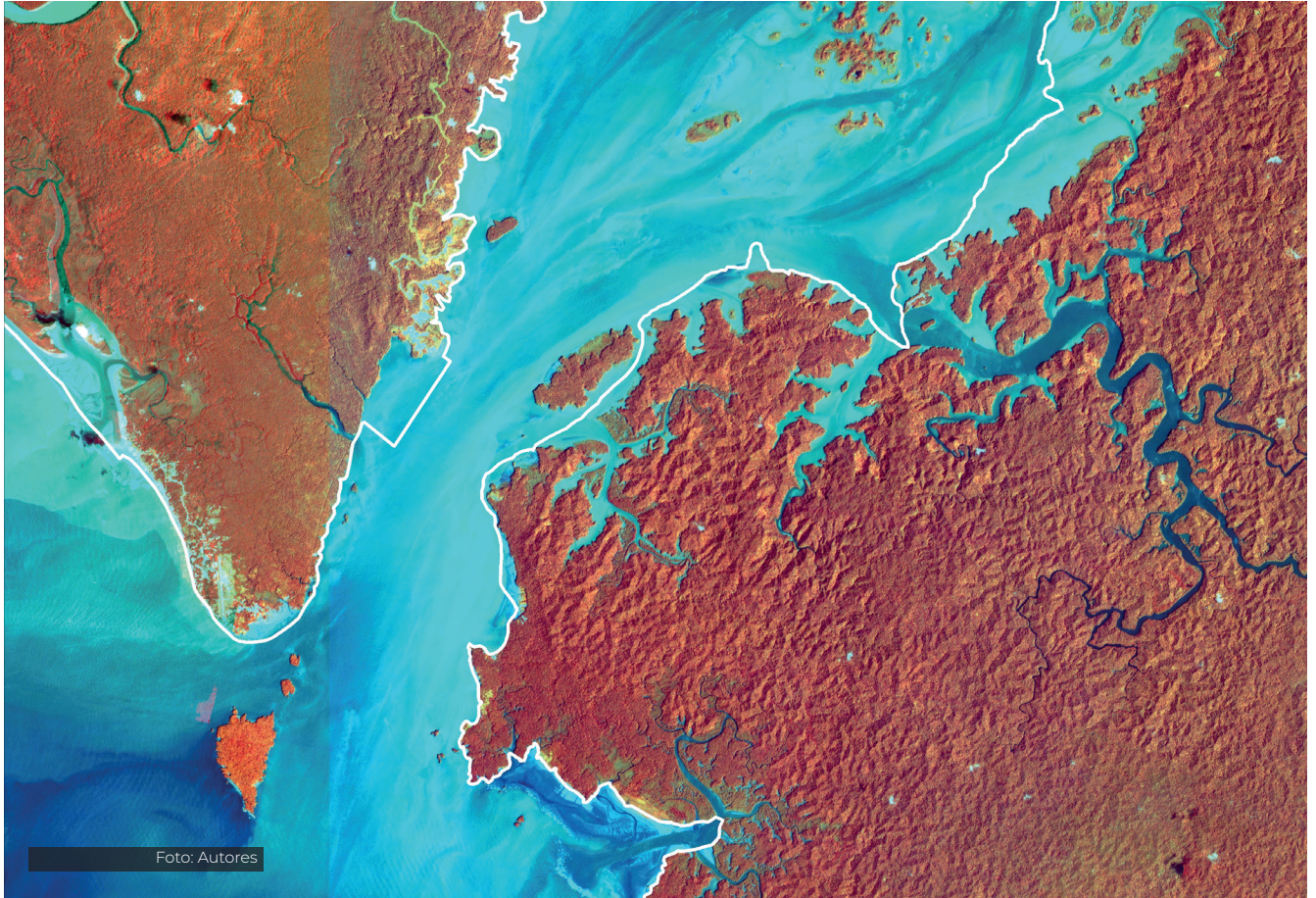


Foto: Autores



Densidad y estructura poblacional del lagarto collarejo *Stenocercus lache* (Squamata: Tropiduridae) en el Parque Nacional Natural El Cocuy: aportes a su historia natural



Paola Hernández Avendaño

Bióloga, magíster en Ciencias Biológicas, profesional de investigación y monitoreo, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Grupo de Investigación, Biodiversidad y Conservación, Museo de Historia Natural Luis Gonzalo Andrade, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. paohervan@gmail.com.

Nicolás Valencia Vera

Estudiante de biología, técnico de monitoreo e investigación, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. nicolas.valencia@uptc.edu.co

Juan José Calderón Camayo

Tecnólogo en control ambiental, tecnólogo de monitoreo e investigación, Parques Nacionales Naturales de Colombia. jj0957926@gmail.com

Simón Alexander Moreno Gutiérrez

Ingeniero ambiental y sanitario, profesional de investigación y monitoreo, Parques Nacionales Naturales de Colombia. profesionalapoyo.cocuy@parquesnacionales.gov.co



Foto: Angie Carolina Gómez Pérez

*Density and population structure of the collared lizard *Stenocercus lache* (Squamata: Tropiduridae) in “El Cocuy” National Natural Park: Contributions to its natural history*

RESUMEN

La especie *Stenocercus lache* es endémica de los Andes nororientales de Colombia, se distribuye entre los departamentos de Boyacá y Santander, donde se encuentra restringida a altitudes entre los 2900-4300 m s. n. m. El objetivo de este trabajo fue evaluar la densidad y estructura poblacional del lagarto collarejo *Stenocercus lache* en el Parque Nacional Natural (PNN) El Cocuy. Para ello se realizaron seis salidas de campo entre 2020 y 2022, a ocho sitios de muestreo, realizando en cada uno un transecto en banda de 1,6 km x 4 m, mediante observaciones por encuentros visuales, registrando un total de 262 individuos. Como resultado, se encontró que la población de *Stenocercus lache* presenta una densidad absoluta

de 4,09 ind/km y una estructura poblacional de 195 adultos (116 hembras y 79 machos), 58 individuos juveniles y nueve huevos, con un patrón de pirámide invertida. También se determinó que la proporción en cuanto a hembras y machos durante los años 2020-2022 fue de 2:1. Estos resultados sugieren que la especie presenta una estrategia de fácil adaptación a diferentes hábitats y presiones antrópicas, lo cual le permite mantener su población en los hábitats donde se distribuye.

Palabras clave: Andes nororientales, conservación, estimación poblacional, historia de vida.

ABSTRACT

The *Stenocercus lache* endemic species of the Northeast Andes of Colombia inhabits the Boyacá and Santander Department and can be found between the 2900-4000 masl. The goal of this work was to assess the density and population structure of the collarejo lizard *Stenocercus lache* in the NNP El Cocuy. We made six field trips between 2020 and 2022, we chose eight sampling sites, made a band transect of 1.6 km x 4 m and used the visual encounters methodology and observation. We registered 262 individuals between 2020-2022. The *Stenocercus lache* population shows an absolute density of 4.09 ind/km, 195 adults (116 females and 79 males), 58 juvenile individuals and nine eggs, showing an inverted pyramid pattern; the proportion of females and males between 2020-2022 was 2:1. These results suggest that the species shows an easy adaptation strategy to different habitats and anthropic pressures, which allows it to keep stability on its population among the habitats that they inhabit.

Key words: Conservation, life history, population estimation, northeastern Andes.

Introducción

Las cordilleras de los Andes colombianos albergan una amplia variedad de hábitats, gracias a los diversos gradientes ambientales que presenta, lo cual ha generado una alta diversificación de especies (Terbogh, 1971). Dentro de los ecosistemas que allí se presentan se encuentran los páramos, que debido a su posición orográfica y ciclos climáticos, cuentan con un alto grado de endemismos en diferentes grupos taxonómicos (Sklenár & Ramsay, 2001). Sin embargo, la disminución en su riqueza de especies relacionada con el aumento de la altitud es un factor a tener en cuenta al realizar estudios poblacionales de las especies de alta montaña, ya que hay patrones diferenciales debido a la severidad del clima (Vuilleumier, 1980).

Las poblaciones de reptiles muestran cambios temporales y espaciales debido a variaciones en factores relacionados con la disponibilidad de recursos y factores ambientales (por ejemplo, temperatura, humedad relativa) (González-Suárez, 2014). Por su parte, los cambios en la composición y estructura de las poblaciones crean filtros ambientales, donde solo especies generalistas se mantienen en el tiempo, pero que se verán reflejadas en cambios en las tasas de natalidad y mortalidad; es decir, que poblaciones grandes pueden recuperarse, pero poblaciones pequeñas tienen altas probabilidades de extinguirse (Chiarello & De Melo, 2001). Los lagartos constituyen un grupo de reptiles clave para entender los patrones, procesos y mecanismos que se dan dentro de ecosistemas de alta montaña, debido a que dependen de su

hábitat en procesos fisiológicos y comportamentales (Smith & Ballinger, 2001).

La familia Tropiduridae se compone de lagartos que habitan en la cordillera de los Andes, caracterizados porque pueden establecer poblaciones saludables en ecosistemas de alta montaña y logran adaptarse fácilmente a zonas de páramo y superpáramo, pero también presentan una alta tolerancia a disturbios antrópicos como áreas afectadas por incendios (Ospina-Ramírez, 2015). Dentro de esta familia, se encuentra la especie *Stenocercus lache* o lagarto collarejo, endémica de los Andes nororientales de Colombia, con distribución en los departamentos de Boyacá y Santander (Torres-Carvajal, 2009) y cuyo rango altitudinal varía entre los 2900 y 3400 m s. n. m. (Corredor, 1983; Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2023). *Stenocercus lache* es una especie poco estudiada y no se tienen estudios suficientes sobre sus poblaciones, aspectos ecológicos e historia de vida.

El Parque Nacional Natural (PNN) El Cocuy, desde su línea de monitoreo e investigación, ha recopilado información sobre aspectos ecológicos y poblacionales de la especie *Stenocercus lache*, ello con el fin de crear una línea base que permita tomar decisiones enfocadas en la protección de la especie. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue evaluar la densidad y estructura poblacional de la especie en diferentes coberturas vegetales dentro del área de parque con el fin de realizar aportes al conocimiento de su ecología.

Métodos

Área de estudio

La investigación se desarrolló en las formaciones vegetales de páramo y superpáramo

(3800-4200 m s. n. m.) en la cordillera Oriental de los Andes colombianos, en los municipios de Güicán de la Sierra y el Cocuy (Boyacá), dentro del área del PNN El Cocuy (Figura 1). El área de

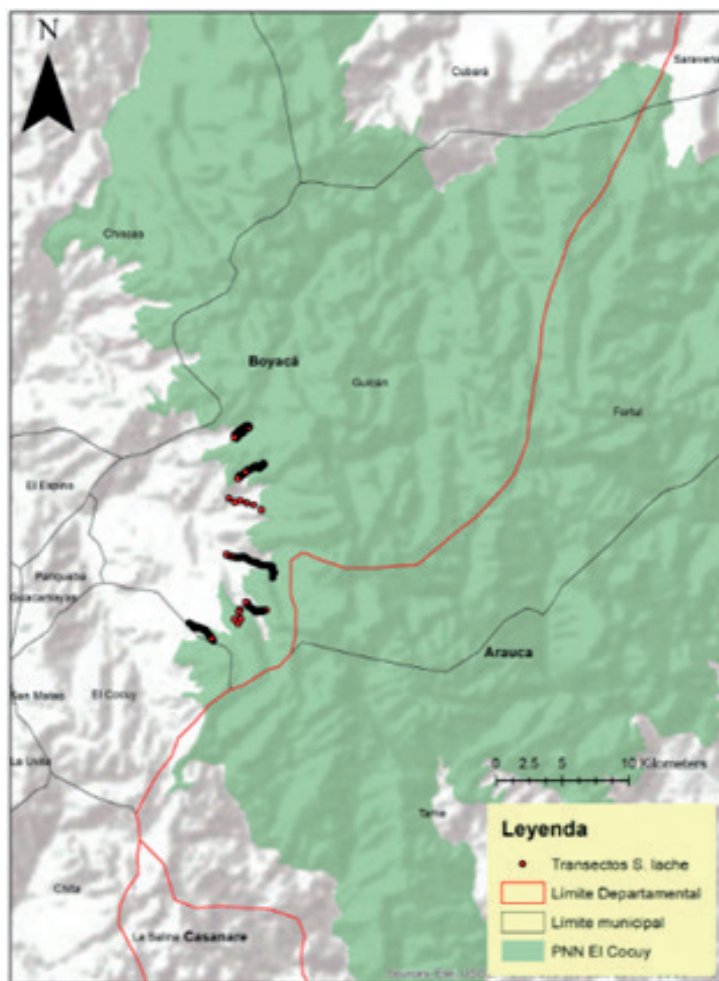
estudio presenta pendientes suaves y abruptas entre los 20 y 50°, con una temperatura anual que varía entre los 6 y 25 °C y un promedio anual de precipitación de 1500-2000 mm, con periodos de lluvia de abril a junio y de septiembre a noviembre (Suárez & Cadena, 2014).

El relieve del área de estudio se caracteriza por ser fuertemente escarpado y quebrado, y de acuerdo con observaciones generales, se presentan coberturas vegetales rodeadas de matrices agropecuarias, en donde la actividad principal es la ganadería, y el grado de intervención puede variar de bajo a medio. En cuanto a las

coberturas naturales dentro del área de estudio, estas presentan heterogeneidad en su configuración espacial, siendo las más representativas las coberturas vegetales de pajonales, pajonales-matorrales y matorrales, donde se concentra una gran diversidad de especies de flora propias de páramo, como arbustos asociados a gramíneas (*Calamagrostis effusa*), diferentes especies de frailejones (por ejemplo, *Espeletia lopezii*), dominantes en las partes más altas, y arbustos de las especies *Loricola colombiana* y *Lycopodium clavatum* (Rangel-Ch, 2000).

Figura 1

*Indicadores de cambio detallado. Área de estudio y ubicación de los transectos del lagarto collarado *Stenocercus lache*, dentro del área del PNN El Cocuy.*



Fuente: Programa de monitoreo del PNN El Cocuy 2021-2025

Especie de estudio

La especie *Stenocercus lache* se encuentra distribuida en los departamentos de Boyacá y Santander (Torres-Carvajal, 2007). Se caracteriza por tener un dorso marrón oliva con manchas verde turquesa en los machos y marrón con una franja dorsolateral gris claro que se extiende desde el rostro hasta la base de la cola en las hembras. La mayoría de los machos presentan en el cuello una banda negra transversal que se extiende dorsalmente sobre la región escapular y está bordeada posteriormente por una franja amarilla, mientras la región ventral en las hembras presenta una coloración amarillo pálido, gris claro, con coloración oscura en la parte gular, región que en los machos

sigue un patrón de coloración verde amarillento pálido (Corredor, 1983). Por último, presenta una longitud rostro-cloaca máxima en machos de 88 mm y 81 mm en hembras (Torres-Carvajal, 2007).

Diseño de la investigación y muestreos

Se escogieron ocho sitios de muestreo (Tabla 1), ubicados en coberturas vegetales de pajonales, pajonales-matorrales y matorrales, cuya selección y caracterización se fundamentó en la presencia de los microhábitats usados por la especie (por ejemplo, rocas, vegetación herbácea).

Tabla 1

Sitios seleccionados para el muestreo de la especie *Stenocercus lache* en el área de estudio.

Cobertura vegetal	Sitio de muestreo	Coordenadas		Altitud (m s. n. m.)
		N	O	
Matorrales	Cardenillo	72°20'56"	06°30'12"	4066
Pajonales	Hoya de Vera 1	72°23'16.4"	06°20'42.09"	4149
	Hoya de Vera 2	72°22'27.7"	06°21'58.9"	4026
	San Pablín	72°20'13.7"	06°27'9"	4080
Pajonales-matorrales	C. Lagunillas	72°20'48"	06°22'37"	4126
	El Conejo	72°20'48"	06°23'13"	3938
	Ritakuwa	72°20'55"	06°28'46"	4034
	Valle de los frailejones	72°19'25.7"	06°24'13.9"	4060

Fuente: Elaboración propia

En cada sitio seleccionado se realizó un transecto en banda de 1,6 km x 4 m, mediante observaciones por encuentros visuales (Scott & Crum, 1994), el cual consiste en la búsqueda activa en los microhábitats empleados por la especie. Cada transecto fue réplica del otro y cada uno de manera individual fue la unidad de muestreo para los análisis y comparaciones. Para el

muestreo, se realizaron seis salidas de campo en los meses de marzo y agosto de 2020 a 2022, por ser la temporada en la que se observa un mayor número de individuos. Además, se realizaron observaciones matutinas (08:00 h y 12:00 h) buscando en cada transecto debajo de rocas, troncos, vegetación herbácea y arbustiva (Murillo & Pacheco, 2009).

Densidad poblacional

La densidad poblacional de la especie *Sternocercus lache* se determinó mediante el método de conteo en cada uno de los transectos seleccionados, luego se construyó una matriz de encuentros para los posteriores análisis. La información fue interpretada según el periodo evaluado, es decir, desde los años 2020-2022, obteniendo así información del patrón de densidad poblacional.

Estructura poblacional

La estructura poblacional se hizo mediante la asignación de dos categorías de edad: 1) *juveniles*, con una longitud rostro-cloaca (LRC) < 81 mm y 2) *adultos*, con una longitud rostro-cloaca ≥ 81 mm (♀ LRC ≥ 81 mm y ♂ LRC ≥ 88 mm), estructura que estuvo determinada también por el dimorfismo que existe en la coloración de la especie. Los machos presentan en el cuello una banda negra transversal y las hembras carecen de este carácter, presentando una coloración amarillo pálido.

Análisis de datos

Densidad poblacional

La densidad poblacional fue calculada en términos de densidad relativa, descrita como el número de lagartos observados dividido por el área de cada transecto ($DR = N.^{\circ}$ de lagartos/área de transecto) y la densidad absoluta, que corresponde al número total de individuos observados dividido por el área total de los transectos muestreados ($DA = N.^{\circ}$ total de lagartos/área total muestreada), modificación de la metodología de González-Zárate et al. (2014).

Estructura poblacional

La estructura poblacional de la especie se evaluó mediante una prueba de χ^2 , teniendo en cuenta el número total de individuos registrados en cada una de las categorías dadas (edad y sexo) y de esta manera se pretendió verificar la posible desviación de la proporción esperada 1:1 (Murillo & Pacheco, 2009). Esto se hizo para los tres años evaluados (2021-2022 de forma separada). De acuerdo con el número de individuos registrados para las categorías dadas, se construye una pirámide poblacional de la especie (Figura 1).

Figura 2

Especie *Stenocercus lache* (macho adulto), presente en el área de estudio PNN El Cocuy.



Foto: Angie Carolina Gómez Pérez

Resultados y discusión

Densidad poblacional

Se registró un total de 289 individuos en el periodo evaluado (Figura 2). La mayor abundancia se evidenció en el 2022 (116 ind., DR: 53 ind./km) y la menor en el 2020 (73 ind., 2,85 ind./km) (Tabla 2). En cuanto a los sitios de muestreo evaluados, se observa que el número de individuos no es constante y que varía considerablemente en las temporalidades de muestreo (Figura 3). Por otro lado, el sendero Ritakuwa (58 individuos) y el sendero Valle de los frailejones (64

individuos), que hacen parte de una cobertura vegetal de pajonales-matorrales, mostraron el mayor número de individuos (Tabla 2 y Figura 3); en contraste, los senderos Hoya de Vera 1 (con 22 individuos) y Hoya de Vera 2 (con 17 individuos), inmersos en una cobertura vegetal de pajonal, evidenciaron un menor número de individuos (Tabla 2 y Figura 3). En cuanto a la densidad absoluta, la población de *Stenocercus lache* presente en el área de estudio fue de 3,41 ind./km (Tabla 2).

Tabla 2

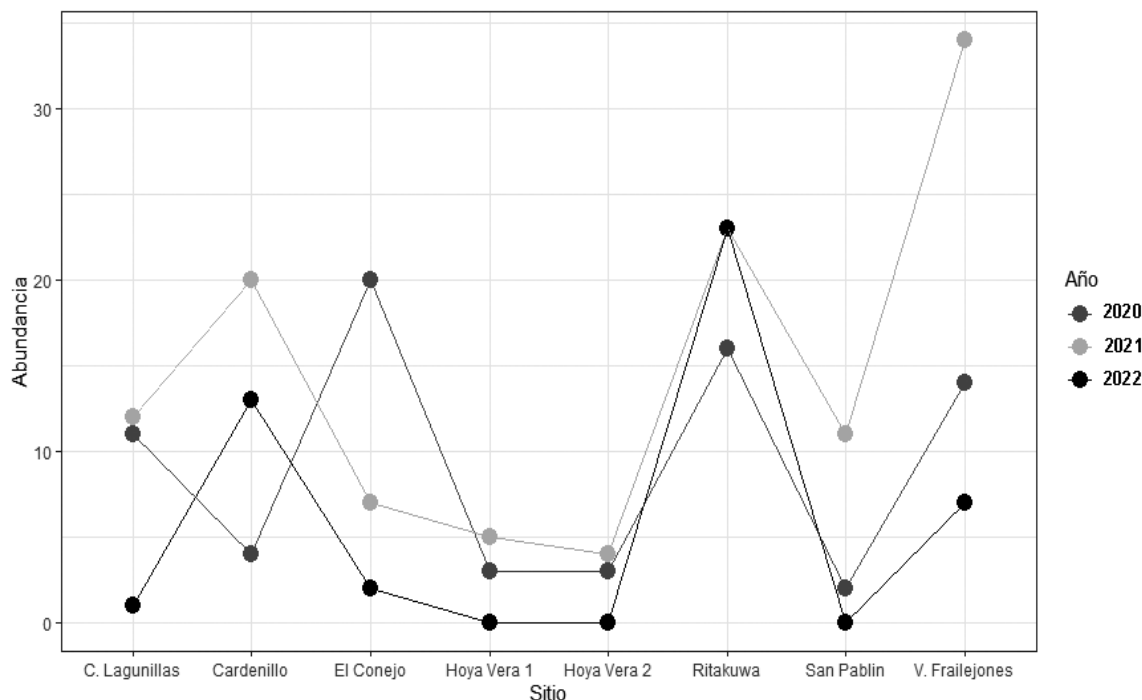
Número de individuos y densidad relativa de la especie *Stenocercus lache* registrados en los sitios de muestreo evaluados.

Cobertura vegetal	Sitio de muestreo	2020		2021		2022		Total
		Ab	DR (ind./km)	Ab	DR (ind./km)	Ab	DR (ind./km)	
Matorrales	Sendero Cardenillo	4	1,25	5	1,56	20	6,25	29
Pajonales	Hoya de Vera 1	3	0,93	14	4,37	5	1,56	22
	Hoya de Vera 2	3	0,93	10	3,12	4	1,25	17
	Sendero San Pablin	2	0,62	12	3,75	11	3,43	25
Pajonales-matorrales	Cuchilla de lagunillas	11	3,43	12	3,75	12	3,75	35
	Sendero del conejo	20	6,25	12	3,75	7	2,18	39
	Sendero Ritakuwa	16	5	19	5,93	23	7,18	58
	Valle de los frailejones	14	4,37	16	5	34	10,62	64
Total, densidad absoluta		73	2,85	100	3,90625	116	4,53	289
Densidad absoluta								3,41

Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Número de individuos de *Sternocercus lache* en cada uno de los sitios durante el periodo de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se observa que el mayor número de individuos se registró en la cobertura vegetal pajonales-matorrales y matorrales, lo cual tendría relación con la presencia de microhábitats de preferencia utilizados por la especie (González & Murrieta, 2008); por esta razón, el aumento en la densidad es proporcional a la disponibilidad de recursos alimenticios (larvas, insectos y lombrices) (Dickman et al., 1999), lo cual les proporciona unas mejores condiciones de desarrollo y crecimiento de la población.

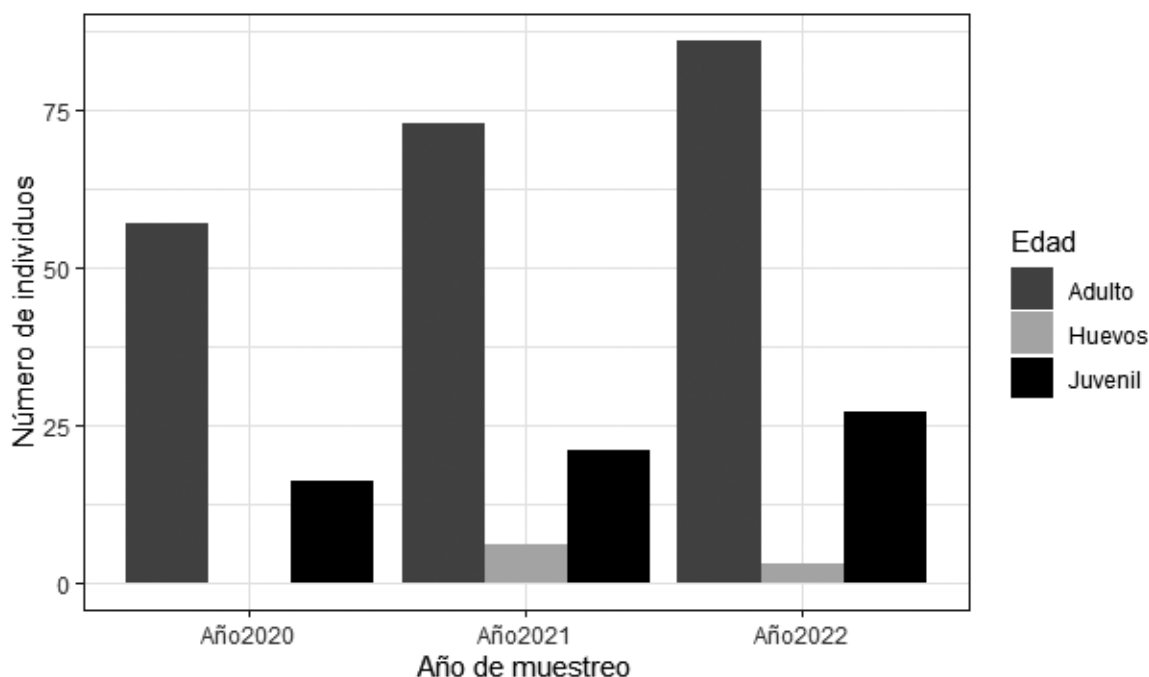
Estructura poblacional

Para los tres años de muestreo, se registraron un total de 216 adultos (120 ♀ y 96 ♂), 64 individuos juveniles y nueve huevos de *Stenocercus lache*. En el año 2022 se registró el mayor número de individuos adultos y juveniles (Figura 4), y el

menor número de individuos adultos y juveniles se registraron en el año 2020 (Figura 4). En términos generales, se observa que la proporción en cuanto a hembras y machos de la población de *Stenocercus lache* evaluada durante el periodo 2020-2022 es 2:1 (Figura 5). En el año 2020, se evidencian diferencias estadísticamente significativas ($X^2 = 23.027$, $p < 0.005$) entre el número de adultos y juveniles registrados, pero se observa un patrón diferente en proporción hembras-machos de 1:1. Para el año 2021, se observan diferencias estadísticamente significativas entre los adultos y juveniles registrados ($X^2 = 11.521$, $p < 0.005$); además, en los adultos se presenta una proporción 2:1, donde predominan más hembras que machos. Por último, en el año 2022 también se registran diferencias estadísticamente significativas ($X^2 = 30.805$, $p < 0.005$), se observa que el patrón en cuanto a la proporción hembras-machos es 2:1.

Figura 4

Número de individuos registrados por categorías de edades de la especie *Stenocercus lache*.



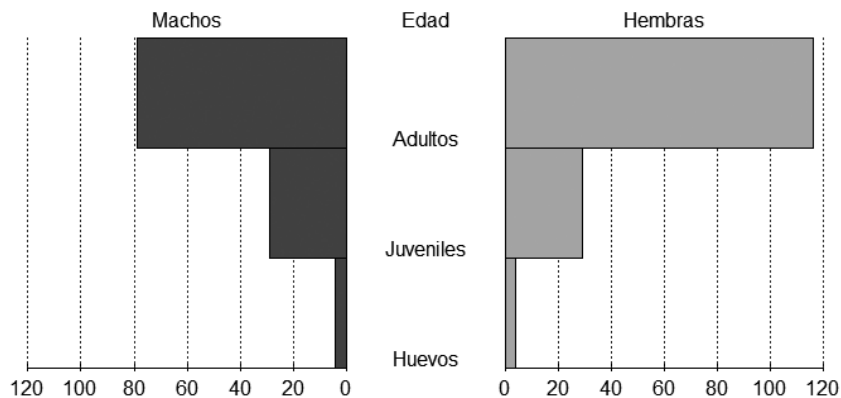
Fuente: Elaboración propia

La estructura poblacional de la especie *Stenocercus lache* para el periodo de tiempo evaluado, mostró un patrón de pirámide invertido (Figura 5). Es decir, el predominio de adultos, seguido de juveniles y por último de huevos. Esto sugiere que la población presenta un rápido crecimiento con un mayor número de adultos, atribuyéndolo a una maduración sexual rápida y reproducción temprana, teniendo así indicios de una estrategia de vida rápida (estrategia r) (Del Giudice, 2014); también este comportamiento puede atribuirse al tiempo de eclosión de la especie, que puede ser entre 150-180 días, similar al de la especie *Stenocercus trachycephalus*, con la presunción de que muchos huevos no

eclosionaron en los periodos evaluados, lo cual disminuye la tasa de detección de individuos juveniles, pero aumenta la detección de individuos adultos (Dunn ER, 1944). Por otro lado, se observaron dos huevos en cada uno de los nidos registrados, en los cuales varios se encontraban en compañía de una hembra adulta, característico de una estrategia de vida lenta (estrategia K). De esta manera, de acuerdo con la hipótesis de Del Giudice (2014), la especie *Stenocercus lache* puede tener una combinación del componente genético y de factores ambientales, lo cual le permite tener una mezcla de las dos estrategias de vida, es decir, rápido-lento (Del Giudice, 2014).

Figura 5

Estructura poblacional de la especie *Stenocercus lache* presente en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

La estrategia de vida antes mencionada para la especie *Stenocercus lache*, es la misma que presentan otras especies de lagartijas andinas como *Anolis heterodermus*, *Anadia bogotensis* y *Riama striata* (Moreno-Arias & Urbina-Cardona, 2012), las cuales se encuentran en hábitats con altas presiones y debido a esto necesitan de un recambio poblacional rápido, acelerando su madurez sexual (Zamora-Abrego et al., 2012). De tal manera que, en su estructura poblacional, se observa el predominio de más hembras que machos, lo cual se relaciona principalmente con mantener una estabilidad en el hábitat donde se distribuyen (Calderón-Espinosa et al., 2018).

Historia de vida

La especie *Stenocercus lache* utiliza principalmente microhábitats arenosos, rocosos y pedregosos, en laderas escarpadas donde predomina la especie *Arcytophyllum nitidum*. También se encuentra asociada al estrato arbustivo-bajo de pajonales, observándose principalmente perchado en individuos de arbustos de la especie *Pentacalia vaccinioides* (Figura 6). Esto le permite resguardarse de los depredadores, como

también le facilita la termorregulación. Así mismo, es común observar la especie en zonas de páramo conservadas y en áreas de alta intervención antrópica o de alto tránsito turístico. Esta especie se caracteriza por ser heliófila y su pico de actividad está relacionado con las horas de mayor radiación solar. Se presume que la especie presenta una inactividad o estivación durante varias semanas bajo la tierra, un comportamiento similar al de la especie *Stenocercus trachycephalus* (Rodríguez-Barbosa, 1938), ya que en temporada seca la probabilidad de observar individuos es baja.

Las hembras de esta especie depositan dos huevos en la tierra mediante la construcción de pequeñas cavernas (Figura 6b), entre julio y septiembre (Corredor, 1983); igualmente, de acuerdo con observaciones hechas en campo, se presume que la especie presenta nidos comunales de dos individuos en cada uno. Esta especie usa como mecanismo de defensa el desprendimiento voluntario de la cola (autonomía) como distractor ante sus depredadores.

Figura 6

A. Microhábitat de la especie *Stenocercus lache* asociado al estrato arbustivo-bajo de pajonales B. Huevos de *Stenocercus lache*.



Conclusiones

Se presume que la especie *Stenocercus lache* es tolerante a cambios del paisaje, permitiéndole mantener su población estable. Por esta razón, la especie se puede considerar generalista, ya que aprovecha todos los recursos disponibles y aporta al ecosistema en el control de poblaciones. Todas las estimaciones puntuales de densidad y estructura poblacional de *Stenocercus lache* registradas en esta investigación, deben considerarse como preliminares y se recomienda replicarlas en otras épocas del año, teniendo en cuenta los tiempos de eclosión y reproducción para de esta manera determinar los procesos,

mecanismos y patrones que sigue la especie en estos ecosistemas de alta montaña.

Es necesario realizar estudios que apoyen el monitoreo de esta especie, lo cual aportará información relevante sobre su dinámica poblacional y permitirá determinar la trayectoria futura de la especie, ya que sus poblaciones podrían estar enfrentándose a factores de tensión como la expansión de la frontera agrícola, las especies invasoras y la deforestación, siendo estas algunas de las amenazas que se observan en el PNN El Cocuy.

Agradecimientos

Al equipo del Parque Nacional Natural El Cocuy, y a los funcionarios y contratistas de las líneas de Ecoturismo, Monitoreo, Prevención, Vigilancia y Control, quienes apoyaron la realización de los transectos de monitoreo y aportaron elementos relevantes sobre la especie desde sus experiencias

diarias. De igual manera, al funcionario Robert Mauricio Corredor, que estableció el punto de partida del estudio, definió la metodología de toma de los datos y lideró las mediciones iniciales en campo.

Referencias

- Calderón-Espinosa, M. L., Ramírez, A. & Jerez, A. (2018). Growth pattern of the tropical highland gymnophthalmid lizard *Anadia bogotensis* in captivity conditions. *Acta Biológica Colombiana*, 23, 307-310.
- Chiarello, A. G. & de Melo, F. R. (2001). Primate population densities and sizes in Atlantic Forest remnants of northern Espírito Santo, Brazil. *International Journal of Primatology*, 22, 379-396.
- Corredor, V. (1983). Una nueva especie de *Stenocercus* (Sauria: Iguanidae) de la cordillera Oriental de Colombia. *Lozania*, 37, 1-10.
- Del Giudice, M. (2014). *Self-regulation in an Evolutionary Perspective. Handb. Biobehav. Approaches to Self-Regulation*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1236-0>
- Dickman, C. R., Mahon, P. S., Masters, P. & Gibson, D. F. (1999). Long-term dynamics of rodent populations in arid Australia: the influence of rainfall. *Wildlife Research*, 26(4), 389-403.
- Dunn, E. R. (1944). Los géneros de anfibios y reptiles de Colombia, tercera parte: reptiles; orden de las serpientes. *Caldasia*, 3(12), 155-224.
- González-Suárez, M. (2014). ¿Es relevante la ecología del comportamiento para entender y predecir la dinámica de las poblaciones?. *Ecosistemas*, 23(3), 93-97.
- González-Romero, A. & Murrieta-Galindo, R. (2008). Anfibios y reptiles. *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación* (pp. 135-147). Instituto de Ecología, Instituto Nacional de Ecología.
- González-Zárate, A., Montenegro, O., Castaño-Mora, O. V. & Vargas-Ramírez, M. (2014). Abundancia, estructura poblacional y conservación de *Podocnemis lewyana* (Podocnemididae) en el río Prado, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 19(3), 351-361.
- Moreno-Arias, R. A., & Urbina-Cardona, J. N. (2013). Population Dynamics of the Andean Lizard *Anolis heterodermus*: Fast-slow Demographic Strategies in Fragmented Scrubland Landscapes. *Biotropica*, 45(2), 253-261.
- Murillo, E. D. L. G. & Pacheco, L. F. (2009). Abundancia y estructura poblacional de la lagartija jararank'o (*Liolaemus signifer*; Liolaemidae-Lacertilia-Reptilia) en zonas con y sin extracción comercial en el Altiplano de Bolivia. *Tropical Conservation Science*, 2(1), 106-115.
- Ospina Ramírez, J. (2015). *El comportamiento de cortejo y agonístico en la familia Squamata: Tropiduridae*.
- Rangel-Ch, J. O. (2000). *La región paramuna y franja alemana en Colombia. Colombia diversidad biótica III: La región de vida paramuna* (pp. 1-23). Universidad Nacional de Colombia, Editorial Unibiblos.
- Rodríguez-Barbosa, C. A., Mendoza-Roldán, J. S. & Sánchez, D. A. G. (2017). *Stenocercus trachycephalus*. *Anfibios y Reptiles*, 67.
- Scott, N. J., Crump, M. L., Zimmerman, B. L., Jaeger, R. G., Inger, R. F., Corn, P. S., ... & Altig, R. (1994). *Standard techniques for inventory and monitoring*.
- Sklenár, P. & Ramsay, P. M. (2001). Diversity of zonal páramo plant communities in Ecuador. *Diversity and Distributions*, 7(3), 113-124.
- Smith, G. R. & Ballinger, R. E. (2001). The ecological consequences of habitat and microhabitat use in lizards: a review. *Contemporary Herpetology*, 1-28.
- Suárez-Sanabria, N. & Cadena, C. D. (2014). Diversidad y estructura de la avifauna del Valle de Lagunillas, Parque Nacional Natural El Cocuy, Colombia: Diversity and structure of the avifauna of the Lagunillas Valley, El Cocuy National Park, Colombia. *Ornitología Colombiana*, (14), 48-61.
- Terborgh, J. (1971). Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology*, 52(1), 23-40.
- Torres-Carvajal, O. (2007). A taxonomic revision of South American *Stenocercus* (Squamata: Iguania) lizards. *Herpetological monographs*, 21(1), 76-178.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2023). <https://www.iucnredlist.org/es>
- Vuilleumier, F. & Simberloff, D. (1980). *Ecology versus history as determinants of patchy and insular distributions in high Andean birds*.
- Zamora-Abrego, J. G., Zúñiga-Vega, J. J. & Ortega-León, A. M. (2012). Ecología del crecimiento de una lagartija del género *Xenosaurus* Peters 1861 (Squamata: Xenosauridae) en la Reserva de la Biósfera, Sierra Gorda, Querétaro, México. *Revista chilena de historia natural*, 85(3), 321-333.



Foto: Angie Carolina Gómez Pérez



Análisis del comportamiento preventivo y reactivo ante los riesgos que enfrentan los prestadores de servicios ecoturísticos del Parque Nacional Natural Chingaza

Betty Rocío Pedraza Suárez

Ingeniera sanitaria y ambiental, magíster en Gestión del Riesgo de Desastres y Gobernanza Climática, profesional especializada-líder PVC/Gestión del Riesgo en PNN Chingaza, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
betty.pedraza@parquesnacionales.gov.co

Claudia Patricia Obando Gallego

Administradora turística, magíster en Gestión del Turismo Sostenible, contratista-líder de Operación Ecoturística en PNN Chingaza, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
clapatoba80@gmail.com

Liliana Quiroga Villada

Administradora ambiental, magíster en Gestión de Áreas Protegidas y Desarrollo Ecorregional, líder Turismo de Naturaleza/Ecoturismo en PNN Chingaza, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
liliquirogavillada@gmail.com

Simón Vallejo Ramírez

Administrador del turismo sostenible, magíster en Planificación y Gestión Sostenible del Turismo. Contratista-líder Ordenamiento Ecoturístico en PNN Chingaza, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
simon.infoparques@gmail.com



Analysis of the preventive and reactive behavior in the face of risks encountered by ecotourism service providers in the “Chingaza” National Natural Park

RESUMEN

Los factores subjetivos o humanos determinan la adecuada y oportuna atención de los accidentes con turistas o eventos por desastres en cualquier área protegida con vocación ecoturística. Con el fin de realizar un diagnóstico y fortalecer los conocimientos para la toma de decisiones en la preparación y respuesta ante este tipo de eventos, se realizó un sondeo con los prestadores de servicios ecoturísticos (PSE) del Parque Nacional Natural (PNN) Chingaza, utilizando una metodología de enfoque cualitativo que permitió identificar el primer sentimiento, reacción y respuesta en el momento de una emergencia o accidente que recordaron haber tenido. Posteriormente se realizó el análisis en el marco del fortalecimiento de la cultura preventiva frente al riesgo y su adecuada administración. A su vez, el

levantamiento de información se realizó en el marco de las capacitaciones realizadas como requisito para la inscripción en el Registro de Prestadores de Servicios Ecoturísticos (REPSE) a través de dos talleres realizados en 2022, en los cuales participaron 70 PSE. Como resultado, se reconoció que la base de la administración de riesgos es el conocimiento de accidentes pasados para evitar que se repitan situaciones similares, el conocimiento de los escenarios ecoturísticos y la dinámica de algunos factores ambientales en territorio.

Palabras clave: cultura preventiva, administración del riesgo, accidentes, emergencias.

ABSTRACT

Subjective or human factor determine the adequate and timely attention to accidents with tourist or events for disasters in any protected area with an ecotourism vocation. In order to carry out a diagnosis and strengthen the knowledge for decision-making in the preparation and response to this type of event, a survey was carried out with the ecotourism service providers (PSE) of the PNN Chingaza, using a qualitative approach methodology. That allowed to identify the first feeling, reaction and response at the time of and emergency or accident that they remembered having had and later the analysis was carried out within the framework of strengthening the preventive culture against risk and its adequate administration. Therefore, the information gathering was carried out within the framework of the training carried out as a requirement for registration in the Registry of Ecotourism Service Providers (REPSE), through workshops held in 2022, in which 70 PSE participated. As a result, it was recognized that the basis of risk management in the knowledge of past accidents, which allows avoiding the repetition of similar situations, the knowledge of ecotourism scenarios and the dynamics of some environmental factors in the territory.

Key words: Preventive culture, risk management, accidents, emergencies.

Introducción

Dado que el Parque Nacional Natural (PNN) Chingaza es una de las 36 áreas con vocación ecoturística del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (SPNNC), abierto al público todo el año, la administración de riesgos de la operación ecoturística se convierte en una actividad de gran importancia para minimizar las pérdidas de los visitantes dentro del área protegida, garantizando la seguridad turística (uno de los componentes evaluados en el índice de competitividad de viajes y turismo medido por el Foro Económico Mundial), entendida esta como la intención del turista de regresar seguro y en las mejores condiciones a su lugar de origen, una vez cumplido su deseo de disfrute y de viaje de placer (Jiménez & Pérez, 2018). Para brindar esta seguridad turística, se requiere implementar medidas de ordenamiento, infraestructura, acuerdos y arreglos de gobernanza que faciliten la experiencia de visita en condiciones de confianza y paz, en niveles administrativos y operativos.

De acuerdo al Foro Económico Mundial, los principales riesgos globales que se han identificado a nivel mundial que podrían afectar el PIB, la población o los recursos naturales, con incidencia en el turismo, son los siguientes: los desastres naturales y eventos climáticos extremos (puesto 2), el fracaso en la mitigación del cambio climático (puesto 4) y la adaptación al cambio climático (puesto 7), entre los principales (World Economic Forum, 2023). A nivel de América Latina, se han identificado veinte riesgos para el sector turístico: 1) virus (por ejemplo, el coronavirus en 2021), plagas animales o vegetales; 2) clima extremo; 3) desastres naturales y medioambientales; 4) armas de destrucción masiva; 5) polarización y conflictos políticos; 6) recesión de una economía; 7) migración involuntaria; 8) desempleo; 9) inestabilidad social (protestas, motines, insurrección); 10) crisis fiscales; 11) ataques terroristas; 12) fallas de la gobernanza nacional; 13) insuficiencia energética o de otras infraestructuras; 14) reducción de número de vuelos

o incremento del costo; 15) plataformas de servicios turísticos ilícitas; 16) cobros excesivos a servicios turísticos formales e informales; 17) secuestro, toma de rehenes u homicidios (seguridad ciudadana); 18) sabotajes sobre activos críticos hoteleros (agua, energía y alimentación); 19) robo de elementos personales y 20) escándalos, rumores y divulgación de información en redes (González & Acevedo Navas, 2021). En el *Estudio de valoración de riesgos turísticos en los destinos de Colombia*, realizado por Vanegas (2015), se identifican 23 riesgos turísticos clasificados en financieros, físicos, psicológicos y sociales, relacionados con itinerarios y funcionales; se determinó que, a la hora de elegir un destino, las condiciones de seguridad y las características del sitio visitado son los aspectos que inciden en la decisión. No hay investigaciones puntuales de los riesgos del turismo en áreas protegidas, sin embargo, se ha tomado información de los instrumentos de gestión de riesgos implementados en el PNN Chingaza: el Plan de Contingencias de la Operación Ecoturística y el Plan de Emergencias y Contingencias por Desastres Naturales y Socionaturales (PECDNS). En el primer plan, se identificaron las amenazas asociadas a cada diseño de experiencia, categorizadas de acuerdo al estado de la vía, la planta turística, el desacato del protocolo de operación ecoturística, comunicación, condiciones médicas y eventos naturales. Son amenazas afines a todas las experiencias: caídas, deslizamientos, accidentes con fauna, golpes contra objetos, afectaciones a la salud (hipotermia, insolación, agotamiento físico, deshidratación, lesiones musculares, mal de altura, hipoxia), ataque o perturbación de fauna.

La identificación, caracterización y valoración de los diferentes riesgos a que están expuestos los visitantes en los atractivos o escenarios ecoturísticos habilitados en las áreas protegidas, permite formular acciones para su manejo y administración, mitigando el impacto y mejorando la experiencia de visita. Durante la temporada de lluvias, se afectan las condiciones de tránsito

en los senderos de alta montaña y se generan condiciones inseguras en la infraestructura liviana construida en algunos sectores; sin embargo, las adecuaciones para reducir las superficies resbalosas y las acciones preventivas como el uso de calzado antideslizante mitigan el impacto.

En el PECDNS, se identificaron las siguientes amenazas: remoción en masa, inundaciones, heladas, incendios de cobertura vegetal, sismos, vendavales y tormentas eléctricas. Los desastres asociados a fenómenos naturales, en el caso del PNN Chingaza, determinados por las condiciones hidroclimáticas, no se pueden predecir; sin embargo, como aspecto relacionado con el ecoturismo, se ha identificado que la falta de obras de geotecnia en las vías internas del Parque por donde accede el turista puede desencadenar deslizamientos y otros fenómenos de remoción en masa, especialmente en temporada de lluvias. Sumado a esto, se debe considerar que el PNN Chingaza está localizado en zona de riesgo sísmico media y alta.

Para el manejo integral y sistémico de los riesgos en la operación ecoturística, además de los planes mencionados anteriormente, se cuenta con el Registro para Prestadores de Servicios

Asociados al Ecoturismo dentro de las Áreas con Vocación Ecoturística del SPNNC (REPSE), que es una herramienta de información para el control y seguimiento al cumplimiento de los requisitos y obligaciones exigidos para prestar servicios de ecoturismo dentro de las áreas mencionadas, creado mediante la Resolución 401 del 2017, expedida por Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNNC), la cual estipula en el artículo 7 que los prestadores de servicios ecoturísticos (PSE) deben tomar un programa de capacitación en el nivel local, y el certificado de haber recibido esta capacitación constituye uno de los requisitos generales para la inscripción en el Registro.

El Programa de Capacitación REPSE consta de cuatro módulos, entre ellos el módulo denominado “Administración de riesgos”. El desarrollo de este módulo con los PSE del PNN Chingaza en el año 2022, se convirtió en la oportunidad para realizar un diagnóstico e indagar sobre los factores subjetivos o humanos que determinan el tiempo y calidad de respuesta y la adecuada y oportuna atención de los accidentes con turistas o eventos por desastres naturales y siconaturales.

Métodos

Para el desarrollo del módulo 4 (Administración del riesgo), se siguieron las instrucciones sugeridas en el *Manual del REPSE* (para instructores), elaborado por la Organización para la Educación y Protección Ambiental (OPEPA, 2018). Por su parte, la sensibilización se dividió en tres fases distintas para el desarrollo de las siguientes temáticas: 1) teoría de la administración de riesgos, 2) aspectos esenciales para los Planes de Administración de Riesgos y Planes de Emergencias y Contingencias y 3) Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y socialización del PECDNS.

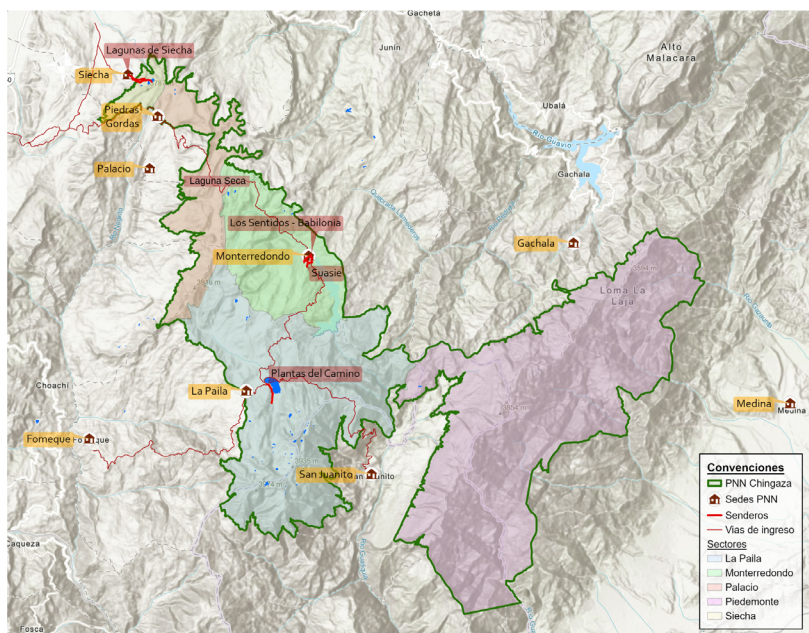
Se utilizaron diferentes metodologías cualitativas que permiten comprender, en cada caso, los comportamientos y las reacciones de las personas, utilizando como técnica la indagación directa (preguntas orientadoras, diálogo para profundizar temas) y la observación participante.

Área de estudio

El PNN Chingaza fue declarado mediante la Resolución No. 065 del 24 de junio de 1968, comprende 76.600 hectáreas con ecosistemas de bosque altoandino y páramo, tiene jurisdicción en once municipios de Cundinamarca (Fómeque, Choachí, Gachalá, Medina, La Calera, Guasca y Junín, entre otros) y cuatro municipios del Meta (Restrepo, San Juanito, Cumaral y El Calvario). Actualmente, tiene habilitados cuatro senderos para la actividad ecoturística: 1) Suasie, 2) Laguna seca, 3) Plantas del Camino y 4) Lagunas de Siecha (Figura 1). A los tres primeros se accede por el municipio de La Calera y al último por el municipio de Guasca.

Figura 1

Mapa del PNN Chingaza y senderos actualmente habilitados para el ecoturismo.



Fuente: Elaboración propia

Muestra

Se realizó la indagación a un grupo de 70 PSE, algunos de ellos que ya vienen prestando sus servicios en la operación ecoturística del PNN Chingaza como agencias de turismo, guías turísticos, intérpretes del patrimonio y otros que desean iniciar a prestar los servicios. En total, el grupo de la muestra intencional estaba conformado por 45% de hombres y 55% de mujeres. En lo referente a las características etarias del grupo, lo constituyen personas entre los 20 y 61 años.

Metodología de análisis

En la primera fase, se realizó la indagación de algunos aspectos del comportamiento o actitud reactiva de los PSE ante los riesgos a que se enfrentan en la operación ecoturística en el PNN Chingaza, que permiten mitigar el impacto de los accidentes y de los desastres.

En la segunda y tercera fase, mediante preguntas conductoras, se indagó sobre el comportamiento preventivo, ya que algunos riesgos

no se pueden eliminar o evitar, identificando elementos clave para instaurar una cultura de prevención.

Recolección de datos

Se utilizaron los siguientes recursos para la recolección de datos:

- Grabación de los talleres.
- Carteleros para registro de conceptos previos.
- Fichas de recolección de información.
- Emojis para descripción de sentimientos, reacciones o acción.
- Notas adhesivas para registrar ideas y precisar opiniones.

Análisis de resultados

En la primera fase, se realizó la indagación de algunos aspectos del comportamiento o actitud reactiva de los PSE ante los riesgos a que

se enfrentan en la operación ecoturística en el PNN Chingaza, que permiten mitigar el impacto de los accidentes y de los desastres, a partir de la teoría de prevención y análisis de accidentes basada en trayectorias dinámicas para prevenir sus causas (Álvarez, 2016), lo que sustenta que existe una trayectoria seguida que conducirá a que se produzcan accidentes. Por tanto, se tiene tiempo para poder actuar sobre ella y también se puede prever y asegurar ese camino colocando barreras.

Resultados y discusión

1. Primera fase. Sensibilización teoría de la administración de riesgos para actividades ecoturísticas.

En esta fase, se rescataron conocimientos previos de los participantes respecto a conceptos como accidente, riesgo, probabilidad, causas y consecuencias de los accidentes, administración de riesgos (Figura 2.), actividad en la cual se aclaró la diferencia de algunos conceptos mediante ejemplos reales que se han presentado en la operación ecoturística, tanto en el PNN Chingaza como en otros escenarios ecoturísticos de la región

Figura 2

Apropiación de conceptos.



Posteriormente, se realizó un sondeo con los PSE para identificar el primer sentimiento y la reacción (respuesta) en el momento de una emergencia o accidente significativo que recordaron haber tenido en los últimos cinco años, esto relacionado con la operación ecoturística o en su defecto, en otros escenarios diferentes. Para este ejercicio, se solicitó a cada uno de los participantes: 1) registrar algunos aspectos del evento

En la segunda y tercera fase, mediante preguntas conductoras, se indagó sobre el comportamiento preventivo, ya que algunos riesgos no se pueden eliminar o evitar, identificando elementos clave para instaurar una cultura de prevención basada en la *teoría de la pirámide de accidentalidad* o pirámide de Frank Bird (Bird, 1966), que indica que tras un accidente fatal subyacen alertas previas.

recordado en una tarjeta: ¿qué tipo de accidente?, ¿dónde ocurrió?, ¿cuándo ocurrió?, ¿cómo ocurrió?; 2) elegir un emoji que describiera el primer sentimiento, basados en los emojis más usados internacionalmente (figuras 3 y 4); 3) elegir un emoji que describiera la primera reacción ante el evento, asignando un valor semántico a cada uno de los emojis; 4) se realizó un ejercicio de reflexión para identificar las causas que determinan la reacción o el comportamiento descrito en los pasos anteriores a través de las siguientes preguntas conductoras: ¿por qué el sentimiento de miedo, preocupación, disgusto, culpa?, ¿cuál es la razón que suscitó este sentimiento?, ¿este sentimiento determina la actuación para atender el accidente?, ¿por qué reaccionó de esa forma?, ¿en otras circunstancias habría reaccionado diferente? y ¿si el accidente fuera hoy, su reacción sería diferente?

Figura 3

Foto definición semántica de emoji.



Figura 4

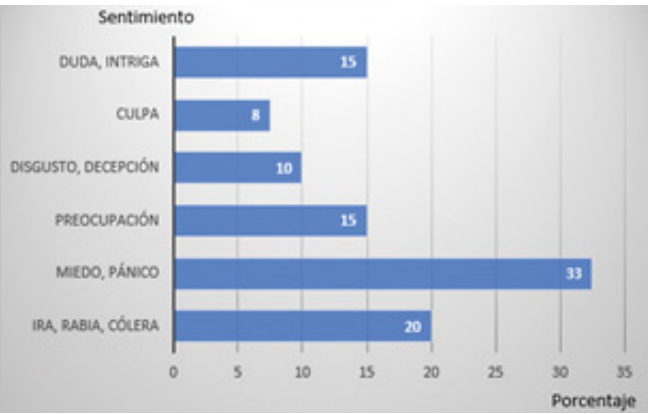
Recolección de los emojis seleccionados.



Respecto al primer sentimiento, la mayoría de los participantes reconocieron sentir miedo o pánico (33%), ira, rabia o cólera (20%) y preocupación e intriga (15% cada una); en menor porcentaje disgusto o decepción (10%) y culpa (8%) (Figura 5), por los motivos relacionados en la Tabla 1, que tienen que ver con la falta de preparación y capacidad para atención de accidentes o emergencias, omisión de protocolos de seguridad y en general, con las acciones o medidas preventivas que no tomaron a cabalidad y que corresponden a las barreras en las trayectorias dinámicas para prevenir las causas de los accidentes.

Figura 5

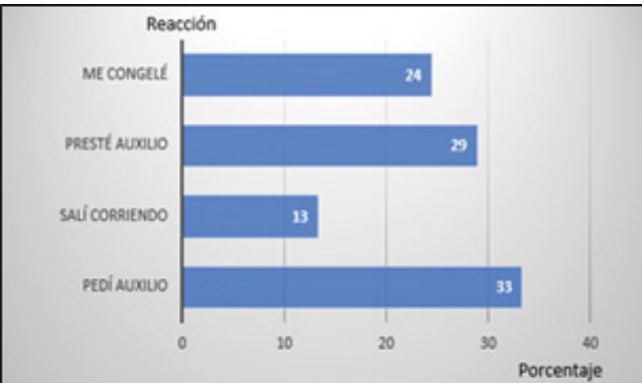
Primer sentimiento reportado por los PSE en un accidente sucedido en los últimos 5 años.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6

Primera reacción reportada por los PSE en un accidente en escenarios ecoturísticos sucedido en los últimos 5 años.



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la primera reacción, se puede mencionar que tres grupos desempeñaron bien su papel como primeros respondientes: el 29% de los participantes prestaron los primeros auxilios, el 33% pidió auxilio luego de evaluar la complejidad de la situación, el 13% salió corriendo a conseguir ayuda por falta de comunicación y solamente el 24% se congeló por motivos asociados a la falta de capacidades para evaluar y atender el evento (Figura 6). Los motivos referidos por los participantes se pueden apreciar en la Tabla 2.

Tabla 1

Valor semántico de los emojis usados e identificación de causas de los sentimientos.

Emoji	Valor semántico	Causas del sentimiento o motivo de la reacción
¿Qué sintió?		Causas del sentimiento
	Ira, rabia, cólera	Falta de previsión para llevar equipo necesario para la atención. Impotencia por la indiferencia de los turistas y la falta de responsabilidad. Rabia por la falta de colaboración y la actitud de los turistas.
	Miedo, pánico	Desconocimiento de los procedimientos de atención. Falta de preparación para atender ese tipo de eventos o accidentes. Conocimiento de la gravedad del accidente.
	Preocupación	Angustia y estrés porque no se cuenta con el equipo suficiente para atender el evento o accidente. Reconocimiento de la gravedad del accidente o evento y necesidad de atención especializada. Conocimiento del tiempo para conseguir recursos para la atención (está lejos la camilla, no hay comunicación cerca). Conocimiento de las dificultades para la evacuación del sitio.
	Disgusto, decepción	Indiferencia de los turistas que no acataron las medidas de seguridad, siendo esta una causa del accidente o evento.
	Culpa	Falta de repetir las medidas de seguridad a los visitantes. Falta de información sobre los puntos de atención más cercana. Impaciencia y falta de control en la actitud frente al grupo de visitantes. Falta de verificación del botiquín y otros aspectos como la comunicación antes de iniciar recorridos.
	Tristeza, depresión	Poca práctica en atención a eventos (guía recién graduada del colegio). Desánimo por presentarse accidentes en las primeras guías o acompañamientos en grupo con algunas pérdidas. Expectativas altas sobre el acompañamiento y atención por la institución de PNNC. Desatención en la inducción y orientación dada por los guías, intérpretes y guardaparques.
	Duda, intriga	Sospecha sobre antecedentes clínicos o psicológicos de las personas no informados. Sospecha sobre consumo de sustancias alcohólicas o psicoactivas que alteraron el estado físico y emocional de las personas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Valor semántico de los emojis usados e identificación del motivo de la reacción.

¿Cómo reaccionó?		Motivos que desencadenaron la reacción
	Pedí auxilio	Por la complejidad de la situación se requiere atención médica especializada y se pide ayuda telefónicamente para atención de la emergencia.
	Salí corriendo	Primer caso: reacción para buscar a otra persona cercana que analice y actúe como primer respondiente, debido a la falta de experiencia y conocimiento en el tema. Segundo caso (sitios sin señal telefónica): reacción para buscar rápidamente la ayuda a fin de realizar evacuación del sitio y atención, una vez se ha dejado el grupo de visitantes bajo control y en dirección de otro guía.
	Realicé atención	En casos de accidentes leves, la primera reacción es prestar los primeros auxilios.
	Me congelé	Situación de pánico por la inexperiencia o indecisión sobre el paso a dar para brindar la mejor atención al accidente. No tiene conocimiento de cómo prestar los primeros auxilios en esa situación en particular, desconocimiento de antecedentes de la persona o visitante afectado en el evento.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizó la descripción de la *teoría dinámica* de los accidentes, basada en la integración de los factores objetivos (no controlables) y subjetivos (controlables) que pueden desencadenar potenciales accidentes, a partir del modelo de conducta ante el peligro, que incluye habilidades, reglas y conocimientos, según los diferentes niveles de procesamiento del comportamiento humano (Hale, 1987).

La mayoría de participantes resaltaron dentro de los factores objetivos o ambientales (no controlables), los relacionados con el clima de páramo, topografía de alta montaña, presencia de animales silvestres, entre ellos los mamíferos y la fauna reconocida en el PNN Chingaza como el venado cola blanca (*Odocoileus goudotii*), el oso andino (*Tremarctos ornatus*) y el venado soche (*Mazama rufina*) entre otros.

Se sugirió reflexionar nuevamente sobre el accidente recordado, cuyos datos se registraron en la tarjeta a través de las siguientes preguntas: ¿de qué depende su reacción?, ¿algún comportamiento o actitud suya pudo prevenir el accidente? De este ejercicio se logró que los participantes identificaran algunos factores subjetivos o humanos (controlables) que determinan la exposición a los riesgos; cuentan entre otros las actitudes, comportamientos, hábitos, estado mental y emocional, limitaciones de las personas relacionadas con el comportamiento humano, indispensables en la prevención y atención de accidentes, generando conciencia frente a la incidencia de los procesos formativos para mejorar el desempeño y responsabilidad de los PSE en la gestión de riesgos, reduciendo la vulnerabilidad. Los factores identificados fueron los siguientes:

- Disposición y actitud para actuar sobre los riesgos.
- Sensibilidad para detectar y percibir cambios psicofísicos asociados al reto del esfuerzo físico para quienes no están acostumbrados

a recorridos (senderismo) en nivel alto de dificultad.

- Estilo de manejo del grupo para una comunicación efectiva e identificación de influencias transitorias como fatiga, efectos de medicamentos, alcohol o sustancias alucinógenas.
- Pericia para persuadir a los visitantes de acatar normas de seguridad del Parque e implementar medidas preventivas.
- Motivación para mantener al equipo animado y bajo condiciones seguras durante la visita.
- Destreza para actuar en eventos de alta complejidad para la atención de accidentados.
- Actitud positiva del guía frente al grupo durante eventos con diferentes pérdidas económicas, ambientales o de bienes que traen los visitantes, y afectaciones a la salud.
- Autocontrol para superar situaciones y tomar decisiones bajo presión.
- Conocimientos en primeros auxilios.
- Formación y entrenamiento por parte de los guías.
- Fallas de gobernanza.

Luego del ejercicio anterior, se realizó el análisis de los principales factores de riesgos en la operación ecoturística del PNN Chingaza y los factores de seguridad que los PSE sugieren aplicar para equilibrar la ecuación, entendidos estos como las medidas que permiten equilibrar y sopesar los peligros del riesgo, como liderazgo, entrenamiento, juicio, experiencia y destrezas técnicas que se pueden observar en la Tabla 3 (se aclara que los listados son independientes, los factores de seguridad pueden contrarrestar uno o varios factores de riesgo).

Tabla 3

Factores de riesgo y de seguridad propuestos por los PSE del PNN Chingaza.

Factores de riesgo	Factores de seguridad
Condición física del visitante no apto para cada nivel de dificultad.	Condiciones psicofísicas (sensoriales, físicas y mentales) de los visitantes y guías.
Enfermedades o antecedentes médicos o psicológicos ignorados y no informados por los visitantes.	Experiencia y destreza de los guías e intérpretes en el liderazgo y conducción del grupo.
Clima de alta montaña con bajas temperaturas y alta precipitación en temporada lluviosa.	Formación y entrenamiento de los guías e intérpretes como primeros respondientes y con cursos avanzados en primeros auxilios.
Terreno natural sin adecuaciones de infraestructura en los senderos.	Conocimientos y destrezas técnicas de guías e intérpretes y/o educadores en manejo e interacción del hombre con la fauna silvestre y otros temas técnicos del área de protegida.
Áreas que en época de lluvias se convierten en zonas anegadas con mayor riesgo.	Actividades para reconocimiento de los senderos cuando hay PSE nuevos.
Visitantes sin experiencia en senderismo.	Evaluación de puntos críticos en los senderos por parte de PNNC y construcción de infraestructura en estos puntos.
Exceso de confianza por parte del guía o intérprete con el visitante, que le permite ignorar peligros obvios o no aplicar medidas de seguridad.	
Conducta y juicio de algunos visitantes que no acatan recomendaciones para el desarrollo de actividades ecoturísticas en condiciones seguras y sostenibles.	

Fuente: PSE del PNN Chingaza con base en Schimelpfenig (1999)

2. Segunda fase. Reconocimiento de aspectos esenciales para los Planes de Administración de Riesgos y Planes de Emergencias y Contingencias.

Se realizó la sensibilización sobre la estructura de los Planes de Administración de Riesgos de cada PSE y Planes de Emergencia y Contingencia, también se identificaron los siguientes aspectos esenciales para fortalecer la cultura de prevención en el PNN Chingaza:

2.1 Reporte de accidentalidad e investigación de accidentes: la accidentalidad es uno de los aspectos de mayor importancia, ya que es un indicador de la gestión en la prevención de riesgos (Fernández et al., 2012, p. 378). En este sentido, se realizó una reflexión sobre la importancia del reporte de accidentes, como una actividad

constructiva que permite identificar los tipos de incidentes más frecuentes en la operación ecoturística, las principales lesiones que se han ocasionado en dichos eventos, los sitios o escenarios ecoturísticos más frecuentes, tratamientos o manejo en cada caso y medidas correctivas a aplicar entre los principales aspectos.

2.2 Liderazgo y trabajo en equipo: los guías, intérpretes y guardaparques que realizan acompañamiento a los grupos de visitantes, deben poseer destrezas sociales para incentivar actos seguros durante toda la visita e identificar las condiciones inseguras a tiempo para prevenir incidentes. Cuando hay que sortear situaciones, los guías deben ser capaces de priorizar, dividir en grupos y asignar responsabilidades para

cumplir con eficacia y eficiencia la atención de accidentes.

2.3 Comunicaciones: para facilitar una mejor atención en caso de emergencias es vital contar con radiocomunicaciones, en especial en el sendero de Siecha, que es de mayor dificultad y donde hay mayor distancia a la cabaña de vigilancia del Parque (2,5 kilómetros).

2.4 Toma de decisiones y juicio: la correcta planeación y revisión contextual de la situación permite adquirir un panorama general que posibilita identificar las soluciones viables en momentos de alta tensión o cuando se presentan eventos en los puntos más lejanos al centro de atención más cercano.

2.5 Comportamientos y actitudes: desde la conducta innata e involuntaria permeada por la cultura local de los PSE, hasta la conducta social aprendida en los entornos de las áreas protegidas, ejercen incidencia en el comportamiento y las actitudes que se asumen durante los accidentes. De igual manera, la reacción inesperada o conductas agresivas por parte de los visitantes del parque, es un factor para el cual deben estar preparados los PSE y los guardaparques.

Dentro de los factores de éxito, los participantes resaltaron los siguientes aspectos (Tabla 4), los cuales se considera que inciden en el manejo eficiente antes, durante y después de los accidentes de la operación ecoturística.

Tabla 3
Aspectos clave para instaurar cultura de prevención de riesgos.

Liderazgo	Compromiso	Responsabilidad	Acciones coordinadas PNN Chingaza-PSE
Para mantener el control en el grupo de visitantes. Para posicionar la administración de riesgos como un tema de atención permanente en el PNN Chingaza.	Para superar las dificultades que se deban sortear, especialmente en evacuaciones en los senderos más largos. Para el reporte de incidentes e investigación.	Para realizar una rápida y eficiente evacuación y atención a los accidentados. Para realizar análisis e investigación de accidentes.	Para garantizar la activación de la póliza de seguros y prestar apoyo en evacuaciones, comunicación y coordinación logística o de otros recursos. Activación PECDNS y apoyo de brigadas durante la operación ecoturística.

Fuente: Elaboración propia

3. Tercera fase. Apropiación de conocimientos del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y socialización del PECDNS del PNN Chingaza.

En esta fase, se realizó en primer lugar con los PSE una sensibilización frente a la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), incluyendo temas como conceptos de desastre, emergencia, vulnerabilidad, exposición, resiliencia, adaptación, estructura organizacional para la GRD en Colombia, instrumentos de planeación en los diferentes

niveles territoriales como los Planes de Gestión de Riesgos de Desastres y Estrategias de Respuesta a nivel tanto municipal como departamental y nacional, con relación entre la GRD, la articulación de los procesos de ordenamiento territorial, la planeación del desarrollo y la Gestión de Cambio Climático (GCC) para la reducción de desastres. En segundo lugar, se socializó el PECDNS del PNN Chingaza, resaltando las amenazas propias del Parque (remoción en masa, inundaciones, incendios de cobertura vegetal, sismo, vendaval,

tormentas eléctricas) y el protocolo de actuación de acuerdo a los niveles de alerta.

En tercer lugar, se realizó un ejercicio para que los PSE identificaran la relación de los riesgos de la operación ecoturística con las amenazas naturales del PNN Chingaza, a través de las siguientes preguntas orientadoras: ¿cree que estas amenazas naturales afectan su operación como PSE? y ¿cómo se relaciona el plan de administración de riesgos de la operación ecoturística con las diferentes instancias del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo y con el PECDNS? Del sondeo de opinión se identifica que los participantes comprenden la interacción de los fenómenos naturales que ocurren en el área protegida con los riesgos de la operación ecoturística: el 81% opina que exacerba el impacto especialmente en la época de más lluvias, porque la precipitación y escorrentía daña los senderos naturales. Del análisis de opinión se puede mencionar que más

del 90% de los participantes comprenden que los desastres son “socionaturales”, en su mayoría causados por acciones antrópicas: un factor detonante de riesgo en el PNN Chingaza obedece a las intervenciones (obras de mantenimiento) e infraestructura de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. A pesar de que estas áreas no están cerca de los escenarios ecoturísticos, algunos participantes manifestaron la importancia de implementar acciones preventivas y soluciones basadas en la naturaleza para prevenir los desastres y adaptarse al cambio climático, ya que esto hace parte del discurso que algunos intérpretes y guías turísticos adaptan dentro de sus recorridos para realizar sensibilización con los visitantes, y guarda relación con la “conservación del páramo y del recurso hídrico”, uno de los mensajes más importantes que se transmiten en estos procesos de interpretación del patrimonio natural y cultural.

Conclusiones

El comportamiento reactivo está determinado por una amplia gama de factores psicosociales de la persona como capacidad física/fisiológica, capacidad mental/psicológica, estado mental y físico, conocimiento, experiencia, habilidades, motivaciones e incluso representaciones sociales, todos acumulados a lo largo de la vida, lo que requiere procesos de desaprendizaje y aprendizaje para mejorar la capacidad y rapidez de reacción.

La documentación de lecciones aprendidas frente a la ocurrencia, atención de accidentes en la operación ecoturística y mitigación de impactos, es una actividad importante que facilita un análisis histórico para revisar la eficiencia de las medidas implementadas y a través de la innovación, incorporar nuevas soluciones híbridas que involucren soluciones basadas en la naturaleza y en la infraestructura para reducir el riesgo en los escenarios ecoturísticos e ir generando la adaptación al cambio climático.

Las actividades de prevención deben vincular a todos los eslabones de la cadena de valor ecoturístico, y deben incluir prioritariamente la gestión de recursos para financiar e implementar la ejecución de los planes y todas las líneas estratégicas que contienen, entre ellos la formación,

entrenamiento de los brigadistas y primeros respondedores, lo cual permite aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad frente a los riesgos de la operación ecoturística.

Se requiere documentar el registro de accidentes de la operación ecoturística y generar información estadística, cuyos análisis permiten identificar los sitios con mayor accidentalidad y generar planes de intervención. Así mismo, la revisión frecuente de puntos críticos en los escenarios ecoturísticos es una actividad de vital importancia que previene futuros eventos por accidentes.

Durante el transcurso de la vigencia 2023, se identificaron los diferentes puntos críticos a lo largo de los escenarios dispuestos para la realización de actividades ecoturísticas en el marco de las acciones de monitoreo. Producto de este ejercicio de control, se verificó que el sendero Lagunas de Siecha, ubicado en el sector de Siecha, presenta un alto grado de riesgo y accidentalidad a raíz de la afectación por los anegamientos, las condiciones climáticas y efectos negativos de aguas de escorrentías no controladas que aumentan la presencia de lodo, fango y encharcamientos en diferentes tramos.

Evidentemente, es el escenario con mayor índice de vulnerabilidad y riesgo para los visitantes, en el cual, hasta la fecha, se han registrado cuatro accidentes asociados al desarrollo de la actividad ecoturística, principalmente caídas debido a las condiciones del sendero, lo que causó esguinces de tobillo, muñeca y rodilla, siendo las

lesiones más frecuentes dada la exigencia de la actividad al aire libre. Si bien se tiene planeada la adecuación y construcción de infraestructura liviana para mejorar este sendero, es necesario seguir monitoreando mientras se inicia la ejecución de dichas obras.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a todos los PSE que participaron en el Taller del REPSE y su disponibilidad para realizar reflexiones, análisis y socialización de sus experiencias de una manera

autocrítica y sincera, reconociendo las fallas humanas. Esto nos permitió crecer en grupo para evitar que se repitan los incidentes.

Referencias

- Álvarez, J. (2016). *Teoría para la prevención y análisis de accidentes basada en trayectorias dinámicas*. Universidad Federal do Río de Janeiro. https://www.researchgate.net/publication/312874906_Teoria_para_la_prevenccion_y_analisis_de_accidentes_basada_en_trayectorias_dinamicas
- Bird, F. (1966). *Damage Control, a new horizon in Accident Prevention and Cost Improvement*.
- Fernández, M., Mancera, M. T., Mancera, M. R. & Mancera, J. (2012). *Seguridad e Higiene Industrial - Gestión de Riesgos*.
- González, J. & Acevedo Navas, C. (2021). Diagnóstico de riesgos en el sector turístico latinoamericano para el trienio 2020-2022. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(34), 333-335. <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.677>
- Hale, A. & Glendon, A. (1987). *Comportamiento individual ante el peligro*.
- Jiménez, J., & Pérez, M. (2018). La seguridad como componente esencial del concepto de calidad turística. *Estudios y Perspectivas en turismo*, 27(4), 941-943. <https://www.redalyc.org/journal/1807/180757663011/html/>
- Organización para la Educación y la Protección Ambiental - (OPEPA). (2018). *Manual del Programa de capacitación REPSE. Buenas prácticas para prestadores de servicios asociados al Ecoturismo en Áreas Naturales Protegidas*.
- Schimelpfenig, T. (1999). *National Outdoor Leadership School (NOLS RMB)*.
- Vanegas, J. (2015). Destinos Colombia: Un estudio de valoración de riesgos turísticos. *Estudios y perspectivas en turismo*, 24(3), 663-680. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322015000300012&lng=es&tlng=es
- World Economic Forum. (2023). *The global risk report 2023: insight report* (18th edition). https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf



Foto: Gabriel Eisenband



Avance en el monitoreo del recurso hídrico de seis fuentes hídricas del Parque Nacional Natural El Cocuy a través de la medición de caudal



Simón A. Moreno Gutiérrez

Ingeniero ambiental y sanitario. Profesional de investigación y monitoreo en el Parque Nacional Natural El Cocuy.
profesionalapoyo.cocuy@parquesnacionales.gov.co
simon.moreno3@est.uexternado.edu.co

Verónica M. Velasco Salcedo

Ingeniera forestal MSc de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá.
vmvelasco@corpoboyaca.gov.co

Nicolle Camila Rodríguez

Ingeniera ambiental
Pasante del Parque Nacional Natural El Cocuy de la Universidad Santo Tomás (Tunja).
nicolle.rodriguez@usantoto.edu.co

Nicolás Valencia Vera

Contratista del Parque Nacional Natural El Cocuy. Escuela de Biología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
nicolas.valencia@uptc.edu.co

Juan José Calderón

Tecnólogo en control ambiental. Contratista en el Parque Nacional Natural El Cocuy.
jj0957926@gmail.com



Foto: Simón Moreno

Progress in water resource monitoring of six water sources in the “El Cocuy” National Natural Park through flow measurements

RESUMEN

El Parque Nacional Natural El Cocuy se encuentra ubicado en las subzonas hidrográficas de los ríos Chicamocha, Casanare, Cravo Norte, Bojabá y Cubugón- Cobaría. Entre 2018 y 2022 se realizaron mediciones de caudal por método velocidad área (Ideam & Invemar, 2021) en seis fuentes hídricas definidas como “valores objeto de conservación dentro de las subzonas hidrográficas de los ríos Chicamocha y Casanare”, las cuales fueron definidas por su importancia para el abastecimiento de las poblaciones locales, con el objetivo de analizar la variación del caudal a nivel trimestral. A partir de los valores obtenidos, se identificaron caudales medios de referencia, ajustados año a año con los registros de cada temporalidad. Posteriormente se estimaron los porcentajes de cambio de caudal para cada punto de medición y se definieron rangos de gestión en niveles satisfactorio, aceptable y crítico.

Con los valores medidos se encontró que la quebrada La Cristalina es la cuenca con mayor cantidad de valores de cambio de caudal en nivel crítico, registrando cambios desde -81,06 % hasta 147,44 %. En contraste, el río Casiano es la cuenca con mayor proporción de porcentajes de cambio en nivel satisfactorio y el río Lagunillas tiene un comportamiento predominante en el rango de gestión aceptable. Así, entonces, se concluye que las fuentes medidas presentan altas variaciones de caudal, en su mayoría superiores al 20 % del caudal de referencia, para cada punto en relación con la precipitación.

Palabras clave: recurso hídrico, caudal, servicios ecosistémicos.

ABSTRACT

The Cocuy National Natural Park is located within five hydrographic subzones: Chicamocha, Casanare, Cravo Norte, Bojabá, and Cubugón-Cobaría. Flow rates were measured in six water sources from 2018 to 2023 using the water speed and cross-sectional area method. These sources, identified as conservation priority areas within the Chicamocha and Casanare hydrographic subzones, were chosen for their importance in supplying water to local communities and to estimate flow fluctuations. The average percentage change in flow rate was calculated quarterly based on the data obtained, and adjusted annually with new measurements for each measurement point. Subsequently, three management categories were defined: Satisfactory, Acceptable, and Critical.

Analysis of the information gathered revealed that Quebrada La Cristalina is the watershed with most critical fluctuations, with flow changes ranging from -81.06 % to 147.44 %. In contrast, the Casiano River displayed the highest proportion of changes falling at satisfactory levels, while the Lagunillas River predominantly behaved within the acceptable management range. Overall, the measured sources exhibit significant variations in flow, mostly exceeding 20 % of the reference flow for each point in relation to precipitation.

Key words: Water resource, streamflow, ecosystem services.

Introducción

La crisis climática amenaza la seguridad hídrica. Según afirma la UICN (2023), se experimenta una pérdida acelerada de los ecosistemas de agua dulce, los cuales desaparecen tres veces más rápido que los bosques. Por ello, muchos países ya se enfrentan a una escasez de agua acentuada por la vulnerabilidad de la criósfera, de la cual depende alrededor del 10 % de la población mundial que vive en zonas de alta montaña (The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023). Dicha crisis climática se ve reflejada en Colombia en la pérdida de glaciares de alta montaña, con un 90 % en los últimos 170 años y en la última década un 26 % (Ideam, 2022). Así mismo, a nivel local, la sierra nevada de El Cocuy, Güicán y Chita ha sufrido una pérdida del área glaciar del 63 % entre 1980 y 2020, según el resultado del proceso de monitoreo del glaciar (Ideam, 2020).

Las áreas protegidas naturales juegan un papel fundamental en la conservación de los servicios ecosistémicos asociados al agua, los cuales constituyen la base natural que soporta el desarrollo y bienestar de las comunidades alrededor del mundo. Colombia, considerada potencia hídrica mundial, ostenta el segundo lugar en diversidad de especies de agua dulce y cuenta con seis nevados y más de 48.000 humedales entre ríos, lagos, lagunas, ciénagas, arrecifes y estuarios, entre otros, habitados por el 87 % de la población (WWF, 2023). Parte de esta riqueza hídrica se protege a través de las 60 áreas protegidas pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), con un área de 22.982.013,14 hectáreas, las cuales representan el 11,10 % de la superficie nacional marítima y terrestre (PNNC, 2023).

Para tener un panorama más claro del estado y la seguridad de los recursos hídricos, es necesario conocer el ciclo hidrológico a través de la caracterización de variables de oferta, demanda y calidad, que permitan establecer indicadores

hídricos que reflejen el estado del recurso en cada una de las etapas del ciclo y que aporten a la toma de decisiones, tal como lo establece la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2010). En el país, la información hídrica aún es insuficiente para analizar distintos componentes del recurso, entre esos uno tan sensible como el abastecimiento, por lo cual es necesario aumentar la información disponible y mejorar la calidad, complejidad y robustez de esta, para tener resultados más precisos. De esta manera se podrá mejorar la planeación territorial, establecer sistemas de alertas tempranas efectivos y tomar mejores decisiones en cuanto a la gestión integral del agua (Ideam, 2022).

El Parque Nacional Natural El Cocuy, ubicado en los departamentos de Arauca, Boyacá y Casanare, se sitúa en las subzonas hidrográficas de los ríos Chicamocha, Casanare, Cravo Norte, Bojabá y Cubugón-Cobaría, las cuales son fuentes abastecedoras de comunidades urbanas y rurales aguas abajo del área protegida (PNN El Cocuy, 2018). Así, entonces, dada la relevancia de los ecosistemas altoandinos en la regulación hídrica (Ideam, 2010) y el gradiente altitudinal propio de los ecosistemas que tiene este parque nacional, en su Plan de Manejo se han establecido seis fuentes hídricas priorizadas como valores objeto de conservación, las cuales tienen mayor relevancia para el abastecimiento humano (PNN El Cocuy).

Para aportar información sobre los servicios ecosistémicos de tipo hídrico que son generados por el Parque y en cumplimiento de las funciones de monitoreo descritas en el artículo 9.º del Decreto 1323 de 2007 (compilado en Decreto 1076 de 2015, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), se realizaron mediciones periódicas de caudal en las seis fuentes priorizadas como valores objeto de

conservación, para analizar la variación de los caudales en distintas épocas del año. En este documento se presentan los resultados obtenidos en las microcuencas de los ríos Lagunillas, Alto Cóncavo, Cardenillo, Casiano, la quebrada La Cristalina y tributarios del río Tame. El monitoreo está orientado a responder las siguientes preguntas: ¿cómo cambia el caudal a escala

trimestral? y ¿cómo varía el caudal durante cinco años en las fuentes priorizadas? Esto a través de un indicador denominado “porcentaje de cambio de caudal”, el cual refleja la variación de la escorrentía instantánea medida de forma periódica respecto a un caudal medio construido de manera continua con el histórico de datos registrados (PNN El Cocuy, 2018).

Metodología

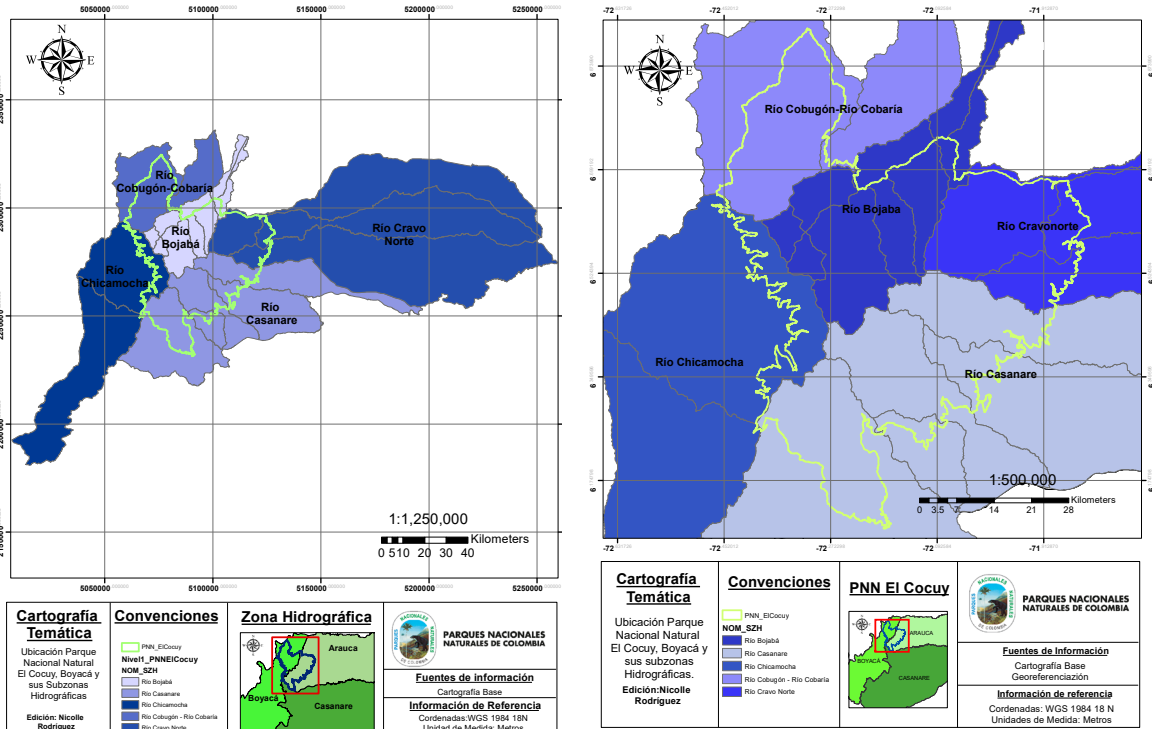
Área de estudio

El PNN El Cocuy se localiza en la cordillera Oriental, en la jurisdicción de los departamentos de Boyacá, Arauca y Casanare, y hace parte de las subzonas hidrográficas de los ríos Chicamocha, Casanare, Cravo Norte, Bojabá y Cubugón - Cobaría. Se estima que aproximadamente el 93 %

de las aguas del parque drenan a la vertiente oriental de la cordillera Oriental, de las cuales el 38 % discurre a la cuenca del río Arauca, el 55 % para la cuenca del río Casanare y el restante 7 % corresponde a la vertiente occidental de la cordillera, cuenca media del río Chicamocha (PNN, 2005) (Figura 1).

Figura 1

Ubicación del Parque Nacional Natural El Cocuy y sus cuencas a escala de subzona hidrográfica.



Fuente: Elaboración propia, con fuente de información Zonificación Hidrográfica IDEAM (2013) y Zonificación Hidrográfica Nivel 1 Parques Nacionales Naturales de Colombia

Diseño de monitoreo

De acuerdo con el diseño establecido en el programa de monitoreo del recurso hídrico del área protegida (PNN, 2018), se seleccionaron los puntos de monitoreo en seis fuentes hídricas priorizadas: ríos Lagunillas, Alto Cóncavo, Cardenillo, Casiano o Taucasí, territorios pertenecientes a la Subzona Hidrográfica del Río Chicamocha, y quebrada La Cristalina y tributarios del río Tame, pertenecientes a la Subzona Hidrográfica del Río Casanare.

Figura 2

Uso de correntómetro OTT MF Pro, monitoreo del recurso hídrico, PNN El Cocuy.



De 2018 a 2022, se adelantaron aforos de caudal de forma trimestral por método área-velocidad mediante el uso de un correntómetro o medidor de flujo con principio de funcionamiento magnético inductivo, de marca OTT, referencia MF PRO, el cual tuvo procesos de verificación anual (Figura 2). Para las mediciones se aplicó el siguiente protocolo para cada punto de aforo:

1. Ubicación de una sección uniforme, libre de obstáculos (turbulencias, troncos, piedras, afluentes con remansos, etc.).
2. Georreferenciación del punto donde se realizará el aforo.
3. Colocar una soga perpendicular al flujo asegurada a ambas orillas del río o quebrada. Allí se mide con una cinta métrica el ancho por donde fluye el agua (perímetro húmedo).

4. Proceder a realizar la división del perímetro húmedo en secciones iguales, que no superen el 25 % de la longitud total, las cuales tienen un espaciamiento de 0,30 a 4 metros, según el ancho del perímetro húmedo: de 3 a 5 metros espaciamiento de 0,3 m, y de 5 a 8 metros espaciamiento de 0,4 m.

5. Colocar la soga ya marcada por los espaciamientos en ambas orillas del río o quebrada para ser templada e iniciar con la medición de verticales referidas a las márgenes en las que se mide profundidad y velocidad.

6. Determinar las áreas parciales y velocidades medias en las secciones parciales con las cuales se determinan caudales parciales, cuya sumatoria arroja el caudal total.

7. Luego de determinar las profundidades en cada sección, medir la velocidad a 0,6 h para las secciones menores a 60 cm de profundidad; para secciones mayores a 60 cm, la velocidad se mide a 0,2 h y 0,8 h desde la superficie.

8. Obtenidos los datos necesarios, se procede a introducirlos en una hoja de Excel, para calcular el caudal seleccionado y verificar el valor generado automáticamente por el equipo utilizado.

Los aforos se definieron trimestralmente teniendo en cuenta los regímenes en cada una de las vertientes del Parque Nacional. La Subzona Hidrográfica Río Casanare, por tener influencia de los Llanos Orientales, presenta un carácter monomodal, registrando la época de lluvias en los meses de abril a noviembre y la época seca de diciembre a abril (Guzmán *et al.*, 2014). El régimen de lluvias hacia la Subzona Hidrográfica Río Chicamocha es bimodal, caracterizado por presentar dos épocas de altas precipitaciones entre marzo y mayo, y entre septiembre y noviembre, además de dos periodos de baja pluviosidad comprendidos de junio a agosto y de diciembre a febrero (Corpoboyacá, 2016).

Tabla 1

Temporalidad muestreos en sitios de aforo.

Vertiente	VOC	Comportamiento/ Monitoreo	Temporalidad
Río Chicamocha	Quebrada Lagunillas	Bimodal (cantidad y calidad)	Enero: Estiaje
	Río Cardenillo		Abril: Lluvias
	Alto río Cóncavo		Julio: Estiaje
Río Casanare	Río Tame	Monomodal (cantidad y calidad)	Octubre: Lluvia
	Quebrada La Gallinaza		Marzo: Estiaje
Río Arauca	Quebrada La Cristalina		Junio: Lluvias
			Septiembre: Lluvias
			Diciembre: Estiaje

Fuente: Elaboración propia, con fuente de información Zonificación Hidrográfica IDEAM (2013) y Zonificación Hidrográfica Nivel 1 Parques Nacionales Naturales de Colombia

Procesamiento de información

La información fue tabulada en una hoja de Excel, en donde se registraron los caudales medidos de forma trimestral. Para establecer el porcentaje de cambio de caudal, primero se estableció el caudal de referencia para cada uno de los puntos de medición. Como no existe información previa de las fuentes monitoreadas, los datos obtenidos son puntuales y las mediciones iniciaron en 2018, se definió el caudal de referencia como el promedio de los años hidrológicos que anteceden al año de medición, siendo el año hidrológico el promedio de cuatro

mediciones trimestrales que abarcan época de lluvias y estiaje. Es decir, que las comparaciones solo se hicieron a partir de haber completado las mediciones de un primer año de datos.

Entonces, para establecer el caudal de referencia con el cual comparar los datos registrados en 2019 se estableció el promedio del año hidrológico de 2018; para establecer el caudal de referencia con el cual comparar los registros del año 2020, se promediaron los años hidrológicos anteriores, 2018 y 2019, y así sucesivamente, tal y como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Esquema de cálculo de caudal de referencia.

Datos trimestrales 2018				Datos trimestrales 2019				Datos trimestrales 2020			
2018-1	2018-2	2018-3	2018-4	2019-1	2019-2	2019-3	2019-4	2020-1	2020-2	2020-3	2020-4
Año Hidrológico 1 = Promedio 2018 1-4				Año hidrológico 2 = Promedio 2019 1-4				Año hidrológico 3 = Promedio 2020 1-4			
Caudal de referencia para 2019 = Año hidrológico 1											
Caudal de referencia para 2020 = Promedio año hidorológico 1 y año hidrológico 2											
Caudal de referencia para 2023 = Promedio años hidrológicos 1, 2 y 3											

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe el cálculo del indicador de porcentaje de cambio de caudal.

$$\% \text{ Cambio caudal} = \left(\frac{\text{Caudal actual} - \text{Caudal referencia}}{\text{Caudal referencia}} \right) \times 100$$

Porcentaje de cambio: Representa el porcentaje de cambio del caudal promedio mensual, trimestral, anual, etc., en el sitio donde se está evaluando el VOC.

Caudal actual: Representa el caudal promedio mensual, trimestral y anual en el momento del tiempo donde se está evaluando el VOC, ejemplo: año 2, año 3, mes X, etc.

Caudal de referencia: Representa el caudal promedio mensual, trimestral y anual en el tiempo cero a partir del cual se iniciará la evaluación del VOC (línea base).

La interpretación se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2

Rangos de gestión indicador porcentaje de cambio

Rangos de gestión	
Nivel crítico	< 50 % ≤ cambio ≥ 50 %
Nivel aceptable	-50 % a - 20 % ≤ cambio ≤ 20 % a 50 %
Nivel satisfactorio	-20 % ≤ cambio ≤ 20 %

Fuente: Programa de monitoreo recurso hídrico, PNN El Cocuy, 2018

Los resultados obtenidos, tanto de datos instantáneos como de caudales de referencia, fueron graficados en histogramas en función del tiempo durante los 5 años de mediciones.

Resultados y discusión

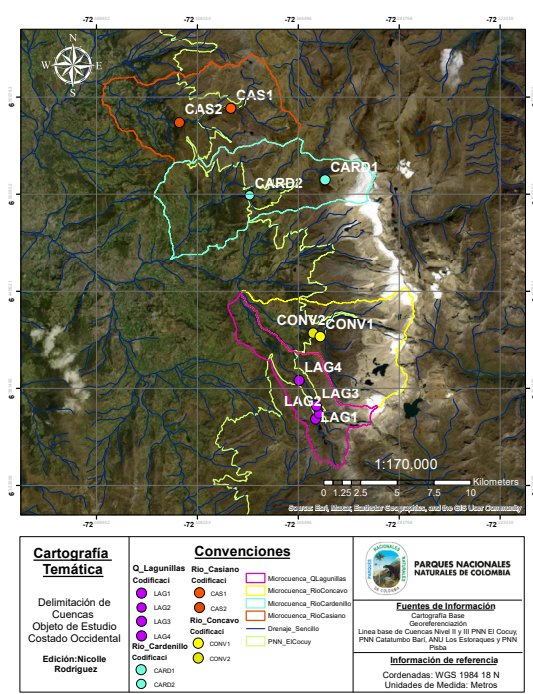
La toma de datos se divide en dos vertientes de la cordillera, y a su vez en dos subzonas hidrográficas, en las cuales los puntos de medición se encuentran en rangos altitudinales distintos, por

lo cual los resultados se presentan agrupados de esta manera (Figura 4), al igual que su discusión.

En la Tabla 3 se relaciona el área aferente y la forma de la microcuenca, y los puntos de medición.

Figura 4

Valores del índice BMWP para las fuentes hídricas monitoreadas para cinco años.



Fuente: Elaboración propia, con fuente de información del Programa de monitoreo del PNN El Cocuy (documento en revisión) (PNN, 2018)

Tabla 3

Áreas aferentes y formas de las microcuencas objeto de estudio.

Corriente	Forma	Puntos de Medición	Área Aferente km ²
Río Casiano	Redonda-ovalada	CAS1	17,5
		CAS2	36,4
Río Cardenillo	Redonda-ovalada	CARD1	8,8
		CARD2	23,9
Río Concavo	Redonda-ovalada	CONV1	37,7
		CONV2	40,2
Quebrada Lagunillas	Alargada	LAG1	5,2
		LAG2	7,6
		LAG3	12,7
		LAG4	18,7
Quebrada La Cristalina	Alargada	QCAB	6,1
		QCST	6,3
Río Tame	Ovalada-alargada	RT-CNN	0,208
		RT-CS	0,897
		RT-AB	2,358
		RT-CAAB	2,296
		RT-CAAB2	2,377
		RT-CZ	2,006
		RT-CP	1,288

Fuente: Elaboración propia

Caudales trimestrales Subzona Hidrográfica Río Chicamocha

De las seis fuentes hídricas medidas, cuatro corresponden a la Subzona Hidrográfica Río Chicamocha, siendo estas, de sur a norte, ríos Lagunillas, Cóncono, Cardenillo y Casiano, las cuales están influenciadas principalmente por ecosistemas de páramo y glaciar. Los puntos de medición se encuentran entre 3500 y 4300 m s. n. m.

1. Río Lagunillas

Fue medido en cuatro puntos distintos sobre el cauce, iniciando aguas arriba con el punto La Cuadrada (LAG1), pasando por el punto La Pintada (LAG2), posteriormente Arenales (LAG3) y finalizando en La Cercada (LAG4) para el primer trimestre de 2019 y 2021. Para el segundo trimestre de 2020 no se tomaron datos por baja capacidad operativa del Parque en estos periodos.

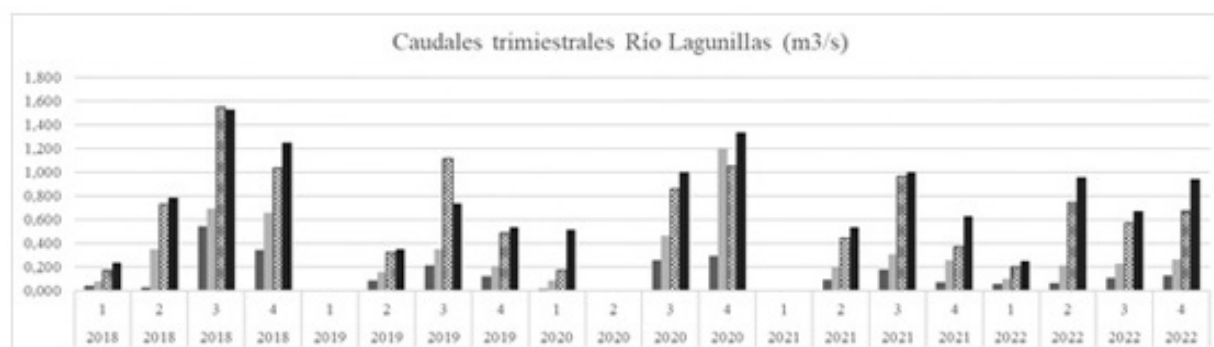
Los datos registrados muestran una variación del caudal en los cuatro puntos, lo cual es atribuible a su ubicación dentro de la cuenca, debido

a que existen aportes principalmente de lagunas de origen glaciar y de agua de escorrentía. Adicionalmente, se observa que los años con registros máximos corresponden a 2018 (3.^{er} trimestre) con caudales de 0,538 m³/s, 1,547 m³/s y 1,530 m³/s para los puntos La Cuadrada, Arenales y La Cercada, respectivamente; y para el punto La Pintada, el caudal máximo registrado fue en 2020 (4.^{to} trimestre) con un valor de 1,196 m³/s.

Los caudales mínimos registrados en esta cuenca, se presentaron durante los primeros trimestres

Figura 5

Caudales trimestrales del río Lagunillas (2018-2022).



Fuente: Elaboración propia

Los caudales fluctúan durante todo el año, con sus mayores registros en el tercer trimestre anual relacionado con el régimen bimodal de lluvias en el área de estudio. La diferencia entre caudales mínimos y máximos es mayor en el punto de aforo en la parte alta de la cuenca, punto La Cuadrada, con un 98 %. Si bien este punto es influenciado por un ecosistema bien conservado, está próximo a la divisoria de cuencas y no tiene influencia glaciar directa, ya que los tributarios que provienen del deshielo se unen a la cuenca en lugares de aguas abajo. Por ello se sugiere que su comportamiento está estrechamente relacionado con la precipitación de la parte alta.

En contraste, el punto de medición más bajo, La Cercada, es el que registra menor diferencia entre los valores mínimo y máximo, con un 85 %, pues se ve influenciado por la presencia de lagunas aguas arriba y tributarios que provienen de glaciares existentes. En términos generales, se observa fluctuación de caudales en los registros de la cuenca, concordante con forma

de 2018 y 2020, siendo 0,077 m³/s y 0,230 m³/s para los puntos Las Pintada y La Cercada respectivamente en 2018, 0,010 y 0,167 m³/s para los puntos La Cuadrada y Arenales, respectivamente, en 2020. Estos registros coinciden con el comportamiento anual normal de las lluvias (Corpoboyacá, 2016), cuyo punto más bajo se registra en el primer trimestre del año.

redonda-ovalada de la misma, según lo determinó Barrera (2006), en la cual el tiempo de concentración es bajo.

2. Río Cóncavo

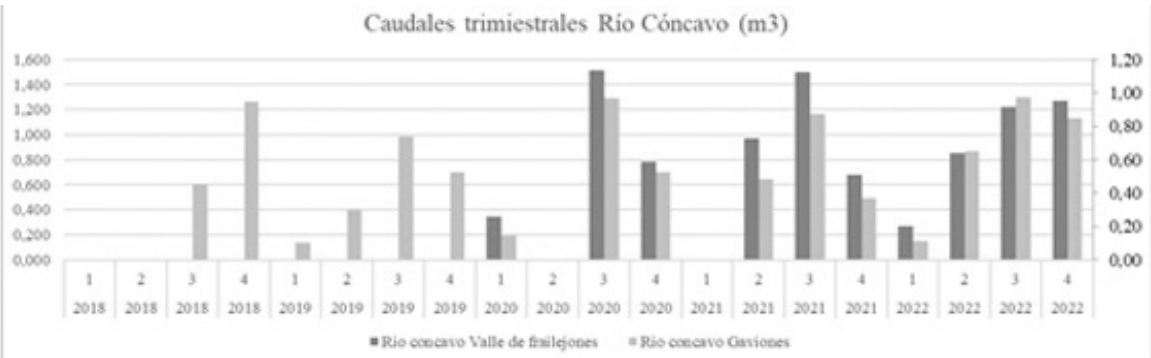
Es monitoreado en dos puntos, el primero se ubica en el valle de los Frailejones (CONVI), dentro del Parque, y es registrado desde el año 2020; el otro se encuentra fuera del área protegida, en el sitio conocido como Gaviones (CONV2), el cual es monitoreado desde 2018. Este punto se encuentra ubicado posterior a una captación de agua otorgada por Corpoboyacá mediante Resolución 474 del 20 de febrero de 2018 a nombre de la Asociación de Usuarios del Distrito de Riego El Cóncavo (Cóncavo), en un caudal equivalente a 51.17 L.P.S., en las coordenadas latitud: 06° 24' 49,8" norte; longitud: 072° 20' 06,9" oeste, a una altura de 3.725 m s. n. m. Para el punto valle de los Frailejones, el menor caudal registrado es de 0,347 m³/s en el primer trimestre de 2020, el mayor corresponde a 1,515 m³/s

registrado en el tercer trimestre de 2022. Para el punto Gaviones, el menor caudal registrado corresponde a 0,136 m³/s en el primer trimestre

de 2019, y el máximo a 1,296 m³/s en el tercer trimestre del 2022.

Figura 6

Caudales trimestrales río Cóncavo 2018-2022.



Fuente: Elaboración propia

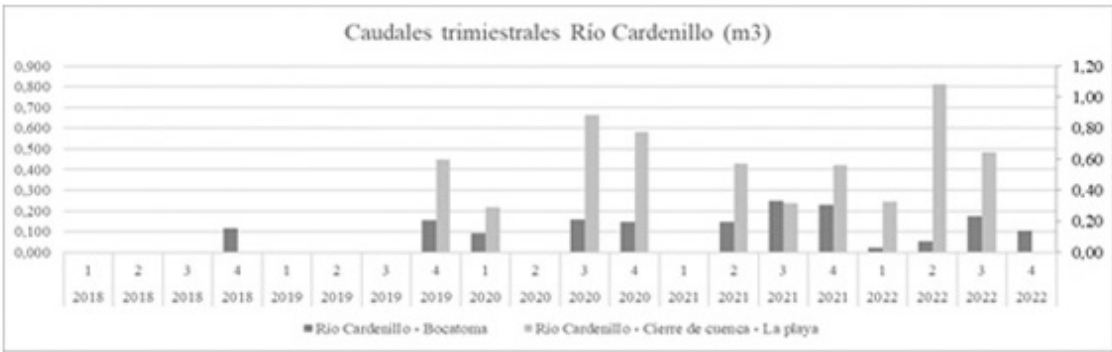
Se observa que en los dos puntos de medición la diferencia entre registros mínimos y máximos es menor al 90 %, siendo para el punto del valle de los Frailejones del 77 %, influenciado por el caudal proveniente del deshielo de glaciar de El Cóncavo y la influencia de valles húmedos en su recorrido. En el punto de Gaviones hay mayor diferencia entre mínimo y máximo, debido a la derivación existente aguas arriba. Este comportamiento sugiere que la cuenca tiene poco tiempo de concentración, de acuerdo con el estudio adelantado por Barrera (2006), en donde estimó un índice de Gravelius de 1,12.

3. Río Cardenillo

Es la principal fuente de abastecimiento para la vereda El Tabor del municipio de Güican de la Sierra. La captación veredal existente se encuentra sobre los 4.300 m s. n. m. en ecosistema de superpáramo y con alta dependencia del deshielo del glaciar de Ritacuba Negro. Antes de la captación se ubica el primer punto de medición (CARD1) y el segundo se encuentra en ecosistema de bosque andino, a una altitud de 3.720 m s. n. m, en el lugar conocido como La Playa (CARD2).

Figura 6

Caudales trimestrales río Cardenillo.



Fuente: Elaboración propia

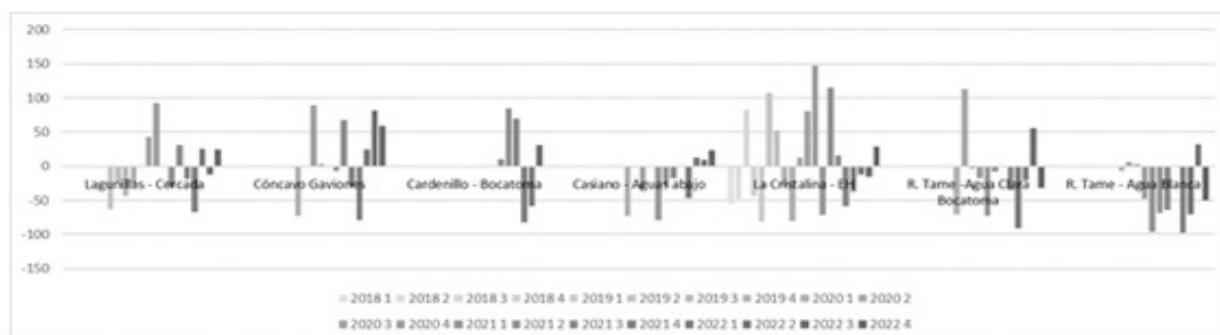
En el punto Bocatoma, el menor caudal registrado corresponde a $0,024 \text{ m}^3/\text{s}$, medido en el primer trimestre de 2022, y el mayor aporte a este caudal proviene en su mayoría de la deglaciación. El caudal máximo registrado en este punto corresponde a $0,175 \text{ m}^3/\text{s}$, medido en el tercer trimestre del 2020, estos registros tienen una diferencia de 86 %. El caudal mínimo registrado en La Playa es de $0,219 \text{ m}^3/\text{s}$ en el primer trimestre de 2019, y el caudal máximo es de $0,814 \text{ m}^3/\text{s}$ registrado en el segundo trimestre de 2022. No obstante, esta corriente puede alcanzar caudales mayores, pero no han podido ser registrados debido a que las crecientes que presenta en periodos de lluvias dificultan su aforo.

4. Río Casiano

Se encuentra en el municipio de Chiscas (Boyacá). Su monitoreo fue adelantado en dos puntos definidos como Laguna (CAS1), aguas abajo de la laguna Pantano Hondo, dentro del área protegida, y Aguas Abajo (CAS2), establecido como cierre de las áreas aferentes de la cuenca que se originan en el Parque. En el punto Laguna, el caudal mínimo registrado fue de $0,017 \text{ m}^3/\text{s}$ y tuvo lugar en el primer trimestre de 2021; así mismo, el caudal máximo registrado corresponde al medido en el segundo trimestre de 2022, con $0,86 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 8

Caudales trimestrales río Casiano.



Fuente: Elaboración propia

El registro de caudal mínimo en el segundo punto corresponde a $0,221 \text{ m}^3/\text{s}$ medido, en el primer trimestre del 2020, y el máximo caudal

registrado es de $1,023 \text{ m}^3/\text{s}$, que fue medido en el segundo trimestre de 2022.

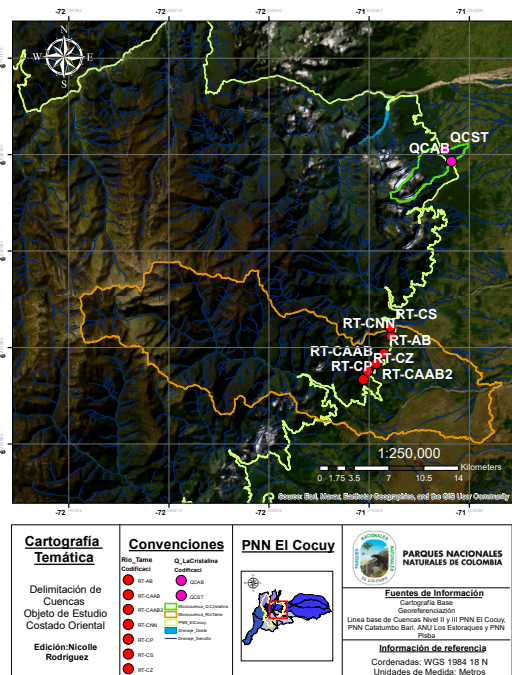
Caudales trimestrales Subzona Hidrográfica del Río Casanare

Hacia el flanco oriental de la cordillera se ubican las fuentes de la Subzona Hidrográfica del Río Casanare, las cuales son, de norte a sur, la quebrada La Cristalina y seis tributarios del río Tame. Es importante aclarar que se realiza la medición sobre tributarios, dado que el caudal del río en

los lugares accesibles es demasiado alto para hacerse por vadeo. Dichas corrientes se originan en un ecosistema de bosque andino y los puntos de medición se encuentran alrededor de los 1.000 m s. n. m. Respecto a la quebrada La Cristalina, su origen es de bosque andino y subandino y los puntos de medición se encuentran cerca a los 600 m s. n. m.

Figura 9.

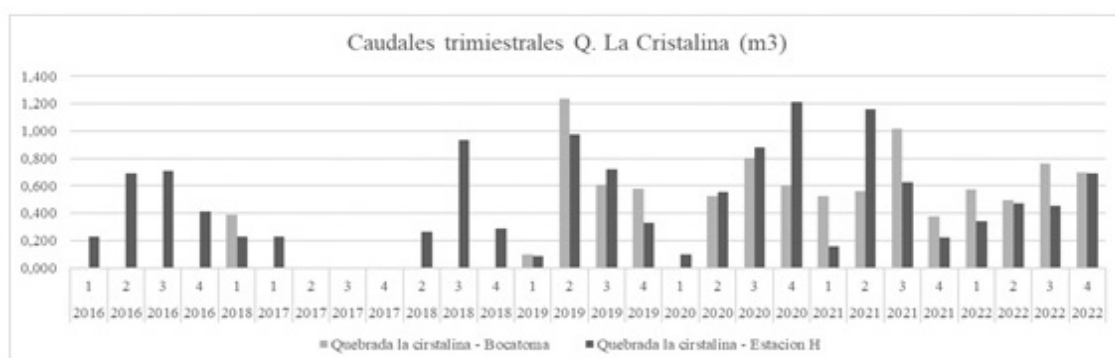
Puntos de aforo ZH Río Casanare



Fuente: Elaboración propia, con fuente de información del Programa de monitoreo del PNN El Cocuy (documento en revisión) (PNN, 2018)

Figura 10

Caudales trimestrales de la quebrada La Cristalina.



Fuente: Elaboración propia

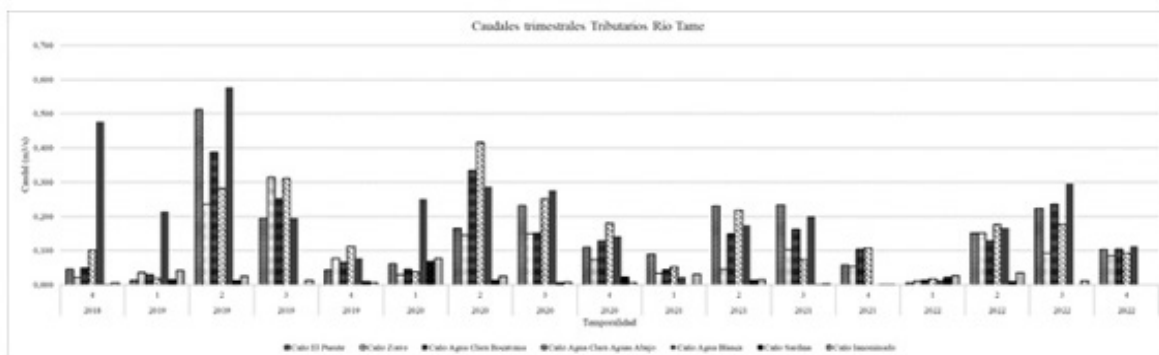
Los valores mínimos registrados en los dos puntos corresponden a los monitoreados en el primer trimestre de 2019, siendo 0,089 m³/s para el punto Bocatoma y 0,101 m³/s para el punto Estación. De esta fuente hídrica, se resalta que en distintas mediciones el valor aguas abajo (estación) es superior al registrado aguas arriba (bocatoma), incluso teniendo la captación en medio. En recorridos por el cauce, no se han identificado aportes superficiales significativos, por lo cual se atribuye este aumento al aporte de fuentes subterráneas o subsuperficiales, lo cual debe ser contrastado con estudios específicos en la materia.

2. Río Tame

Los tributarios del río Tame priorizados para medición están antes de la captación que abastece a la cabecera municipal de Tame (Arauca). Además, el caño Agua Clara es fuente abastecedora veredal. En estos cauces se identifica fluctuación durante todo el año, aunque con una tendencia monomodal, en donde los registros más altos se concentran en los segundos y terceros trimestres de cada año.

Figura 11

Caudales trimestrales río Tame.



Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se reconoce la prevalencia de caudales más altos en los caños Agua Blanca, El Puente y Agua Clara. También se resalta que los cauces del caño Sardina registran caudales muy bajos

durante los primeros trimestres del año (inferiores a 0,010 m³/s), incluso llegando a caudal cero, como es el caso del caño Sardina en 2019.

Figura 12

Monitoreo efectuado en el caño Puente, río Tame, ecosistema bosque húmedo tropical (6°25'22.38" N, 71°55'13.14", 1090 m s. n. m, 20 de junio de 2019).



Porcentaje de cambio

Para el análisis del indicador se seleccionaron los puntos de aforo de menor altitud para cada cuenca, dado que es el de mayor regulación por tener un área aferente mayor. Para el caso del río Cardenillo, se realizó el análisis respecto al punto más alto, por tener la mayor serie de datos en la cuenca, y para los tributarios del río Tame se hizo el análisis con los dos tributarios que registran los mayores caudales, que además, son fuente de abastecimiento humano.

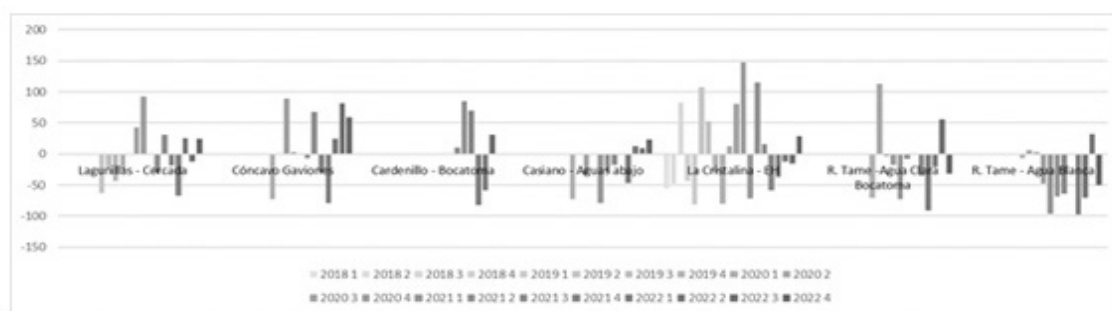
Para los puntos analizados, en ninguno de los casos el porcentaje de cambio fue inferior al -100 %,

siendo los menores de -97,67 % para el caño Agua Blanca en el primer trimestre de 2022, donde el caudal registrado fue de 0,013 m³/s respecto a un caudal medio de 0,225. Es importante resaltar que este comportamiento de porcentajes de cambio negativos se observa en distintas temporalidades para los tributarios del río Tame.

El mayor porcentaje de cambio registrado para la quebrada La Cristalina, correspondió al 147,44 % para el cuarto trimestre del año 2020. Y es precisamente esta fuente hídrica la que presenta mayor cantidad de registros por encima del 50 % (5 de 20).

Figura 13

Porcentajes de cambio de caudales, valores objeto de conservación recurso hídrico, PNN El Cocuy 2018- 2022.



Fuente: Elaboración propia

Rangos de gestión

Teniendo en cuenta los rangos de gestión definidos para el indicador, cinco de los siete puntos analizados tienen prevalencia de porcentajes de cambio críticos (mayores del 50 % y menores del -50 %), de los cuales cuatro son de la

Subzona Hidrográfica del Río Casanare y dos de la Subzona Chicamocha, los ríos Cardenillo-Bocatoma y Cóncavo-Gaviones. En las cuencas de Lagunillas y Casiano, predominan los porcentajes de cambio aceptables. Esto refiere mayor regulación hídrica de la cuenca.

Tabla 4

Porcentajes de cambio de caudal obtenidos para siete puntos de monitoreo analizados, PNN El Cocuy 2018- 2022.

Temporalidad		Lagunillas - Cercada	Cóncavo Gaviones	Cardenillo - Bocatoma	Casiano - Aguas abajo	La Cristalina - EH	R. Tame -Agua Clara Bocatoma	R. Tame - Agua Blanca
2018	1					Crítico		
2018	2					Aceptable		
2018	3					Crítico		
2018	4					Aceptable		
2019	1					Crítico		
2019	2	Crítico				Crítico		
2019	3	Aceptable				Crítico		
2019	4	Aceptable				Aceptable		
2020	1	Aceptable	Crítico		Crítico	Crítico	Crítico	Satisfactorio
2020	2					Satisfactorio	Crítico	Satisfactorio
2020	3	Aceptable	Crítico		Aceptable	Crítico	Satisfactorio	Satisfactorio
2020	4	Crítico	Satisfactorio			Crítico	Satisfactorio	Aceptable
2021	1				Crítico	Crítico	Crítico	Crítico
2021	2	Aceptable	Satisfactorio	Satisfactorio	Aceptable	Crítico	Satisfactorio	Crítico
2021	3	Aceptable	Crítico	Crítico	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Crítico
2021	4	Satisfactorio	Aceptable	Crítico		Crítico	Aceptable	
2022	1	Crítico	Crítico	Crítico	Aceptable	Aceptable	Crítico	Crítico
2022	2	Aceptable	Aceptable	Crítico	Satisfactorio	Satisfactorio	Aceptable	Crítico
2022	3	Satisfactorio	Crítico	Aceptable	Satisfactorio	Satisfactorio	Crítico	Aceptable
2022	4	Aceptable	Crítico	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Crítico

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la quebrada La Cristalina, es importante resaltar que si bien es la cuenca con mayor número de mediciones, 11 de las 20 realizadas registran un porcentaje de cambio crítico, tanto positivos como negativos; es decir, es una corriente hídrica con alta fluctuación, característica que puede ser comprobada con la estimación del porcentaje de cambio. El río Casiano es la

corriente hídrica con mayor número de caudales con porcentajes de cambio en nivel satisfactorios, con tres registros de nueve. En el punto La Cercada del río Lagunillas, predominan los porcentajes de cambio de nivel aceptable (entre -20 % a -50 % y 20 % a 50 %), y de los trece valores estimados, un total de ocho se encuentran en este rango.

Conclusiones y recomendaciones

El proceso de monitoreo de cantidad de recurso hídrico en el periodo de 2018 a 2022, en las fuentes hídricas de la quebrada La Cristalina y los tributarios del río Tame, pertenecientes a la Subzona Hidrográfica del río Casanare, logró evidenciar que los valores de caudal menor se obtuvieron en el primer trimestre de 2019, época en la cual se identificó caudal cero en uno de los tributarios del río Tame, el caño Sardina. En el caso de los valores de caudal máximo registrados, se evidencia una tendencia al comportamiento monomodal, con los valores más altos en los últimos dos trimestres de cada año.

A su vez, se evidencia para las fuentes hídricas priorizadas en la Subzona Hidrográfica del Río Chicamocha —ríos Lagunillas, Cóncavo, Cardenillo y Casiano—, que los valores máximos de caudal se registran en la mayoría de puntos monitoreados hacia el segundo y tercer trimestre del año, evidenciándose relación con el régimen bimodal de lluvias presente en el área objeto de estudio.

Respecto al indicador de porcentaje de cambio caudal, para las fuentes hídricas y puntos analizados, se evidencia mayor variabilidad en el comportamiento de los caudales de la Subzona Hidrográfica del Río Casanare, correspondiente al caño Agua Blanca, tributario del río Tame, con los mayores porcentajes de cambio negativo, y la quebrada La Cristalina, que presenta el mayor porcentaje de cambio positivo. En cuanto al rango de gestión calculado, se establece que fuentes como la quebrada La Cristalina presentan el mayor número de registros con un porcentaje de cambio crítico, siendo la cuenca con más fluctuaciones de caudal.

Los datos aportados con el estudio son relevantes para la administración del área protegida, pues muestran un primer panorama del comportamiento temporal de las fuentes hídricas definidas como valores objeto de conservación, por lo cual al identificarse aquellas que más fluctúan, podrán establecerse estrategias de conservación y asegurar que sus condiciones naturales se mantengan sin alteración.

Se recomienda robustecer el análisis de los datos con relación al área aferente al punto de medición, así como incluir valores de precipitación para cada una de las zonas, donde se puedan estimar otros indicadores tales como la retención hídrica. Para ello, resultan relevantes las experiencias de monitoreo agroclimático participativo que se vienen construyendo con las comunidades locales en el sector oriental del Parque, en donde se vincularon a las familias de la zona con función amortiguadora para adelantar la toma de datos de precipitación, humedad relativa y temperatura, de tal forma que se puedan tomar decisiones respecto al manejo de sus cultivos y producción agropecuaria.

Dada la existencia de importantes aportes de origen glaciar sobre las fuentes hídricas de los ríos Lagunillas, Cardenillo y Cóncavo, y ante la creciente crisis climática que amenaza la masa glaciar de la sierra nevada de El Cocuy, Güicán y Chita, se resalta la imperiosa necesidad de trabajar con las comunidades locales y la identificación de estrategias orientadas a la adaptación de los medios de vida existentes ante la variabilidad climática, buscando reducir el nivel de vulnerabilidad.

Agradecimientos

Se agradece al personal del Parque Nacional Natural El Cocuy, que apoyó las mediciones de caudal en cada una de estas fuentes, asegurando la continuidad en la toma de datos. También

a los profesionales temáticos de la Dirección Territorial Andes Orientales, que han guiado y acompañado el proceso de monitoreo e investigación del Parque.

Referencias

- Barrera Mendivelso, J. A. (2006). *Mapa virtual de estudios físico-químicos de Aguas Lénticas y morfométricos de Cuencas Hidrográficas de la sierra nevada del Cocuy, Güicán y Chita*. Repositorio Institucional Unilibre. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11012?locale-attribute=en>
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá]. (2016). *Plande Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Medio Chicamocha*. <https://www.corpoboyaca.gov.co/ventanilla/pomca-cuenca-media-del-rio-chicamocha/>
- Guzmán D., Ruiz, J. F. & Cadena M. (2014). *Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través análisis de componentes principales (ACP)*. Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático Subdirección de Meteorología del Ideam. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21141/Regionalizacion+de+la+Precipitacion+Media+Mensual/1239c8b3-299d-4099-bf52-55a414557119>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/web/agua/estudio-nacional-del-agua/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2020). *Informe del estado de los glaciares colombianos*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam] e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras [Invemar]. (2021). *Protocolo de Monitoreo y Seguimiento del Agua*. <http://www.ideam.gov.co/web/agua/protocolos-procedimientos-y-metodologias>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2023a). *Estudio Nacional del Agua 2022*. http://www.ideam.gov.co/web/agua/estudio-nacional-del-agua/-/document_library_display/hWSQikOLFPrw/view/125666586
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2023b). *Informe técnico del estado del glaciar Ritacuba Blanco Sierra Nevada El Cocuy, Güicán o Zizuma Parque Nacional Natural El Cocuy*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>
- Parques Nacionales Naturales de Colombia [PNN]. (2018). *Programa de monitoreo del Parque Nacional Natural El Cocuy* (Documento en revisión). <https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-el-cocuy.pdf>
- Parques Nacionales Naturales de Colombia [PNN]. (2005). *Plan de Manejo del Parque Nacional Natural El Cocuy 2005-2009*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible [MADS], Programa de las Naciones Unidas. (2017). *Tercera Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)*. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC_COLOMBIA_CMNUCC_2017_2.pdf
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [IUCN]. (2023). *Informe anual de la UICN 2022*. <https://portals.iucn.org/library/node/50924>



Estimación del valor económico de la regulación hídrica de la subcuenca quebrada El Tirque en el Parque Nacional Natural Pisba



Foto: Johana Katherine Espindola Chiquillo

Laura Rocío Ángel Morales

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
mlrociaa@correo.udistrital.edu.co

Sara Johanna Chará Callejas

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
sjcharac@correo.udistrital.edu.co

Liz Villarraga Flórez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
lizv@udistrital.edu.co

Lina María Lizarazo

Parque Nacional Natural Pisba.
linalb45@gmail.com

Rodolfo Elías Arce Lozano

Profesional en restauración ecológica del Parque Nacional Natural Pisba.
pnnpisbarodolfoarce@gmail.com

Johana Katherine Espindola Chiquillo

Profesional en investigación y monitoreo del Parque Nacional Natural Pisba.
johana.espindola2044@gmail.com



Foto: Johana Katherine Espíndola Chiquillo

Estimation of the economic value of water regulation in the “Quebrada el Tirque” sub-basin in the “Pisba” National Natural Park

RESUMEN

Este ejercicio de valoración económica del servicio ecosistémico de la regulación hídrica de la microcuenca El Tirque, surge de la necesidad del Parque Nacional Natural Pisba de conocer el valor monetario que representa para los usuarios del acueducto municipal de Socha (Boyacá) esta fuente de abastecimiento. Para estimar el valor económico que representa la regulación del recurso hídrico en la microcuenca, en primer lugar se determinó el costo de oportunidad de las actividades ganaderas que realizan las comunidades en el páramo y la cuenca alta, para establecer el valor del cambio hacia actividades más sostenibles ambientalmente. Posteriormente, se realizaron encuestas para conocer la disposición de pagar de los habitantes aguas abajo para llevar a cabo actividades de conservación del servicio de regulación hídrica. Los resultados resaltan la importancia

de prácticas sostenibles y revelan variables significativas en la disposición a pagar como la edad, la percepción de protección de la microcuenca y el nivel de ingresos. En conclusión, este estudio proporciona información crucial para el PNN Pisba, al conocer el valor monetario de la regulación hídrica en la microcuenca, lo que respalda la importancia de promover prácticas sostenibles en el páramo. Además, destaca el reconocimiento que otorgan los pobladores de aguas abajo a la conservación de este servicio ecosistémico de la cuenca alta de la quebrada El Tirque.

Palabras clave: Parque Nacional Natural Pisba, recurso hídrico, páramo, valor económico.

ABSTRACT

This exercise of economic valuation of the ecosystem service of water regulation in the Tirque micro-watershed, arises from the need of the Pisba National Natural Park to know the monetary value that this source of supply represents for the users of the municipal aqueduct of Socha-Boyacá. The objective of this study was to estimate the economic value represented by the regulation of the water resource in the micro-watershed. First, the opportunity cost of the livestock activities carried out by the communities in the moor and the upper watershed was determined in order to establish the value of changing to more environmentally sustainable activities. Subsequently, surveys were conducted to determine the willingness to pay of downstream inhabitants to carry out water regulation service conservation activities. The results highlight the importance of sustainable practices and reveal significant variables in the willingness to pay such as age, perception of micro-watershed protection and income level. In conclusion, this study provides crucial information for PNN Pisba by knowing the monetary value of water regulation in the micro-watershed, supports the importance of promoting sustainable practices in the moor and highlights the recognition given by downstream inhabitants to the conservation of this ecosystem service in the upper watershed of the Tirque stream.

Key words: Pisba National Natural Park, water resources, moor (páramo), economic value.

Introducción

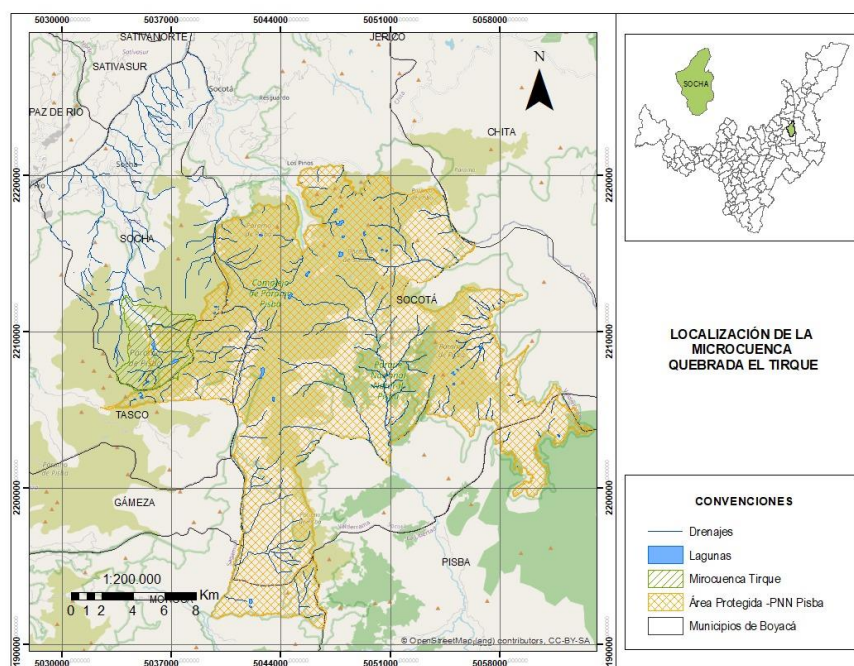
El municipio de Socha hace parte de los municipios con jurisdicción en el Parque Nacional Natural Pisba y se encuentra localizado en la cordillera Oriental, al norte del departamento de Boyacá. Según el DANE (2018), el municipio cuenta con una población de 7.509 habitantes y una extensión total de 153,7 km², en la cual el sector rural tiene una extensión de 153 km², que corresponde al 99,58 % de la extensión total y el 0,42 % (0,7 km²) restante lo comprende el área urbana.

Según el plan de manejo del PNN Pisba (2020-2025, aprobado bajo Resolución número 0281), en el interior del área protegida se presenta el

nacimiento de importantes ríos y quebradas, como la microcuenca de la quebrada El Tirque, de gran importancia para la gestión del Parque. Esta microcuenca forma parte de la cuenca media del río Chicamocha y se localiza en la zona suroccidental del Parque. Cubre un área de 7.429 ha, de las cuales cerca de 840 ha se encuentran en el área protegida, entre los 3.000 y 3.800 m de altitud. Como elementos importantes se encuentran la laguna de Socha y las quebradas El Tirque, Soler, Aguablanca y El Boche, por lo tanto, ha sido priorizada como valor objeto de conservación y aprovechamiento sostenible (Plan de Manejo 2020-2025).

Figura 1

Localización de la microcuenca de la quebrada El Tirque en el PNN Pisba.



Fuente: Elaboración propia

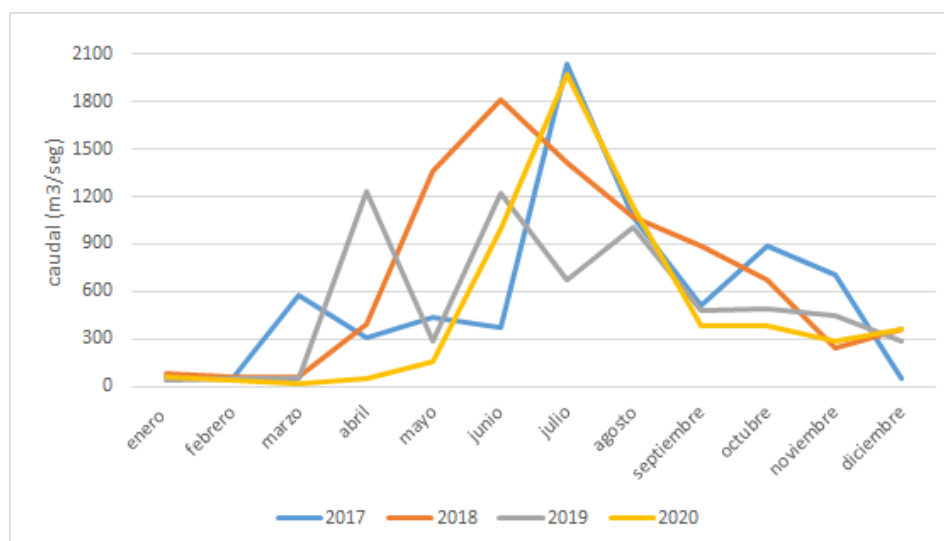
Actualmente, los páramos desempeñan un papel fundamental como fuentes de suministro de agua, debido a la excepcional capacidad de retención de líquido de sus suelos. Además, se caracterizan por ser áreas de una abundancia en biodiversidad, albergando numerosas especies endémicas que han evolucionado y se han adaptado a las condiciones climáticas únicas que prevalecen en estos ecosistemas (Vuille, 2013). Las presiones de origen humano (antrópicas), como la ganadería extensiva que se desarrolla en el área de amortiguación y en algunos casos, dentro del propio Parque Nacional Natural Pisba, plantean una amenaza significativa para la capacidad del ecosistema de páramo de regular el recurso hídrico. Esto tiene un impacto negativo en la disponibilidad del servicio

ecosistémico que proporciona agua a los habitantes del municipio de Socha. Esta problemática se manifiesta de manera especialmente preocupante durante las épocas secas o de escasez de lluvias, como en los meses de enero, febrero y marzo.

Un ejemplo del efecto que tienen los periodos de déficit hídrico en la cuenca, se ve reflejado en la información de los caudales anuales que se registran para la microcuenca en el marco del proceso de monitoreo que se desarrolla en el área protegida (Figura 2). Esta situación pone de manifiesto la urgente necesidad de abordar estrategias que permitan mitigar las afectaciones que se generan por el desabastecimiento de agua esencial para la población local.

Figura 2

Caudales medios anuales.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de caudal tomados por el equipo de PNN Pisba

De este modo, los estudios de valoración económica ambiental de la quebrada El Tirque son fundamentales para comprender la importancia de los VOC, tomar decisiones informadas, priorizar inversiones y promover la sensibilización

sobre la conservación del recurso hídrico. Estos estudios proporcionan una base sólida para la gestión sostenible y la protección a largo plazo de este ecosistema vital.

Métodos

Área de estudio

La quebrada El Tirque se encuentra ubicada en el sector de la laguna de Socha dentro del área protegida del Parque Nacional Natural Pisba (Figura 1). El agua procedente de la quebrada es utilizada para el acueducto del municipio y de algunas veredas, por lo que se le asignó la denominación de *valor objeto de conservación*, además de ser uno de los valores priorizados dentro del Programa de Monitoreo del PNN Pisba (2020-2025).

Desde 2017, en el área protegida se está implementando el proceso de monitoreo a la oferta de la subcuenca alta, con históricos de caudales de un periodo de cinco años (2017-2021), obteniendo los caudales medios anuales (Tabla 1), donde el caudal más alto se registró en 2021. Esto teniendo en cuenta que fue un año en el que se registraron fuertes precipitaciones debido a la influencia de un episodio moderado del fenómeno de La Niña que se produjo en los primeros meses del este año.

Tabla 1

Caudales históricos anuales microcuenca El Tirque tomados por el equipo del PNN Pisba.

Año	Caudal medio anual (L/seg)
2017	731,85
2018	833,95
2019	819,58
2020	645,29
2021	1079,7

Fuente: Elaboración propia a partir datos de caudal tomados por el equipo de PNN Pisba

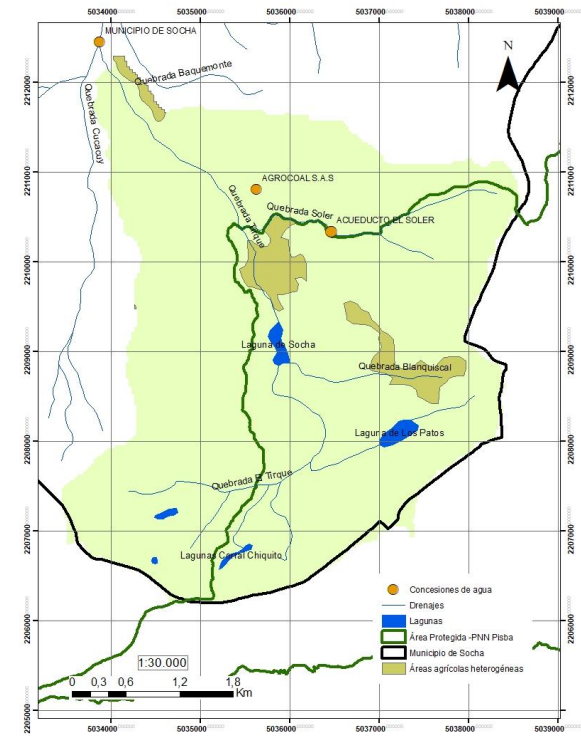
Por otro lado, en la microcuenca la quebrada El Tirque se encuentran presentes dos tipos de ecosistemas de referencia: páramo y subpáramo. Predomina en casi toda la microcuenca el ecosistema de páramos húmedos, que abarca el 99,22 % de la superficie. De igual manera, se encuentran especies de vegetación nativa constituidas principalmente por frailejoncillo, frailejón *Espeletia* (sp.), Quiche *Puya* (sp.), Cortadera

Cortadeira nitida, Encenillo *Weinmannia* (sp.), Chusque *Chusquea tesellata*, Raque *Vallea estipularis*, Chite *Hypericum* (sp.) Colorado *Polylepys cuadrijuga*, junco, musgo, líquenes y hongos.

Se tienen tres concesiones de agua provenientes de la parte alta de la microcuenca (Figura 3), una de ellas dentro de la jurisdicción del área protegida denominada “Acueducto el Soler”, con un caudal de 0,35 L/s, de la cual se benefician alrededor de 150 personas. Fuera del área protegida, en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional (Corpoboyacá) se encuentra una segunda captación sobre la microcuenca, la cual surte el acueducto para el casco urbano del municipio destinada a 8.220 personas con un caudal de 6 L/s-. (Corpoboyacá., 2015).

Figura 3

Localización de las concesiones de agua en el área de estudio.

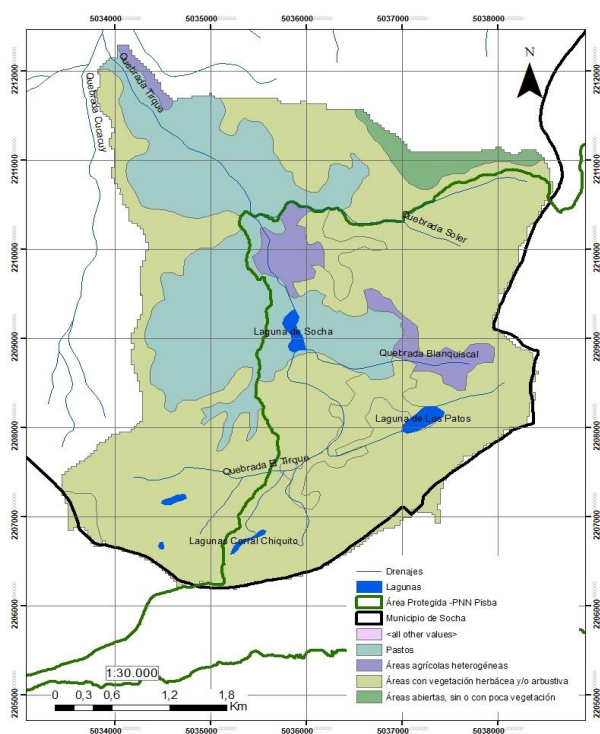


Fuente: Elaboración propia

Según la base de datos Corine Land Cover (1990), las coberturas del área de la microcuenca (1.270 ha) están ocupadas por vegetación herbácea y/o arbustiva (caracterizado por páramo y subpáramo), seguida de pastos (*poaceae*) en un 26 % de ocupación con 530 ha, que las comunidades usan para el pastoreo. Posteriormente, predomina la cobertura de áreas con características agrícolas heterogéneas, con un porcentaje de 4,3 % (88 ha), las áreas abiertas tienen un 3,2 % (6542 ha) y los afloramientos rocosos se encuentran en un 2,23 % (4554 ha) (Figura 4). De igual manera, se evidencia que hay siete tipos de coberturas distribuidas a lo largo de la microcuenca, siendo el herbazal denso de tierra firme y los pastos limpios los mayormente predominantes.

Figura 4

Mapa de coberturas de la tierra para la microcuenca de la quebrada El Tirque.



Fuente: Elaboración propia a partir de GEOTABASE del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Cálculo del costo de oportunidad por cambio de actividades productivas tradicionales en la subcuenca.

El costo de oportunidad está dado por el valor de mejor opción de producción en uso de la tierra a la que se renuncia cuando el propietario de un terreno acepta cambiar voluntariamente el uso de parte o la totalidad del predio a través de un contrato de conservación. Esto para la implementación de actividades que eviten la degradación de los ecosistemas naturales hacia usos que mejoren la provisión de servicios ambientales y que generalmente se asocian a menores beneficios netos (White & Minang, 2011).

El costo de oportunidad se calcula mediante precios de mercado de los diferentes bienes y servicios que se obtienen en un predio. Esto depende de la distribución y producción actual de las actividades que en el mismo se desarrollan, determinados en función del siguiente mejor uso económico posible al que puede dedicarse el área. Dicho valor es equiparable a la disponibilidad de los propietarios por evitar las actividades que perjudiquen el rendimiento hídrico del área (García *et al.*, 2013).

En este caso, para establecer el beneficio neto (la diferencia entre el beneficio y el costo total) se investigó sobre los costos e ingresos de la actividad ganadera en la zona de páramo, por lo que se diseñaron formatos de entrevistas que fueron realizadas a los pobladores de la zona dedicados a esta actividad. La entrevista permitió establecer las prácticas pecuarias en común, así como los costos de inversión y producción, y los beneficios totales generados por el desarrollo de la actividad. Para este proceso se siguió la ruta propuesta por Rincón *et al.* (2014):

1. *Identificar las alternativas:* Las dos alternativas planteadas son ganadería vs. conservación de la microcuenca. Aquí solo se evaluó la ganadería, es decir, lo que se estima con la disposición a pagar para el pago por servicios ambientales (PSE).

2. *Evaluar las ganancias potenciales:* Luego, para cada alternativa, determinar cuáles son las ganancias potenciales que se pueden obtener. En este caso, es el beneficio neto que les queda de la actividad ganadera.

3. *Elegir la mejor alternativa*: Este punto se analizó luego de la estimación de disposición a pagar.

4. *Calcular el costo de oportunidad*: El costo de oportunidad se refiere a lo que renuncia al no elegir la siguiente mejor alternativa. En este caso, lo que se les ofrezca por conservación deberá ser mayor para que les resulte una alternativa económica atractiva.

5. *La fórmula general para calcular el costo de oportunidad*

Costo de oportunidad = Valor de la opción B - Valor de la opción A

Costo de oportunidad = Valor de la mejor alternativa no elegida - Valor de la alternativa elegida.

En este caso, la opción A es la estimación del beneficio neto que les representa la ganadería, la que tienen en la actualidad. La opción B fue la que se estimó a partir del cálculo de la disposición a pagar con el objeto de evaluar cuál es la mejor opción.

Estimación de la disposición a pagar (DAP) de los habitantes de Socha (aguas abajo) para asegurar actividades de regulación en la parte alta de la subcuenca.

Se utilizó el método de valoración contingente para obtener una estimación del valor que representa la regulación hídrica en la zona (Osorio, & Correa, 2009). La valoración contingente es un método mediante el cual se pretende averiguar la valoración que otorgan las personas a un bien o servicio ambiental, teniendo en cuenta los cambios que se producen en su bienestar si este bien o servicio es modificado. Con esto se consigue estimar el valor que este tiene para las personas beneficiadas (Zegarra, 2017). Esto se realiza preguntando de manera directa por medio de encuestas en qué medida están dispuestas a pagar (WTP, por sus siglas en inglés) por los mismos o su disposición a aceptar compensaciones (WTA, por sus siglas en inglés) por su pérdida, bajo la situación hipotética de que pudieran comprarse (Emerton, L. & Bos, 2004).

Para ello, se simuló un mercado a través de encuestas dirigidas a potenciales consumidores. En este proceso, el entrevistador y el formulario de encuesta representaron la oferta, mientras que la demanda estuvo a cargo de los encuestados, a quienes se les preguntó sobre el valor del servicio ecosistémico de regulación hídrica. Se plantearon dos preguntas centrales: ¿qué hace probable que un individuo esté dispuesto a pagar por preservar la cantidad y calidad del agua proveniente de la microcuenca de la quebrada El Tirque? y ¿cuánto está dispuesto a pagar por ello? (García et al., 2013). Teniendo en cuenta lo planteado por Sabogal (2017), se llevó a cabo un proceso que involucró:

a. *La determinación de la muestra*: El tamaño de la muestra se determinó de acuerdo a la fórmula expuesta por Murillo (2008), que permite determinar un tamaño representativo, que posibilita conclusiones generalizables, también cumple con dos condiciones: aplicabilidad en poblaciones finitas y en estudios con variables objetivo.

La fórmula es:

n_0 = muestra sin ajustar

n = Tamaño de la muestra efectiva

N = Población Total

P = Probabilidad de ocurrencia del evento

Q = Probabilidad de no ocurrencia del evento (1-P)

Z = Nivel de confianza del estudio

d = Porcentaje de error

Teniendo en cuenta que Murillo (2008) que Palomeque y Escobar (1994) establecen criterios para hallar P , Q y Z . Los criterios son:

- La probabilidad de recibir una respuesta positiva o negativa sobre la disponibilidad a pagar (DAP) se considera a 0,5 (50 %), para obtener el mayor tamaño posible de muestra.
- El nivel de confianza (Z) fue del 95 %, para obtener un modelo representativo de la realidad de los usuarios de los acueductos.
- El porcentaje de error fue del 10 %, que es aceptado para los estudios de variables cualitativas, en este caso la DAP.

$$no = Z^2 \times \frac{P \times Q}{d^2} \Rightarrow n = \frac{no}{1 + \frac{no}{N}}$$

Con base en lo anterior, se determinó que el tamaño de muestra para el presente estudio es de 49 entrevistas; sin embargo, se lograron realizar 67 encuestas a usuarios de este acueducto, que habitan en el casco urbano y en las veredas del Mortiño y La Laja.

b. *La formulación y aplicación de las encuestas:* El cuestionario se desarrolló teniendo en cuenta la metodología descrita por Uribe (2002), citado en Delgado (2015), quien afirma que en cualquier encuesta de valoración contingente se debe incluir, como mínimo tres componentes principales, que son información general, preguntas sobre el escenario de valoración y preguntas sobre la disposición a pagar.

En la información general se incluyeron los datos demográficos generales de la persona, como nombre, sexo, edad, ubicación de la residencia, tipo de vivienda, ocupación actual, nivel de ingresos y componentes del núcleo familiar.

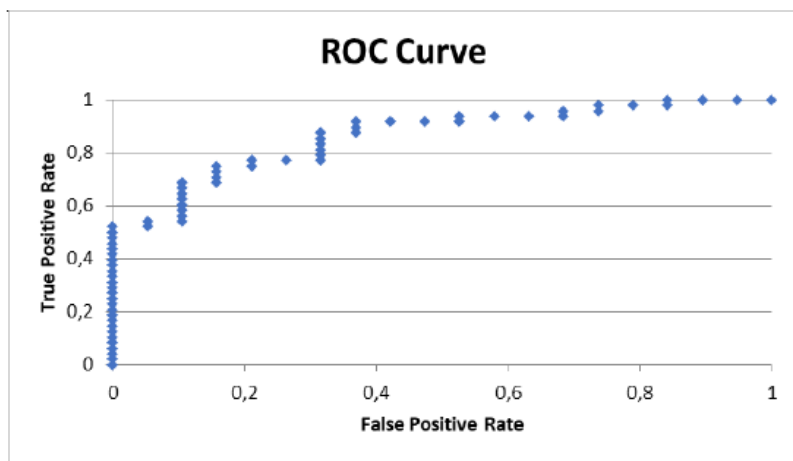
Con la información del escenario, se indagó sobre el conocimiento y de la microcuenca El Tirque y el recurso hídrico, y si este era para uso doméstico, para agricultura, ganadería o comercio, entre otros. Así mismo, se investigó sobre la percepción de la protección de la microcuenca y las acciones a realizar.

Por último, en disposición a pagar, se indagó previamente sobre el valor promedio de la factura del acueducto y el consumo mensual en m³ por vivienda. Luego se preguntó si estaría dispuesto a pagar la suma establecida entre diferentes rangos que se propusieron.

c. *La estimación de la disposición a pagar:* para obtener el DAP, se obtuvieron los valores promedio de cada uno de los rangos de la disposición a pagar. Los datos se analizaron mediante un modelo de regresión lineal programado en Excel mediante una curva de regresión logística (ROC) que permitió comprobar que el modelo es funcional y predictivo (Figura 5). Adicionalmente, mediante la regresión binaria se logró identificar las variables que poseen incidencia significativa en la disposición a pagar.

Figura 5

Curva de regresión logística obtenida para la DAP.



Fuente: Elaboración propia

La principal limitación encontrada en la metodología, fue el sesgo que pueden generar las respuestas de personas que no mantienen el hogar, debido a que generalmente son estudiantes o tienen trabajos temporales con sueldos inferiores al SMLV. Debido al entusiasmo indican valores de DAP altos afectando el comportamiento del modelo. Por lo anterior, se recomienda realizar la encuesta a personas cabezas de hogar, puesto que dan datos más reales, de acuerdo a sus ingresos y gastos.

Propuestas de mejoras futuras para el recurso hídrico, alineadas con las líneas de acción del PNN Pisba.

A partir del análisis diagnóstico de la microcuenca se logró determinar su estado de degradación. Con base en este diagnóstico se revisó el

plan de manejo del Parque, donde se seleccionaron las líneas de acción más acordes y consecuentes con el objetivo de conservar la microcuenca con el fin de garantizar el servicio de regulación hídrica. Se encontró que las más importantes son las encaminadas a la reforestación e implementación de sistemas sostenibles, pues garantizan la conservación de la zona protegida e ingresos a las familias más vulnerables de la zona de influencia.

Finalmente, se realizó un análisis de los resultados obtenidos para determinar la viabilidad económica y social de las acciones propuestas, considerando a los diversos actores involucrados, como agricultores, ganaderos, mineros, sociedad civil y Parques Nacionales Naturales de Colombia, entre otros, y así garantizar el manejo adecuado de la quebrada El Tirque.

Resultados

Cálculo del costo de oportunidad por cambio de actividades productivas tradicionales en la subcuenca.

Los resultados del diagnóstico ambiental y social de la zona de estudio evidenciaron que en el PNN Pisba existen cultivos (papa, arveja, hortalizas, etc.), en su gran mayoría para la subsistencia de las personas que hacen uso del área protegida. También se estableció que la actividad económica más relevante es la ganadería de tipo extensiva. Las entrevistas realizadas a los pobladores de la zona definieron como común denominador las prácticas pecuarias, así como los costos de inversión y producción, y los beneficios generados por el desarrollo de la actividad.

A partir de las entrevistas realizadas, las personas manifestaron que su actividad laboral está bajo la modalidad “ganado de cría”, que se desarrolla de la siguiente manera: el productor compra el novillo con la intención de generar más crías de engorde que se puedan vender en pie, con un peso aproximado de 700 a 900 kg. Los productores destinan en promedio COP 2.000.000 para la adquisición de la cabeza de ganado con un peso aproximado de 70 kg. Por otro lado, el pago para pastoreo y el arriendo de los lotes, está en promedio por vaca a \$30.000 pesos

colombianos al mes, manteniendo una vaca por hectárea, para un total de COP 360.000 ha/año. Además, las visitas y el mantenimiento del ganado, según las entrevistas, se realiza cada 15 días, lo que ocasiona un costo adicional de medio jornal de COP 17.000 para un total anual de COP 408.000.

De igual manera, de acuerdo con las conversaciones entabladas con los productores, se evidencia que la ganadería en la zona de estudio no se realiza de manera tecnificada y tampoco procesos de mejora genética. Por tal razón, los productores no adquieren un servicio de reproducción natural o por procesos de inseminación, sino que realizan la adquisición del bovino por un costo/valor. Por otro lado, los productores manifestaron que, en términos de las prácticas sanitarias, cumplen con lo correspondiente al ciclo de vacunación, recibiendo la dosis contra la fiebre aftosa y la brucelosis en dosis de dos veces al año, pagando solamente el valor correspondiente a la jeringa (COP 1.200) por cabeza de ganado. En las entrevistas no se hizo mención a los desparasitantes ni al servicio veterinario.

Teniendo en cuenta lo mencionado se calcularon los costos, dando como resultado que la inversión por productor es en promedio

COP 2.360.000 para el mantenimiento de una cabeza de ganado, con unos costos anuales de producción asociados de COP 2.772.800. Si bien también se obtuvo que el ingreso por la venta de una cabeza de ganado en pie es de aproximadamente COP 5.760.000, esto responde a que los productores de la zona de estudio afirman que la cabeza de ganado “se vende de acuerdo al peso”, lo que quiere decir que 1 arroba (12,5 kg) se establece en COP 100.000, valor que puede ser variable según la época del año y la variabilidad del peso. Por ejemplo, un novillo normando puede llegar a un peso de 720 kg (Asonormando, s.f.) (Tabla 2).

Al productor que utiliza terrenos en jurisdicción del PNN Pisba, se le deben pagar COP 840.533/año (Tabla 2) para que renuncie a la actividad ganadera y considere la opción de la conservación. Por otro lado, se evidenció que los productores

no realizan procesos de mejoramiento de las praderas para el pastoreo y en ocasiones no se cuenta con acceso al pasto, razón por la cual dejan que el ganado deambule por las zonas del área protegida, lo que genera presiones sobre el ecosistema de páramo y afecta la calidad del recurso hídrico del área protegida.

A nivel económico, se plantea la hipótesis de que los productores, al utilizar las áreas dentro de la jurisdicción del PNN Pisba, no asumen costos de arriendo ni de jornales. Bajo esta hipótesis, los productores obtienen un beneficio neto anual de COP 840.533 (Tabla 2), lo que representa un beneficio mucho mayor al presentado cuando se paga arriendo por pastoreo y jornal. Debido a esto, prefieren llevar el ganado a terrenos del Parque, ya que esto disminuye costos y aumenta el valor de los ingresos, sin tener en cuenta el deterioro de la microcuenca El Tirque.

Tabla 2

Costos, ingresos y beneficio neto asociados a la actividad ganadera.

Costos de producción		Cantidad	Unidades	Valor unitario	Valor total
Terreno	Arriendo	1	ha/año		\$360.000
Adquisición	Compra de ganado: raza normanda	1	Cabeza	\$2.000.000	\$2.000.000
	Total inversión				\$2.360.000
Mano de obra		24	Jornal/año	\$17.000	\$408.000
Sanitación	Vacunación aftosa	2	Cabeza/año	\$1.200	\$2.400
	Vacunación brucelosis	2	Cabeza/año	\$1.200	\$2.400
Total, costos de producción					\$412.800
Total, costos anuales					\$2.772.800
Total, costos trianuales					\$4.318.400
Venta de cabeza de ganado		57,6	Arrobas	\$100.000	\$5.760.000
Valor total ingresos brutos					\$5.760.000
Beneficio neto trianual	Con pago de arriendo				\$1.441.600
	Usando terrenos en jurisdicción del PNN Pisba				\$2.521.600
Beneficio neto anual	Con pago de arriendo				\$480.533
	Usando terrenos en jurisdicción del PNN Pisba				\$840.533

Nota: En la tabla los valores que se mencionan son costos trianuales, debido a que una cabeza de ganado se compra y se debe mantener mínimo tres años para poder engordar, sin embargo, se hace el ajuste para presentar el costo de oportunidad anual.

Fuente: Elaboración propia

Disposición a pagar-DAP

Otro resultado que se obtuvo, fueron 67 encuestados en el casco urbano del municipio de Socha, los lugares de las entrevistas fueron sitios comerciales (tiendas) o transeúntes, donde la distribución de encuestados no fue equitativa debido a que fueron 26 hombres encuestados y 41 mujeres, lo que corresponde a los datos del PBOT de Socha (sf) donde en el municipio la distribución es de 52,4 % mujeres y 47,5 % hombres (gráfico 3a).

La caracterización de la población encuestada, dio como resultado que de los encuestados el 50 % está entre las edades de 25 a 44 años, mientras que el otro 50 % se divide entre las edades de 18 a 65 años con rango de amplitud mayor (gráfico 3b). Estas poblaciones se encuentran distribuidas

Disposición a pagar (DAP)

Otro resultado que se obtuvo fueron de los 67 encuestados en el casco urbano del municipio de Socha. Los lugares de las entrevistas fueron sitios comerciales (tiendas) o las calles, donde la

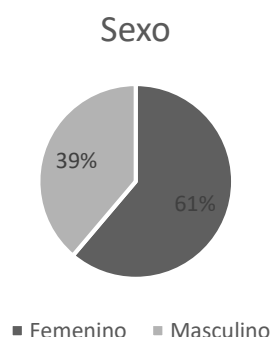
distribución de encuestados no fue equitativa debido a que fueron 26 hombres y 41 mujeres, lo que corresponde a los datos del PBOT de Socha (s. f.), donde la distribución es de 52,4 % mujeres y 47,5 % hombres (Figura 6).

La caracterización de la población encuestada, dio como resultado que de los encuestados, el 50 % está entre las edades de 25 a 44 años, mientras que el otro 50 % se divide entre las edades de 18 a 65 años con rango de amplitud mayor (Figura 6b). Estas poblaciones se encuentran distribuidas en un 66 % en el casco urbano, 18 % en la vereda de la Laja y 16 % en la vereda el Mortiño (Figura 6c). También se evidenció que el 45 % vive en arriendo, el 33 % en vivienda propia y el 22 % en vivienda familiar (Figura 6d). Por otro lado, los núcleos familiares están conformados por cuatro integrantes en un 37 %, tres en un 18 % y cinco en un 16 %, los núcleos familiares con una o dos personas son del 10 % y con seis son del 7 % de la población muestral.

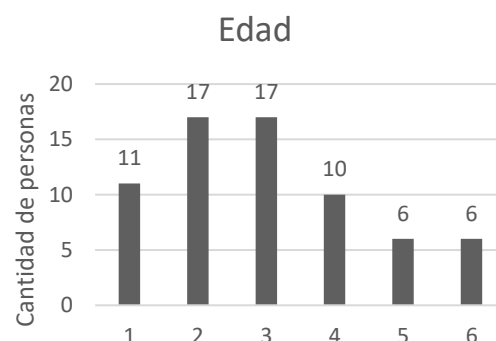
En el municipio, se observa una amplia variedad de ocupaciones (Figura 7a). Según los resultados obtenidos, se puede destacar la participación significativa de las personas dependientes

Figura 6

Distribución de los datos obtenidos de género, edad, lugar de residencia y tipo de vivienda.

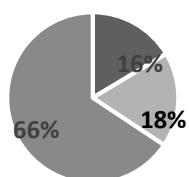


a. Distribución porcentual por sexos.



b. Distribución por rangos de edad.

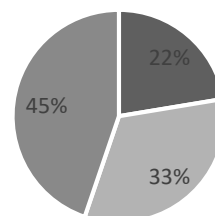
Lugar de residencia



■ Mortiño

c. Distribución porcentual por lugar de residencia.

Tipo de vivienda



■ Familiar ■ Propio ■ Arriendo

d. Distribución porcentual por tipo de vivienda.

Fuente: Elaboración propia

laboralmente, quienes representan el 35 % de la población encuestada. Entre las ocupaciones más comunes de este grupo, se encuentran conductores, estilistas, cocineros, contratistas y docentes, entre otros.

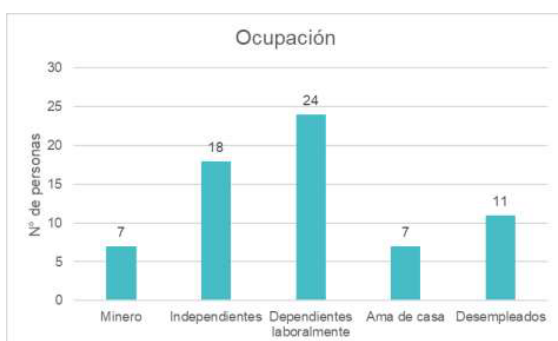
Por otro lado, los trabajadores independientes conforman aproximadamente el 28,2 % de la población encuestada. Este grupo está compuesto por comerciantes, agricultores, ganaderos y otros profesionales que ejercen su actividad de manera autónoma. Los desempleados representan alrededor

del 16 % del total de personas encuestadas, e incluyen principalmente a estudiantes, quienes se encuentran dentro del rango de edad de 18 a 24 años. Es importante destacar que el desempleo es un desafío que afecta a una parte significativa de la población. Además, los mineros conforman aproximadamente el 10 % de la población.

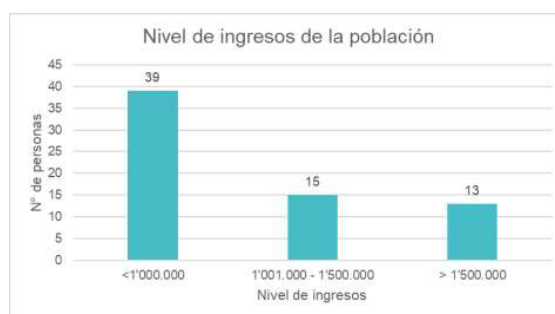
Los ingresos corresponden a un salario mínimo; sin embargo, el 58 % de la población gana menos de COP 1.000.000 mensuales, y reside principalmente en las zonas rurales, mientras que

Figura 7

Distribución de los datos obtenidos entre la ocupación y el nivel de ingresos de la población.



a. Relación entre las ocupaciones de los encuestados.



b. Relación entre el nivel de ingresos de los encuestados.

Fuente: Elaboración propia

quienes ganan más del salario mínimo se encuentran en el casco urbano.

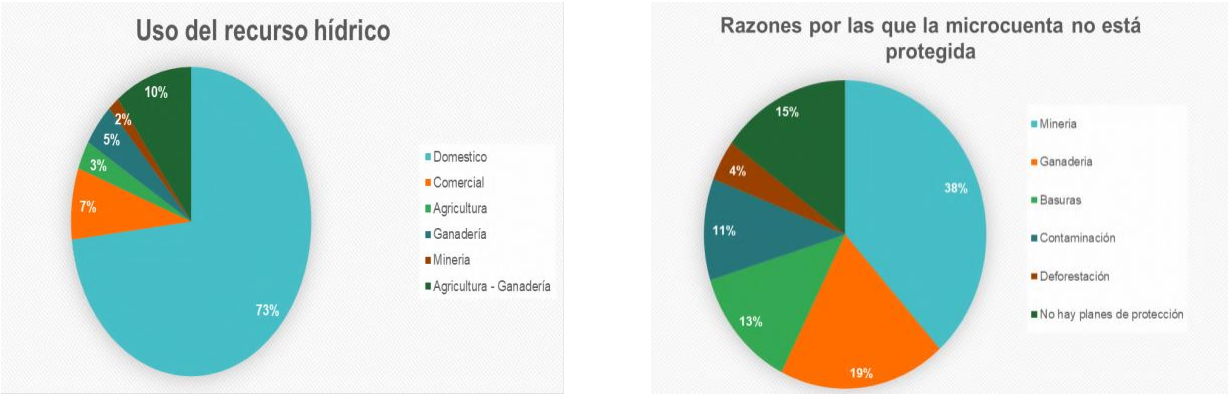
En cuanto al uso que las comunidades le dan al recurso hídrico, se obtuvo que es doméstico (Figura 8), y se evidencia que el 73 % de la población lo usa exclusivamente para el consumo y labores del hogar. Las actividades agropecuarias, en conjunto, ocupan el 10 %, seguidas del uso comercial, con 7 %. Posteriormente, se encuentra la ganadería, seguida de la agricultura como actividad única y por último la minería. La mayoría (46 %) considera que la calidad del agua es buena, mientras que el 40 % indica que es regular. La principal razón es porque no existe un adecuado tratamiento de agua. Por último, el 7 % y el 5 % señalan que el agua es de excelente

y mala calidad, respectivamente. Estas opiniones pueden variar por la ubicación en los barrios dentro del casco urbano y las veredas.

En cuanto a la conservación de la microcuenca, las personas (79 %) tienen la percepción de que no está protegida, pues indican que hay varios factores que están afectando el recurso hídrico. Por ejemplo, mencionaron las actividades de minería o ganadería que perjudican la microcuenca, así como que no hay planes de manejo y que se permite a las personas del común arrojar basura y contaminar de diversas formas. También se refirieron a la deforestación producida en las cercanías de los afluentes de la microcuenca (Figura 8). Dentro de los proyectos que las comunidades consideran importantes para la conservación del

Figura 8

Relación porcentual entre la percepción de los encuestados sobre la microcuenca El Tirque.



Fuente: Elaboración propia

recurso, están la recuperación de la cobertura vegetal mediante la siembra de especies nativas, los procesos de concienciación y sensibilización a través de la educación ambiental con

el trabajo articulado con las comunidades, la eliminación de tensionantes para la ronda hídrica de los causes naturales mediante el aislamiento

Tabla 3

Valores promedio de frecuencias de los grupos con disposición a pagar.

Pagos	x	f	F	xf
0-\$500	250	4	4	1.000
\$500-\$1.000	750	15	19	11.250
\$1.000-\$2.000	1.500	11	30	16.500
\$2.000-\$3.000	2.500	8	38	20.000
\$3.000-\$4.000	3.500	1	39	3.500
\$4.000-\$5.000	4.500	3	42	13.500
>\$5.000	7.500	6	48	45.000
Sumatoria		48	220	110.750

Fuente: Elaboración propia

y, finalmente, los proyectos sostenibles como la apicultura.

Teniendo en cuenta lo anterior, el 72 % de los encuestados manifestó estar dispuesto a realizar un pago adicional mensual en su factura del acueducto para la protección de la microcuenca,

el cual sería entre COP 500 y 2.000, siendo más recurrentes valores entre COP 500 y 1.000 (31 %). Es importante destacar que el 6 % de los encuestados (3 personas) indicaron que pagarían valores superiores a COP 5.000. Estas son respuestas de las personas que obtienen ingresos superiores a un SMLV.

Tabla 4

Valor total de la regulación hídrica anual.

Valor económico anual de la regulación hídrica de la microcuenca El Tirque		Disposición a pagar anual
Actividades para la conservación de la cuenca	\$10.606.071	\$1.745.460
Costo de oportunidad ganadería	\$106.390.006	
Total	\$116.996.077	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3, se relacionan los valores promedio (x) en cada uno de los grupos con disposición a pagar, donde *f* es la frecuencia absoluta, es

decir, las veces que fueron elegidos los valores dentro de cada grupo de precios, mientras que

Discusión

A nivel mundial, la actividad económica de la ganadería requiere actualmente de unas 3.4 billones de ha en praderas y representa cerca de una cuarta parte de las tierras cultivables en el planeta (Marín *et al.*, 2017). En esta investigación, se determinó que la actividad laboral principal de las personas circundantes a la quebrada El Tirque corresponde a la modalidad de *ganado de cría de manera extensiva*. Se llegó a esta determinación a partir del cálculo del costo de oportunidad por el cambio de actividades productivas tradicionales en la microcuenca El Tirque. De igual manera, se evidenció que en el PNN Pisba existen cultivos para la subsistencia de las personas que hacen uso del área protegida.

Los productores encuestados en la investigación afirman que esta actividad no se realiza de manera tecnificada ni con procesos de mejora genética. Por tal razón, los productores no adquieren un servicio de reproducción natural o por procesos de inseminación, y realizan la adquisición del bovino por un costo/valor, lo que representa un problema debido a que la ganadería tradicional ha experimentado impactos sustanciales en términos de productividad y rentabilidad, derivados del agravamiento de episodios de sequías y lluvias asociados al cambio climático y a los cambios en las coberturas vegetales en ecosistemas de gran importancia (Tapasco *et al.*, 2015). Estos efectos adversos guardan una estrecha relación con la baja capacidad de resiliencia de los sistemas ganaderos, la cual se encuentra influenciada por factores como el nivel insuficiente de tecnificación, la escasa disponibilidad de modelos de producción sostenible, la considerable falta de asesoramiento técnico adecuado y la deficiente oferta nutricional (Barahona *et al.*, 2014).

El objetivo principal de este estudio era determinar la disposición a pagar (DAP) de los encuestados, tomando en consideración aspectos relacionados con sus características individuales, su percepción respecto a la importancia de la microcuenca y la disposición a contribuir económicamente para su conservación. Por tal razón, se optó por emplear la metodología de valoración contingente para la evaluación de la disposición a pagar por parte de los usuarios de un servicio, permitiendo la identificación de los recursos

económicos que podrían movilizarse para dicho propósito (Riera, 1994). La encuesta se llevó a cabo entre un total de 67 usuarios del sistema de acueducto ubicados en el municipio de Socha, en las áreas del casco urbano, así como en las veredas de La Laja y El Mortiño, todas ellas abastecidas por la microcuenca El Tirque.

En el proceso de caracterización de los encuestados, se identificó que la mayoría se ubica en el rango de edad de 25 a 44 años, con un 61 % de participantes del género femenino. Además, la mayoría de los encuestados reside en viviendas de carácter arrendado o de propiedad familiar, y suelen ser dependientes económicamente. Además, es relevante destacar que la mayoría reportó ingresos inferiores a un millón de pesos.

En el estudio llevado a cabo por Lizarazo (2018) en el municipio de Duitama (Boyacá) se observaron valores distintos para la disposición a pagar (DAP). Se registró un valor de COP 2.307.943, que incluyó el costo del arriendo, y un valor de COP 3.109.708 cuando se realizó la actividad en terreno propio. La discrepancia en los beneficios netos se debe a la naturaleza de la actividad ganadera en la investigación de Lizarazo, que involucra también la producción de leche y la venta de terneros, generando ingresos anuales, todo en contraste con el ganado de engorde en este caso, cuyo proceso se extiende aproximadamente durante tres años.

Por otra parte, Salazar (2015) determinó que el costo de oportunidad (CO) en la cuenca del río Meléndez en Santiago de Cali, para asegurar la regulación hídrica y la presencia de quebradas, oscila entre un valor mínimo de COP 307.748 y un valor máximo de COP 735.496. Sin embargo, esta evaluación del CO se centró en actividades agrícolas, lo que sugiere que el CO de la ganadería es más elevado que el de los cultivos agrícolas.

En relación con la DAP, el pago promedio mensual obtenido en este estudio fue de COP 1.455, en contraste con el estudio de Sabogal (2017), que obtuvo un promedio de pago mensual de la DAP de COP 6.444. Además, en el año 2013, García realizó una valoración de contingente en el páramo de Santurbán, y estimó que cada

persona presenta una DAP entre COP 3.066 y 17.686, que pagaría de manera bimensual en la factura del agua.

En otro contexto, Carriazo, Ibáñez y García (2003) determinaron que, en el Sistema de Parques Nacionales Naturales, la DAP de los hogares (compuestos por cuatro integrantes) por un suministro sostenible de agua y su conservación es de COP 9.441 al mes. Finalmente, Correa (2005) obtuvo que la DAP por el suministro sostenible de agua es de COP 81.318 por hogar al año, equivalente a COP 6.776 mensuales. De acuerdo con lo anterior, se pudo evidenciar que el valor de la disposición a pagar obtenido en este estudio es muy inferior al compararlo con los estudios mencionados previamente. Para este caso se obtuvo que la mayoría de los encuestados pagarían un valor adicional de COP 500 a 2.000.

La variable relacionada con la percepción de la protección de la microcuenca se reveló como un factor significativo en la DAP de los encuestados. Este hallazgo se alinea con investigaciones previas, como el estudio realizado por Sabogal (2017), que también encontró una relación positiva entre la valoración de la importancia de un recurso natural, como el cerro Quininí en su caso, y la disposición de los encuestados a contribuir económicamente para su conservación. Estos resultados sugieren que en las poblaciones estudiadas existe una preocupación y una prioridad por mantener la provisión de recursos naturales y están dispuestos a respaldar su conservación financiera.

La referencia a la mediana como un valor importante en la DAP es relevante, ya que representa el punto en el cual existe una probabilidad del 50 % de aceptación o rechazo de la contribución propuesta. En este contexto, se menciona que el valor máximo que se podría cobrar a los usuarios del servicio de acueducto es de COP 1.454,55 mensuales. Sin embargo, es esencial notar que esta cantidad es significativamente menor que el monto requerido para garantizar el servicio ecosistémico de regulación hídrica, que asciende a COP 116.996.077.

Esto resalta la necesidad de una contribución conjunta de los gobiernos local y nacional, empresas privadas y ciudadanos para implementar programas de mejora. A pesar de la disposición de los usuarios del acueducto a contribuir, los

fondos generados por ellos no serían suficientes para cubrir los costos requeridos para garantizar la conservación y el funcionamiento efectivo del ecosistema. En este sentido, se pone de manifiesto la importancia de una acción coordinada y sostenida para abordar los desafíos de conservación y manejo de los recursos naturales en estas microcuencas.

Por otro lado, el estudio realizado por Delgado (2015) implementó un modelo de regresión que identificó las variables más influyentes en el modelo, incluidas la zona, el tipo de captación, el pago por el servicio del acueducto y la edad. Esto concuerda con los resultados del modelo de regresión logística en este estudio, que también señaló la edad como una variable significativa relacionada con la DAP. De hecho, la investigación de Delgado sugiere que los individuos más jóvenes muestran una mayor probabilidad de tener una DAP más elevada. Este hallazgo se vincula con la implementación de talleres de educación en algunas veredas del municipio, lo cual refleja un cambio en la perspectiva de las prácticas culturales locales que afectan el medio ambiente.

El 38 % de la población considera que la minería constituye la principal causa de contaminación en la microcuenca El Tirque. Numerosos estudios respaldan esta afirmación, destacando que la minería de carbón ejerce una influencia directa en la contaminación del recurso hídrico debido al proceso de trituración y lavado del carbón, que libera metales y productos químicos tóxicos. Estos contaminantes no solo afectan el recurso hídrico, sino que también contribuyen a la degradación del suelo, la erosión, la inestabilidad del terreno y la pérdida de la cobertura vegetal y la biodiversidad. Es importante subrayar que, cuando las minas son abandonadas, la interacción con la lluvia provoca la oxidación de los minerales, lo que promueve la liberación al ambiente de metales pesados como hierro, aluminio, cadmio y cobre, así como cambios en el pH del agua y el suelo (Osorio, 2015).

Conclusiones

Debido a que el valor que arrojó la disposición a pagar fue bajo comparado con otros estudios (COP 1.455 mensuales por usuario), podría considerarse aumentar el tamaño de la población total beneficiaria del acueducto de Socha que, de acuerdo con la información otorgada por el personal de apoyo del área de planeación de la administración municipal, es de 1.416 usuarios, ya que para este caso solo se tomaron en cuenta los beneficiarios pertenecientes a las veredas del área de influencia de la microcuenca. Este aumento podría posibilitar asumir el costo de oportunidad de los ganaderos y quizás subsidiar algunas de las acciones de intervención propuestas para el mejoramiento de la regulación del recurso hídrico de la microcuenca.

Teniendo en cuenta que el valor del costo de oportunidad de los ganaderos no podrá ser subsidiado completamente por el dinero recaudado a partir de la disposición a pagar de los usuarios del acueducto, se debe considerar prioritario impulsar las actividades relacionadas con la implementación de los sistemas sostenibles, como los sistemas silvopastoriles y el turismo apícola, ya que al no poder erradicar al 100 % la ganadería en la zona, los impactos del pastoreo extensivo se podrían mitigar con el adecuado manejo de estos sistemas, los cuales, además, garantizarían un ingreso para los productores.

En cuanto a los resultados de la DAP, se evidenció que la principal razón por la que las personas no estaban dispuestas al pago era por dificultades económicas; sin embargo, mostraban interés y reconocían la importancia del recurso hídrico que les provee la microcuenca. Por tal motivo, se puede considerar la opción de vincularlas de otra manera al proyecto, por ejemplo, hacerlas partícipes de las jornadas de siembra y mantenimiento de la reforestación.

A pesar de que los habitantes del municipio tienen la percepción de que la minería es una de las principales causas del deterioro de la microcuenca, esta es una de las actividades que generan mayor ingreso para el municipio, razón por la cual no se tuvo en cuenta para el costo de oportunidad, ya que tiene ingresos demasiado altos que dificultan su compensación.

Es importante resaltar la labor que ha venido realizando el PNN Pisba en cuanto a la protección y recuperación de las zonas intervenidas del área protegida, mediante los diferentes acuerdos de conservación, el trabajo con las juntas de acueducto y el proceso de restauración ecológica que se desarrolla en la parte alta de la microcuenca.

Agradecimientos

A la comunidad del municipio de Socha, en especial a los habitantes del casco urbano y de las veredas El Mortiño y La Laja.

Referencias

Calvache, C. (2012). *Estudio de valoración económica y ambiental de un esquema de acuerdos de conservación y/o pagos por servicios ambientales en la reserva natural Azufral Chaitan en el año 2011*. [Informe final de Trabajo de Grado, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto].

Corporación Autónoma Regional De Boyacá [Corpoboyacá]. (2015). Resolución 922.

Departamento Administrativo Nacional de estadística (DANE). (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV): población total censada en hogares particulares y en lugares especiales de alojamiento (LEA) Colombia*.

Delgado, R. (2015). *Valoración económica de bienes y servicios hídricos de la microcuenca del río Yayatá en el municipio de Pacho Cundinamarca*. Universidad Libre.

- García, H., Calderón, L., Hernández, A. & López, J. (2013). *Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán*. Fedesarrollo.
- Guio, P., Pinilla, A., Ballestreros, H. & Espindola, J. (2020). *Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Pisba*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Lizarazo, L. M. (2018). *Lineamientos para establecer un esquema de pago compensatorios por regulación hídrica en el páramo de La Rusia-Duitama, Boyacá*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Marín, M. A. M., Pescador, L. R., Ramos, L. R. & Charry, J. L. A. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Ingeniería y Región*, 17, 1-12.
- Medina, A. & Guerrero, B. (2018). *Lineamientos de priorización de áreas para desarrollo de esquemas de pago por servicios ambientales-caso microcuenca río Negro (Sumapaz-Cundinamarca)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Osorio, J. & Correa, F. (2009). Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente. *Semestre Económico*, 12(25), 11-30.
- Parque Nacional Natural Pisba. (2019). *Programa de monitoreo del Parque Nacional Natural Pisba: documento anexo del Plan de Manejo 2020-2024*. Dirección Territorial Andes Nororientales, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Rivera, P. (1994). *Manual de valoración contingente para el Instituto de Estudios Fiscales* (pp. 22-59).
- Sabogal, D. (2017). *Valoración económica de la provisión del recurso hídrico en la reserva forestal protectora del cerro Quinini (Tibacuy-Cundinamarca)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Salazar. (2015). Diseño de un esquema de compensación por servicios ambientales para la cuenca del río Meléndez en el municipio de Santiago de Cali, Colombia. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, (III), 25-40.
- White, D. & Minang, P. (2011). *Estimating the opportunity costs of REDD+. A training manual*. World Bank Institute.
- Vuille, M. (2013). *El cambio climático y los recursos hídricos en los Andes tropicales*. Banco Interamericano de Desarrollo. http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5826/SR2012_VUILLE_FINAL_ESP.pdf?sequence=1



Foto: Robinson Galindo



Estado del conocimiento de la biodiversidad del bosque húmedo andino del Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos y su área de influencia: logros y avances en la implementación del portafolio de investigaciones



Andrés Felipe Bohórquez Osorio

Ingeniero agrónomo e investigador herbario, Universidad de Caldas - FAUC. Profesional en investigación y monitoreo del Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos. profesionalmonitoreo.picachos@gmail.com

Luz Adriana Malaver Rojas

Bióloga con máster en Conservación y Uso de Biodiversidad. Jefe del Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos. luz.malaver@parquesnacionales.gov.co



Foto: Jorge Iván Valencia

State of knowledge on the biodiversity of the humid andean forest of the “Cordillera de los Picachos” National Natural Park and its area of influence: Achievements and progress in the implementation of the research portfolio

RESUMEN

El bosque húmedo andino es el bioma dominante en el Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos. Se localiza en la transición andino-amazónica, entre el páramo y la zona basal, y abarca el 70,3 % del área protegida, con una cobertura natural de bosque denso alto de tierra firme. Dada la representatividad de este ecosistema y el enfoque de gestión del área protegida durante los últimos cinco años, los esfuerzos de investigación y monitoreo se han enfocado en el levantamiento de inventarios de biodiversidad a través de alianzas estratégicas con investigadores, instituciones y ejercicios propios. Gracias a ello, se listan 854 especies de fauna (abejas, aves, reptiles, anfibios, ictiofauna, mamíferos y mariposas) y 397 de flora. También se registran 26 especies de fauna y flora amenazadas (CR: 1 spp.; EN: 2 spp.; VU: 23 spp.). Actualmente, se realiza el establecimiento y monitoreo de una parcela

permanente de la vegetación y la caracterización participativa de las lauráceas. Por ello, se establece la necesidad de fortalecer el conocimiento del bosque húmedo andino mediante caracterizaciones de peces, abejas y reptiles, así como de epífitas y palmas. Así mismo, se deben generar acciones de conservación de especies amenazadas como la rana arlequín de los Picachos (*Atelopus petriruizi*) por ser la única especie con categoría en peligro crítico y sin registros desde 1997. El conocimiento biológico acumulado del bosque húmedo andino como valor objeto de conservación, es la ruta para comprender las dinámicas generales y específicas del gradiente altitudinal, ideales para un área protegida influenciada por los Andes, la Amazonía y la Orinoquía.

Palabras clave: andino-amazónico, conservación, gradiente altitudinal, transición, biodiversidad.

ABSTRACT

The Andean Humid Forest is the dominant biome in the Cordillera de los Picachos National Natural Park. Located at the Andean-Amazonian transition, between the páramo and the basal zone, it covers 70.3 % of the protected area with dense highland forest. Due to the significance of this ecosystem and the protected area's management focus, research and monitoring efforts over the past five years have concentrated on biodiversity inventories through strategic partnerships with researchers, institutions, and internal initiatives. As a result, 854 species of fauna (bees, birds, herpetofauna, fish, mammals and butterflies) and 397 species of flora have been cataloged. Among them, 26 species are threatened (CR: 1 spp.; EN: 2 spp.; VU: 23 spp.). Currently, a Permanent Vegetation Plot is being established and monitored, along with the participatory characterization of Lauraceae. There is a need to enhance knowledge of the Andean Humid Forest through characterizations of fish, bees, herpetofauna, epiphytes and palms. Additionally, conservation actions are necessary for threatened species such as the Picachos harlequin frog (*Atelopus petruizi*), the only critically endangered species not recorded since 1997. The accumulated biological knowledge of the Andean Humid Forest, as a conservation value, provides insights into the general and specific dynamics of the altitudinal gradient, which is ideal for a protected area influenced by the Andes, Amazon and Orinoquía regions.

Key words: Andean-Amazonian, conservation, altitudinal gradient, transition, biodiversity.

Introducción

El Parque Nacional Natural (PNN) Cordillera de los Picachos, desde su declaración en 1977, estableció como objetivos conservar los ecosistemas característicos de la región andino-amazónica y los recursos hídricos de la región, lo cual se resalta en el ciclo de manejo 2016-2020 (Malaver *et al.*, 2017), al abordar de manera efectiva el enfoque ecosistémico (Smith & Maltby, 2003) y gracias a la interpretación de las situaciones y prioridades de manejo que surgen en cada vigencia, mediante una construcción colectiva con actores locales y estratégicos.

Fundamentados en la implementación del portafolio de proyectos de investigación del área protegida (Malaver *et al.*, 2016), que prioriza la generación de conocimiento sobre la composición de los ecosistemas, el estado de la biodiversidad y la distribución de los diferentes grupos taxonómicos del gradiente altitudinal del bosque húmedo andino; desde el Parque se han

realizado procesos de articulación con instituciones académicas, científicas y de conservación para la formulación y ejecución de proyectos de investigación en biodiversidad.

Paralelamente, se cuenta con un grupo de monitores e investigadores locales, conformado por representantes de las familias suscriptoras de acuerdos de conservación, los cuales participan en las investigaciones y en diferentes proyectos para mejorar la relación con la naturaleza mediante el uso y la valoración sostenible de la biodiversidad. Se resalta su acompañamiento dadas las complejidades de orden público y los efectos del conflicto en el área protegida. También se presenta un compendio y análisis de las investigaciones realizadas por el equipo del área protegida, así como de fuentes externas, con el objetivo de establecer una base biológica del bosque húmedo andino que oriente nuevos escenarios de manejo.

Métodos

Área de estudio

El PNN Cordillera de Los Picachos se ubica en la vertiente del este de la cordillera Oriental, en jurisdicción de los municipios de San Vicente del Caguán (departamento del Caquetá) y Uribe (departamento del Meta), con una superficie aproximada de 287,493 ha. El bioma y valor objeto de conservación (VOC) *bosque húmedo andino* representa el 70,3 % del área protegida, registra una cobertura natural continua de bosque denso alto de tierra firme, de 500 a 2.800 m s. n. m (Bohórquez & Malaver, 2022), y alberga dos ecosistemas (bosque andino y bosque subandino). Su atributo principal es el amplio gradiente altitudinal, que influye en las condiciones climáticas, las propiedades y biología del suelo, la estructura poblacional y la fisiología de

las especies (Murga. *et al.*, 2021). Todo esto, sumado a la influencia climática de la corriente atmosférica húmeda de bajo nivel del Orinoco o chorro del Orinoco (Builes *et al.*, 2022), presenta a este bioma con un complejo recambio de especies (Castaño *et al.*, 2020). A nivel regional, en este bioma confluyen los Andes y el Amazonas de los departamentos del Caquetá, Cauca y Putumayo, y se considera el ecosistema con la mayor biodiversidad de la Amazonia colombiana (Hernández & Sánchez, 1992).

Recolección de información

Se realizó una compilación de los informes anuales de investigación y monitoreo, así como de los informes finales de instituciones

del Sistema Nacional Ambiental (SINA), de entidades públicas o privadas, y de contratistas, todos los cuales se articularon con el área protegida para la implementación del portafolio de proyectos de investigación. Así mismo, se realizó una revisión sistemática de información secundaria sobre diversidad biológica del PNN Cordillera de los Picachos y su área de influencia en las bases de datos Springerlink, Redalyc, Scopus, Scielo y Google Académico. En cada una de ellas se ingresaron las siguientes frases y palabras en español y en inglés: Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos, transición andino-amazónica, gradiente altitudinal, Caquetá, Caguán y Uribe. Estas palabras se combinaron con los términos biodiversidad y bosque, e igualmente se revisaron

repositorios de universidades y artículos de revistas colombianas sobre biodiversidad, ciencias naturales y conservación: *Acta Biológica Colombiana*; *Actualidades Biológicas*; *Biota Colombiana*; *Boletín Científico del Centro de Museos*; *Caldasia*; *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, y *Revista Colombia Amazónica*.

Para el análisis, se seleccionaron aquellos documentos que incorporaron información relacionada con el objetivo propuesto y los siguientes criterios: 1) datos ecológicos sustentados con una metodología, y 2) taxones soportados con ejemplares de referencia o un sustento de la determinación taxonómica.

Resultados y discusión

Investigaciones y alianzas

Se registraron 19 documentos sobre caracterizaciones biológicas en el bosque húmedo andino del PNN Cordillera de los Picachos y su área de influencia (Anexo 1). Catorce fueron informes técnicos generados por el área protegida, cuatro fueron artículos en revistas indexadas y hubo un artículo inédito. El estudio más antiguo data de 1999, en el que se registra una nueva especie de *Atelopus*. Por su parte, el 57 % de las investigaciones se registraron entre 2021 y 2022, en concordancia con la implementación del portafolio de proyectos de investigación y del plan de manejo 2017-2021. Lo anterior evidenció la efectividad en la gestión de alianzas estratégicas de investigación con nueve institutos de investigación, universidades y ONG por parte del área protegida: UPJ, Herbario Surco, UniMagdalena, Sinchi, Fundación Palmita, WWF, Compañía Campo-Colombia y Fundación Trópico, entre otros. A su vez, se registraron cinco investigaciones sobre flora, cuatro de aves, cuatro de reptiles y tres de mamíferos. En cuanto a las abejas, las mariposas y los peces, se registró una investigación, respectivamente. Respecto al estudio de las aves, en este se halló la participación del 50 % de los aliados estratégicos.

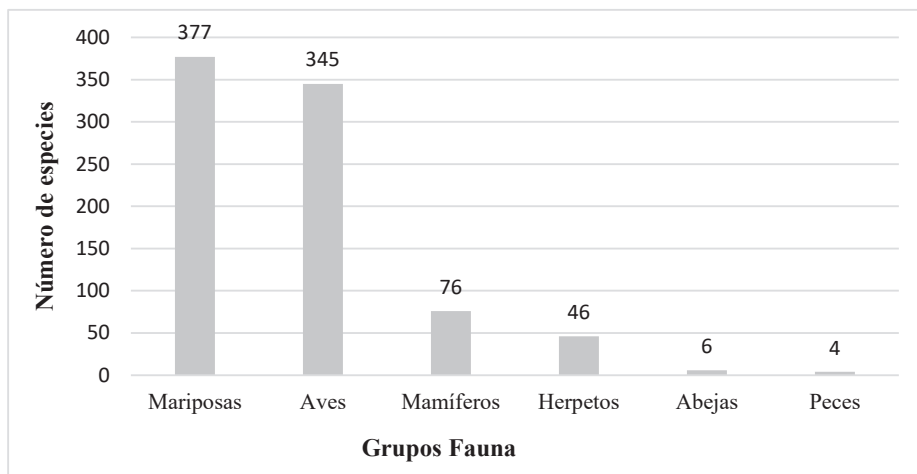
Actualmente, están en ejecución las siguientes investigaciones: 1) "Establecimiento de una parcela permanente de una hectárea para el monitoreo de la vegetación en el bosque húmedo andino (PPM)", con el objetivo de conocer la composición y estructura, lo que hará más robusto el conocimiento de este ecosistema, y 2) "Caracterización participativa de las lauráceas del PNN Los Picachos y su área de influencia", la cual tiene como objeto reconocer las especies de lauráceas, desde la clasificación local y científica, bajo el análisis de percepción y reconocimiento de estos árboles por parte de la comunidad y la verificación taxonómica de ejemplares idóneos.

Base biológica

Se registraron 854 especies de fauna, particularmente en los grupos de aves, abejas, reptiles, mamíferos, mariposas y peces (Figura 1, Anexo 2.). El mayor conocimiento fue para mariposas, con 377 especies (44 %), y aves, con 345 ejemplares (40 %).

Figura 1

Número de especies por grupo de fauna registradas en el bosque húmedo andino del PNN Cordillera de los Picachos.



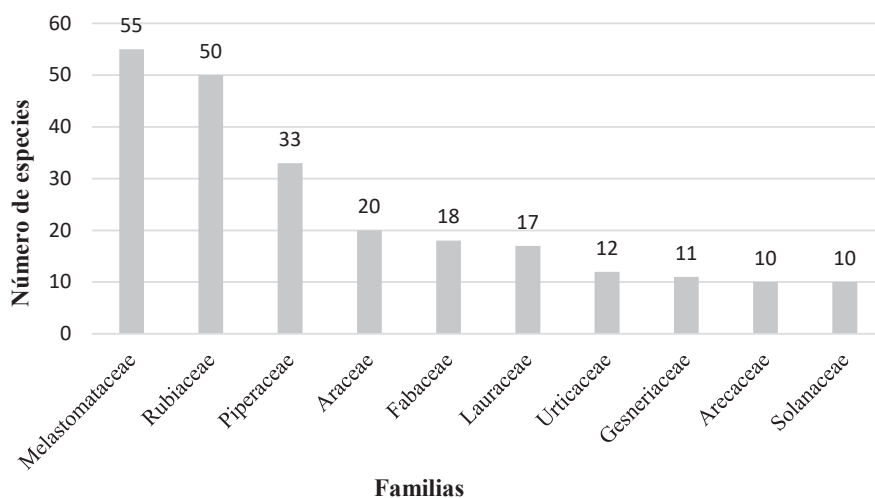
Fuente: Elaboración propia

A nivel de flora, se registraron 72 familias y 397 especies. La flora vascular está representada por 99 % de angiospermas y 1 % de helechos y afines. Las familias Melastomataceae, Rubiaceae,

Piperaceae y Araceae fueron las más diversas (Figura 2). Por su parte, los árboles constituyen el hábito de crecimiento predominante registrado en las investigaciones.

Figura 2

Familias de flora con el mayor número de especies registradas en el bosque húmedo andino del PNN Cordillera de los Picachos.



Fuente: Elaboración propia

Del total de especies registradas, el 2 % (26 spp.) son amenazadas (CR: 1 spp.; EN: 2 spp.; VU: 23 spp.). El mayor número de especies amenazadas se registra en mamíferos (11), aves (9) y plantas (5). Los herpetos reportan una especie amenazada (Tabla 1).

Tabla 1

Taxones y especies con categoría de amenaza (Resolución 1912 de 2017 y Lista roja UICN 2023).

Taxon	Especie
En Peligro Crítico (CR)	
Herpetos	<i>Atelopus petriruizi</i>
En Peligro (EN)	
Plantas	<i>Huilaea penduliflora</i>
	<i>Piper longicaudatum</i>
Vulnerable (VU)	
Aves	<i>Ara militaris</i>
	<i>Crax alector</i>
	<i>Dysithamnus leucostictus</i>
	<i>Grallaria cuculata</i>
	<i>Hypopyrrhus pyrohypogaster</i>
	<i>Patagioenas subvinacea</i>
	<i>Ramphastos tucanus</i>
	<i>Setophaga cerulea</i>
	<i>Thamnophilus tenuipunctatus</i>
Mamíferos	<i>Aotus lemurinus</i>
	<i>Ateles belzebuth</i>
	<i>Dinomys branikii</i>
	<i>Lagothrix lagotricha lugens</i>
	<i>Leopardus tigrinus</i>
	<i>Lontra longicaudis</i>
	<i>Mazama rufina</i>
	<i>Odocoileus virginianus</i>
	<i>Panthera onca</i>
	<i>Tapirus terrestres</i>
	<i>Tremarctos ornatus</i>

Plantas	<i>Guarea juglandiformis</i>
	<i>Miconia annulata</i>
	<i>Rustia alba</i>

Fuente: Elaboración propia

Al relacionar los sitios de muestreo de las 19 investigaciones, se registraron 27 especies frecuentes por su registro en varias localidades. Así mismo, se puede inferir que por el alcance y la ubicación de los sitios de muestreo, las especies se encuentran en coberturas de bosque denso alto y vegetaciones secundarias altas (Tabla 2).

Tabla 2

Taxones y especies con categoría de amenaza (Resolución 1912 de 2017 y Lista roja UICN 2023).

Taxón	Especie registradas
Aves	<i>Brachygalba lugubris</i> , <i>Coereba flaveola</i> , <i>Coragyps atratus</i> , <i>Mionectes olivaceus</i> , <i>Psarocolius decumanus</i> , <i>Ramphastos ambiguus</i> , <i>Rupornis magnirostris</i> , <i>Sayornis nigricans</i> , <i>Syrigma sibilatrix</i> , <i>Tangara chilensis</i> , <i>Thraupis episcopus</i> , <i>Turdus ignobilis</i> , <i>Zimmerius chrysops</i> y <i>Zonotrichia capensis</i>
Reptiles	<i>Allobates insperatus</i> y <i>Dendropsophus parviceps</i>
Mamíferos	<i>Cuniculus paca</i> , <i>Dasyprocta fuliginosa</i> , <i>Dasypus novemcinctus</i> , <i>Eira barbara</i> , <i>Herpailurus yagouaroundi</i> , <i>Nasua nasua</i> , <i>Leopardus pardalis</i> , <i>Puma concolor</i> y <i>Tremarctos ornatus</i>
Plantas	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> y <i>Saurauia aromatica</i>

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El consolidado de investigaciones biológicas sobre el PNN Cordillera de los Picachos, permitió reconocer los avances de manera sistemática, así como proyectar las necesidades de conocimiento de la base natural mediante muestreos en distintas altitudes y con diferentes taxones. Además, están articulados a las necesidades priorizadas por las demás líneas de gestión del Parque.

Con la información presentada, se tiene un panorama para considerar acciones de investigación dirigidas a la conservación de taxones con categoría de riesgo, y de especies indicadoras en los monitoreos, para implementación, formulación y generación de análisis robustos centrados en comprender la dinámica biótica en el gradiente altitudinal de la transición andino-amazónica (Álvarez et al., 2019; Ávila, 2016; Marín, 2020; Marín et al., 2020; Olaya et al., 2020).

Referencias

- Álvarez, B., Castaño, R., Hoyos, D., Velasco, A., Peña, J. L. & Sanín, D. (2019). Angiospermas no arbóreas de un bosque húmedo tropical en el piedemonte andino-amazónico colombiano. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 23(2), 62-94. <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.2.3>
- Álvarez, M., Escobar, F., Mendoza, H., & Villareal, H. (1999). *Caracterización de la biodiversidad en áreas prioritarias de la vertiente oriental de la cordillera Oriental*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Bohórquez-Osorio, A. F. & Malaver-Rojas. (2022). *Ficha de línea base valor objeto de conservación Bosque Húmedo Andino. PNN Cordillera de Los Picachos*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Builes, A., Yepes, J. & Salas, H. (2022). The Orinoco Low-Level Jet and Its Association with the Hydroclimatology of Northern South America. *Hidrometeorology*, 23(2).
- Castaño, N., Cárdenas, D., Marín, N., Daly, D., Betancur, J., Alvaro, W., Barona-Colmenares, A. A., Sua, S. & Peña, M. (2020). Diversidad florística del camino Andakí, municipio de Belén de los Andaquíes (Caquetá, Colombia). *Revista Colombiana Amazónica*, 12.
- Hernández, C. J. & Sánchez, H. (1992). Biomas terrestres de Colombia. En Halffter (Ed.), *La diversidad biológica de Iberoamérica*, vol. I. Acta Zoológica Mexicana, Nueva serie.
- Malaver-Rojas, L. A., Hernández-Garay, C., Perdomo-Cardozo, J. E. & Plazas, L. (2016). *Portafolio de proyectos de investigación Parque Nacional Natural Cordillera de Los Picachos. Plan de Manejo PNN Cordillera de Los Picachos 2016-2021*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Malaver-Rojas, L. A., Hernández, C. J., Perdomo, V. I., Zamora, O. L., Mellizo, E. & Castañeda-Yucuma. (2017). *Plan de Manejo Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Marín-Canchala, N. L. (2020). *Variación de la vegetación, carbono y propiedades del suelo en un gradiente altitudinal del Piedemonte Andino-Amazónico (Caquetá-Colombia)* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Marín, N., Cárdenas, D., Castaño, N. & Sua, S. (2020). Diversidad florística en la cuenca media y alta del río Hacha, municipio de Florencia (Caquetá). *Revista Colombiana Amazónica*, 12.
- Murga-Orrillo, H., Jorge, M. F. C., Abanto-Rodríguez, C. & Lobo, F. D. A. (2021). Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales. *Madera y Bosques*, 27(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732271>
- Olaya-Montes, A., Peña-Gomez, A. I., Silva-Olaya, A. M., Trujillo-Calderon, W. F., Trujillo-Trujillo, E. & Ortiz-Morea, F. A. (2022). Caracterización florística en bosques de la transición Andino-Amazónica del Caquetá. En A. M. Silva Olaya y F. A. Ortiz Morea (Eds.), *Explorando la conexión entre el suelo y la cobertura aérea de los bosques de la Amazonía noroccidental*. Editorial Universidad de la Amazonía.
- Smith, R. D. & Maltby, E. (2003). *Using the Ecosystem Approach to Implement the Convention on Biological Diversity: Key Issues and Case Studies*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge.

Anexo 1

Relación de las investigaciones registradas en el PNN Cordillera de Los Picachos.

Grupo taxonómico	Año	Autor	Título	Tipo documento	Alianza
Abejas	2022	Sánchez, y Vargas	Diversidad de abejas en el Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos y ZRC Pato-Balsillas	Informe técnico	Compañía Campo Colombia & World Wildlife Fund for Nature (WWF)
Aves	2002	Salaman et al.	New and Noteworthy bird records from the east slope of the Andes of Colombia	Artículo científico	
Aves	2019	Carrillo	Caracterización de la avifauna en el Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos	Informe técnico	Instituto Sinchi, herbario de la Universidad Surcolombiana (SURCO) y Universidad del Magdalena
Aves	2021	Carantón	Avifauna en dos atractivos turísticos en el PNN Cordillera de los Picachos y su zona de influencia	Informe técnico	Fundación la Palmita y World Wide Fund for Nature (WWF)
Aves	2022	Camacho	Caracterización de avifauna y flora en el potencial atractivo ecoturístico Andalucía del Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos	Informe técnico	Fundación Trópico
Herpetos	1999	Ardila	Una nueva especie de <i>Atelopus</i> A.M.C. Dumeril & Bibron 1841 (Amphibia: Anura: Bufonidae) de la cordillera Oriental colombiana	Artículo científico	
Herpetos	2002	Grant & Ardila-Robayo	A new species of <i>Colostethus</i> (Anura: dendrobatidae) from the eastern slopes of the cordillera Oriental of Colombia	Artículo científico	

Grupo taxonómico	Año	Autor	Título	Tipo documento	Alianza
Herpetos	2019	Montes	Caracterización de la herpetofauna en el Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos	Informe técnico	Instituto Sinchi, herbario de la Universidad Surcolombiana (Surco) y Universidad del Magdalena
Herpetos	2021	Sánchez	Herpetofauna en dos atractivos turísticos en el PNN Cordillera de los Picachos y su zona de influencia	Informe técnico	Fundación la Palmita y World Wide Fund for Nature (WWF)
Mamíferos	2021	García	Mamíferos medianos y grandes en dos atractivos turísticos en el Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos y su zona de influencia	Informe técnico	Fundación la Palmita y World Wide Fund for Nature (WWF)
Mamíferos	2021	Rodríguez	Murciélagos en dos atractivos turísticos en el PNN Cordillera de los Picachos y su zona de influencia.	Informe técnico	Fundación la Palmita y World Wide Fund for Nature (WWF)
Mamíferos	2022	Malaver-Rojas et al.	Caracterización de los medianos y grandes mamíferos en un bosque húmedo subandino, Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos	Artículo científico (inédito)	ProCAT y World Wide Fund for Nature (WWF)
Mariposas	2021	Parrales	Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) en dos atractivos turísticos en el PNN Cordillera de los Picachos y su zona de influencia	Informe técnico	Palmita y World Wide Fund for Nature (WWF)
Peces	2018	Zamudio	Inventario de los peces de la cuenca del río Pato en el PNN Cordillera de Los Picachos y su área de influencia	Informe técnico	Dirección Territorial Orinoquia (DTOR)

Grupo taxonómico	Año	Autor	Título	Tipo documento	Alianza
Plantas	2012	Mendoza.	Patrones de riqueza específica de las familias Melastomataceae y Rubiaceae en la cordillera Oriental, Colombia, norte de los Andes y consideraciones para la conservación	Artículo científico	
Plantas	2019	Jiménez	Caracterización florística en el Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos	Informe técnico	Instituto Sinchi, herbario de la Universidad Surcolombiana (Surco) y Universidad del Magdalena
Plantas	2021	Trujillo	Flora en dos atractivos turísticos en el PNN Cordillera de los Picachos y su zona de influencia	Informe técnico	Palmita y World Wide Fund for Nature (WWF)
Plantas	2022	Bohórquez-Osorio y Malaver-Rojas	Informe de implementación portafolio de investigación 2022. Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos: Parcela permanente de vegetación	Informe técnico	
Plantas	2022	Cabezas	Caracterización de la flora en el potencial atractivo ecoturístico Andalucía del Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos	Informe técnico	Fundación Trópico

Anexo 2

Listado de especies de flora y fauna registradas en el bosque húmedo tropical del PNN Cordillera de Los Picachos.

Flora

Familia	Especie	Familia	Especie
Acanthaceae	<i>Aphelandra crispata</i>	Melastomataceae	<i>Miconia pubipetala</i>
Acanthaceae	<i>Aphelandra latibracteata</i>	Melastomataceae	<i>Miconia smaragdina</i>
Acanthaceae	<i>Justicia boliviana</i>	Melastomataceae	<i>Miconia spatellaphora</i>
Acanthaceae	<i>Justicia laevilinguis</i>	Melastomataceae	<i>Miconia tenuifolia</i>
Actinidaceae	<i>Saurauia aromatica</i>	Melastomataceae	<i>Miconia trinervia</i>
Anacardiaceae	<i>Spondias globosa</i>	Melastomataceae	<i>Miconia velutina</i>
Anacardiaceae	<i>Tapirira retusa</i>	Melastomataceae	<i>Monolena primuliflora</i>
Annonaceae	<i>Annona</i> sp. 1	Melastomataceae	<i>Tococa platyphylla</i>
Annonaceae	<i>Crematosperma megalophyllum</i>	Melastomataceae	<i>Wurdastom cuatrecasasii</i>
Annonaceae	<i>Guatteria</i> sp. 1	Meliaceae	<i>Guarea grandifoliola</i>
Annonaceae	<i>Unonopsis veneficiorum</i>	Meliaceae	<i>Guarea juglandiformis</i>
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana longipes</i>	Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i>
Araceae	<i>Anthurium breviscapum</i>	Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i>
Araceae	<i>Anthurium cuspidatum</i>	Monimiaceae	<i>Mollinedia</i> sp. 1
Araceae	<i>Anthurium eminens</i>	Moraceae	<i>Ficus amazonica</i>
Araceae	<i>Anthurium incurvatum</i>	Moraceae	<i>Ficus maxima</i>
Araceae	<i>Anthurium mindense</i>	Moraceae	<i>Ficus schipii</i>
Araceae	<i>Anthurium myosuroides</i>	Moraceae	<i>Helicostylis tovariensis</i>
Araceae	<i>Anthurium obtusum</i>	Moraceae	<i>Naucleopsis</i> sp. 1
Araceae	<i>Anthurium oxybelium</i>	Moraceae	<i>Perebea mennegae</i>
Araceae	<i>Anthurium rugulosum</i>	Moraceae	<i>Sorocea muriculata</i>
Araceae	<i>Anthurium truncicola</i>	Moraceae	<i>Sorocea pubivena</i>
Araceae	<i>Dieffenbachia cannifolia</i>	Myristicaceae	<i>Compsoneura sprucei</i>
Araceae	<i>Monstera lechleriana</i>	Myristicaceae	<i>Otoba glycyarpa</i>
Araceae	<i>Monstera obliqua</i>	Myristicaceae	<i>Otoba parvifolia</i>
Araceae	<i>Philodendron asplundii</i>	Myristicaceae	<i>Virola elongata</i>
Araceae	<i>Philodendron colombianum</i>	Myrtaceae	<i>Eugenia biflora</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Araceae	<i>Philodendron exile</i>	Myrtaceae	<i>Eugenia citrifolia</i>
Araceae	<i>Philodendron palaciosii</i>	Myrtaceae	<i>Eugenia heterochroma</i>
Araceae	<i>Philodendron</i> sp. nov.	Myrtaceae	<i>Eugenia lambertiana</i>
Araceae	<i>Philodendron wurdackii</i>	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp. 1
Araceae	<i>Rhodospatha</i> sp. 1	Myrtaceae	<i>Myrcia</i> cf. <i>paivae</i>
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Myrtaceae	<i>Myrcia magnolifolia</i>
Araliaceae	<i>Dendropanax neblinae</i>	Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp. 1
Araliaceae	<i>Oreopanax</i> sp. 1	Nyctaginaceae	<i>Neea macrophylla</i>
Arecaceae	<i>Geonoma deversa</i>	Nyctaginaceae	<i>Neea</i> sp. 1
Arecaceae	<i>Geonoma maxima</i>	Ochnaceae	<i>Lacunaria crenata</i>
Arecaceae	<i>Geonoma</i> sp. 1	Olacaceae	<i>Heisteria acuminata</i>
Arecaceae	<i>Geonoma triglochis</i>	Orchidaceae	<i>Epidendrum macrostachyum</i>
Arecaceae	<i>Hyospathe elegans</i>	Orchidaceae	<i>Pleurothallis homalantha</i>
Arecaceae	<i>Oenocarpus minor</i>	Orchidaceae	<i>Psycmorchis pusilla</i>
Arecaceae	<i>Prestoea acuminata</i>	Orchidaceae	<i>Stelis aviceps</i>
Arecaceae	<i>Socratea</i> sp. 1	Orchidaceae	<i>Stelis flexuosa</i>
Arecaceae	<i>Wettinia praemorsa</i>	Phyllanthaceae	<i>Hieronyma oblonga</i>
Asteraceae	<i>Asteraceae</i> sp. 1	Phyllanthaceae	<i>Hieronyma</i> sp. 1
Asteraceae	<i>Clibadium eggersi</i>	Phyllonomaceae	<i>Phyllonoma ruscifolia</i>
Asteraceae	<i>Mikania congesta</i>	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca rivinoides</i>
Asteraceae	<i>Pseudoelephantopus</i> sp. 1	Picramniaceae	<i>Picramnia sellowii</i>
Asteraceae	<i>Vernonanthura patens</i>	Piperaceae	<i>Peperomia elongata</i>
Begoniaceae	<i>Begonia guaduensis</i>	Piperaceae	<i>Peperomia latilimba</i>
Boraginaceae	<i>Cordia hebeclada</i>	Piperaceae	<i>Peperomia quaesita</i>
Boraginaceae	<i>Cordia</i> sp. 1	Piperaceae	<i>Peperomia serpens</i>
Boraginaceae	<i>Cordia</i> sp. 1	Piperaceae	<i>Peperomia</i> sp. 1
Bromeliaceae	<i>Guzmania brasiliensis</i>	Piperaceae	<i>Peperomia</i> sp. 2
Bromeliaceae	<i>Tillandsia buseri</i>	Piperaceae	<i>Peperomia</i> sp. 3
Bromeliaceae	<i>Vriesea dubia</i>	Piperaceae	<i>Piper andakiense</i>
Burseraceae	<i>Crepidospermum rhoifolium</i>	Piperaceae	<i>Piper archeri</i>
Burseraceae	<i>Dacryodes granatensis</i>	Piperaceae	<i>Piper bredemeyeri</i>
Burseraceae	<i>Protium calanense</i>	Piperaceae	<i>Piper calanyanum</i>
Burseraceae	<i>Protium sagotianum</i>	Piperaceae	<i>Piper</i> cf. <i>crassinervium</i>
Burseraceae	<i>Protium</i> sp. 1	Piperaceae	<i>Piper corpulentispicum</i>
Burseraceae	<i>Tetragastris altissima</i>	Piperaceae	<i>Piper crassinervium</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Campanulaceae	<i>Centropogon curvatus</i>	Piperaceae	<i>Piper cuniculorum</i>
Campanulaceae	<i>Centropogon gamosepalus</i>	Piperaceae	<i>Piper demeraranum</i>
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i>	Piperaceae	<i>Piper fonteboanum</i>
Celastraceae	<i>Peritassa pruinosa</i>	Piperaceae	<i>Piper immutatum</i>
Celastraceae	<i>Salacia ulei</i>	Piperaceae	<i>Piper lanceifolium</i>
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum</i> cf. <i>racemosum</i>	Piperaceae	<i>Piper littlei</i>
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum colombianum</i>	Piperaceae	<i>Piper longicaudatum</i>
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella racemosa</i>	Piperaceae	<i>Piper obtusilimbium</i>
Clusiaceae	<i>Chrysochlamys dependens</i>	Piperaceae	<i>Piper peltatum</i>
Clusiaceae	<i>Chrysochlamys ulei</i>	Piperaceae	<i>Piper planipes</i>
Clusiaceae	<i>Clusia amazonica</i>	Piperaceae	<i>Piper repentense</i>
Clusiaceae	<i>Clusia lineata</i>	Piperaceae	<i>Piper</i> sp. nov. 1
Clusiaceae	<i>Clusia loranthacea</i>	Piperaceae	<i>Piper</i> sp. nov. 2
Clusiaceae	<i>Tovomita pyrifolia</i>	Piperaceae	<i>Piper</i> sp. 1
Combretaceae	<i>Buchenavia</i> sp. 1	Piperaceae	<i>Piper</i> sp. 2
Commelinaceae	<i>Dichorisandra villosula</i>	Piperaceae	<i>Piper</i> sp. 3
Commelinaceae	<i>Tradescantia zanonía</i>	Piperaceae	<i>Piper subasperifolium</i>
Costaceae	<i>Costus scaber</i>	Piperaceae	<i>Piper subasperifolium</i>
Cucurbitaceae	<i>Rytidostylis amazonica</i>	Piperaceae	<i>Piper variegatum</i>
Cyatheaceae	<i>Cyathea lindeniana</i>	Piperaceae	<i>Piper yanaconasense</i>
Cyatheaceae	<i>Cyathea squamipes</i>	Poaceae	<i>Guadua glomerata</i>
Euphorbiaceae	<i>Acalypha cuneata</i>	Polygonaceae	<i>Coccoloba densifrons</i>
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	Polygonaceae	<i>Coccoloba paraensis</i>
Euphorbiaceae	<i>Conceveiba pleiostemona</i>	Polygonaceae	<i>Triplaris dugandii</i>
Fabaceae	<i>Clitoria arborea</i>	Polypodiaceae	<i>Microgramma percussa</i>
Fabaceae	<i>Crotalaria nitens</i>	Polypodiaceae	<i>Microgramma reptans</i>
Fabaceae	<i>Dioclea ucayalina</i>	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis</i> sp. 1
Fabaceae	<i>Inga acreana</i>	Primulaceae	<i>Ardisia</i> cf. <i>foetida</i>
Fabaceae	<i>Inga</i> cf. <i>punctata</i>	Primulaceae	<i>Ardisia</i> sp. 1
Fabaceae	<i>Inga cordatoalata</i>	Primulaceae	<i>Clavija longifolia</i>
Fabaceae	<i>Inga edulis</i>	Primulaceae	<i>Cybianthus schlimii</i>
Fabaceae	<i>Inga gracilior</i>	Primulaceae	<i>Stylogyne longifolia</i>
Fabaceae	<i>Inga ilta</i>	Proteceae	<i>Panopsis sessilifolia</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Fabaceae	<i>Inga marginata</i>	Rosaceae	<i>Prunus debilis</i>
Fabaceae	<i>Inga pezizifera</i>	Rosaceae	<i>Prunus moritziana</i>
Fabaceae	<i>Inga porcata</i>	Rosaceae	<i>Rubus urticifolius</i>
Fabaceae	<i>Inga stipulacea</i>	Rubiaceae	<i>Cinchona officinalis</i>
Fabaceae	<i>Inga tenuistipula</i>	Rubiaceae	<i>Condaminea corymbosa</i>
Fabaceae	<i>Machaerium</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Elaeagia alterniramosa</i>
Fabaceae	<i>Macholobium</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Elaeagia utilis</i>
Fabaceae	<i>Senna papilosa</i>	Rubiaceae	<i>Faramea flavicans</i>
Gesneriaceae	<i>Besleria solanoides</i>	Rubiaceae	<i>Faramea multiflora</i>
Gesneriaceae	<i>Besleria</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>
Gesneriaceae	<i>Columnea anisophylla</i>	Rubiaceae	<i>Hillia macrophylla</i>
Gesneriaceae	<i>Columnea ericae</i>	Rubiaceae	<i>Hippotis albiflora</i>
Gesneriaceae	<i>Columnea purpurata</i>	Rubiaceae	<i>Hoffmannia coronata</i>
Gesneriaceae	<i>Corytoplectus schlimii</i>	Rubiaceae	<i>Hoffmannia obovata</i>
Gesneriaceae	<i>Drymonia coccinea</i>	Rubiaceae	<i>Hoffmannia pittieri</i>
Gesneriaceae	<i>Drymonia lanceolata</i>	Rubiaceae	<i>Hoffmannia</i> sp. 1
Gesneriaceae	<i>Glossoloma medusaeum</i>	Rubiaceae	<i>Isertia laevis</i>
Gesneriaceae	<i>Pearcea reticulata</i>	Rubiaceae	<i>Isertia laevis</i>
Gesneriaceae	<i>Reldia alternifolia</i>	Rubiaceae	<i>Joosia umbellifera</i>
Heliconiaceae	<i>Heliconia aemygdiana</i>	Rubiaceae	<i>Ladenbergia</i> cf. <i>oblongifolia</i>
Heliconiaceae	<i>Heliconia densiflora</i>	Rubiaceae	<i>Ladenbergia magnifolia</i>
Heliconiaceae	<i>Heliconia dielsiana</i>	Rubiaceae	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>
Heliconiaceae	<i>Heliconia orthotricha</i>	Rubiaceae	<i>Ladenbergia</i> sp. 1
Heliconiaceae	<i>Heliconia schumaniana</i>	Rubiaceae	<i>Manettia cordifolia</i>
Heliconiaceae	<i>Heliconia spathocircinata</i>	Rubiaceae	<i>Manettia suratensis</i>
Heliconiaceae	<i>Heliconia stricta</i>	Rubiaceae	<i>Notopleura capacifolia</i>
Hypericaceae	<i>Vismia baccifera</i>	Rubiaceae	<i>Notopleura epiphytica</i>
Lacistemataceae	<i>Lacistema nena</i>	Rubiaceae	<i>Notopleura longipedunculata</i>
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i>	Rubiaceae	<i>Notopleura macrophylla</i>
Lauraceae	<i>Aiouea</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Notopleura plagiantha</i>
Lauraceae	<i>Aniba parviflora</i>	Rubiaceae	<i>Pagamea</i> sp. 1
Lauraceae	<i>Endlicheria bracteolata</i>	Rubiaceae	<i>Palicourea mansoana</i>
Lauraceae	<i>Endlicheria</i> cf. <i>griseosericea</i>	Rubiaceae	<i>Palicourea myrtifolia</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Lauraceae	<i>Endlicheria griseosericea</i>	Rubiaceae	<i>Palicourea nigricans</i>
Lauraceae	<i>Endlicheria</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Palicourea punicea</i>
Lauraceae	<i>Nectandra acuminata</i>	Rubiaceae	<i>Palicourea pyramidalis</i>
Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i>	Rubiaceae	<i>Palicourea</i> sp. 1
Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Palicourea</i> sp. 2
Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp. 2	Rubiaceae	<i>Psychotria acuminata</i>
Lauraceae	<i>Ocotea</i> cf. <i>floribunda</i>	Rubiaceae	<i>Psychotria aubletiana</i>
Lauraceae	<i>Ocotea</i> cf. <i>javitensis</i>	Rubiaceae	<i>Psychotria chagrensis</i>
Lauraceae	<i>Ocotea</i> cf. <i>puberula</i>	Rubiaceae	<i>Psychotria gracilentia</i>
Lauraceae	<i>Ocotea</i> cf. <i>tabacifolia</i>	Rubiaceae	<i>Psychotria pilosa</i>
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Psychotria poeppigiana</i>
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp. 2	Rubiaceae	<i>Psychotria pongoana</i>
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp. 3	Rubiaceae	<i>Psychotria racemosa</i>
Lecythidaceae	<i>Grias neuberthii</i>	Rubiaceae	<i>Psychotria</i> sp. 1
Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Psychotrya amita</i>
Magnoliaceae	<i>Magnolia</i> sp. 1	Rubiaceae	<i>Psychotrya aubletiana</i>
Malvaceae	<i>Apeiba membranacea</i>	Rubiaceae	<i>Rudgea laurifolia</i>
Malvaceae	<i>Herrania tomentella</i>	Rubiaceae	<i>Rustia alba</i>
Malvaceae	<i>Matisia oblongifolia</i>	Rubiaceae	<i>Sabicea panamensis</i>
Malvaceae	<i>Pavonia castaneifolia</i>	Rubiaceae	<i>Sphinctanthus maculatus</i>
Malvaceae	<i>Pavonia oxyphyllaria</i>	Rubiaceae	<i>Wittmackanthus stanleyanus</i>
Marantaceae	<i>Geopertia bantae</i>	Sabiaceae	<i>Meliosma</i> sp. 1
Marantaceae	<i>Monotagma laxum</i>	Sabiaceae	<i>Meliosma vasquezii</i>
Marcgraviaceae	<i>Marcgravia coriacea</i>	Salicaceae	<i>Banara guianensis</i>
Melastomataceae	<i>Blakea rosea</i>	Salicaceae	<i>Casearia</i> cf. <i>javitensis</i>
Melastomataceae	<i>Blakea subconnata</i>	Salicaceae	<i>Casearia pitumba</i>
Melastomataceae	<i>Grafenrieda intermedia</i>	Sapindaceae	<i>Allophyllus stenodictyus</i>
Melastomataceae	<i>Grafenrieda colombiana</i>	Sapindaceae	<i>Billia rosea</i>
Melastomataceae	<i>Grafenrieda cucullata</i>	Sapindaceae	<i>Cardiospermum alicacabum</i>
Melastomataceae	<i>Grafenrieda gracilis</i>	Sapindaceae	<i>Paullinia capreolata</i>
Melastomataceae	<i>Henrriettea odorata</i>	Sapindaceae	<i>Paullinia fraxinifolia</i>
Melastomataceae	<i>Henrriettea trachyphylla</i>	Sapindaceae	<i>Paullinia fruticosa</i>
Melastomataceae	<i>Huilaia penduliflora</i>	Sapindaceae	<i>Paullinia serjaniifolia</i>
Melastomataceae	<i>Meriania aguaditensis</i>	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum amazonicum</i>
Melastomataceae	<i>Meriania haemantha</i>	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum lucentifolium</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Melastomataceae	<i>Meriania hexamera</i>	Sapotaceae	<i>Micropholis guyanensis</i>
Melastomataceae	<i>Meriania speciosa</i>	Sapotaceae	<i>Micropholis melinoniana</i>
Melastomataceae	<i>Miconia affinis</i>	Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp. 1
Melastomataceae	<i>Miconia allardii</i>	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>
Melastomataceae	<i>Miconia annulata</i>	Siparunaceae	<i>Siparuna harlingii</i>
Melastomataceae	<i>Miconia appendiculata</i>	Siparunaceae	<i>Siparuna micrantha</i>
Melastomataceae	<i>Miconia aristigera</i>	Siparunaceae	<i>Siparuna schimpffii</i>
Melastomataceae	<i>Miconia asperrima</i>	Siparunaceae	<i>Siparuna thecaphora</i>
Melastomataceae	<i>Miconia aurea</i>	Solanaceae	<i>Cuatresia</i> sp. 1
Melastomataceae	<i>Miconia bailloni</i>	Solanaceae	<i>Solanum amnicola</i>
Melastomataceae	<i>Miconia brachygyna</i>	Solanaceae	<i>Solanum anceps</i>
Melastomataceae	<i>Miconia centrodesma</i>	Solanaceae	<i>Solanum anisophyllum</i>
Melastomataceae	<i>Miconia</i> cf. <i>affinis</i>	Solanaceae	<i>Solanum aturense</i>
Melastomataceae	<i>Miconia</i> cf. <i>lehmannii</i>	Solanaceae	<i>Solanum lepidotum</i>
Melastomataceae	<i>Miconia</i> cf. <i>resima</i>	Solanaceae	<i>Solanum oppositifolium</i>
Melastomataceae	<i>Miconia</i> cf. <i>resima</i>	Solanaceae	<i>Solanum schlechtendelianum</i>
Melastomataceae	<i>Miconia chaetodonta</i>	Solanaceae	<i>Solanum sessile</i>
Melastomataceae	<i>Miconia cladonia</i>	Solanaceae	<i>Solanum velutinum</i>
Melastomataceae	<i>Miconia conocentronioides</i>	Stemonuraceae	<i>Discophora guianensis</i>
Melastomataceae	<i>Miconia cremophylla</i>	Styracaceae	<i>Styrax guyanensis</i>
Melastomataceae	<i>Miconia dolichorrhyncha</i>	Urticaceae	<i>Cecropia latiloba</i>
Melastomataceae	<i>Miconia elata</i>	Urticaceae	<i>Cecropia membranacea</i>
Melastomataceae	<i>Miconia holosericea</i>	Urticaceae	<i>Cecropia</i> sp. 1
Melastomataceae	<i>Miconia inobsepta</i>	Urticaceae	<i>Myriocarpa stipitata</i>
Melastomataceae	<i>Miconia lehmanni</i>	Urticaceae	<i>Phenax hirtus</i>
Melastomataceae	<i>Miconia lepidota</i>	Urticaceae	<i>Pilea minutiflora</i>
Melastomataceae	<i>Miconia lonchophylla</i>	Urticaceae	<i>Pilea multiflora</i>
Melastomataceae	<i>Miconia longispicata</i>	Urticaceae	<i>Pilea</i> sp. 1
Melastomataceae	<i>Miconia macrotis</i>	Urticaceae	<i>Pourouma guianensis</i>
Melastomataceae	<i>Miconia mayeta</i>	Urticaceae	<i>Urera baccifera</i>
Melastomataceae	<i>Miconia minuta</i>	Urticaceae	<i>Urera caracasana</i>
Melastomataceae	<i>Miconia multiplinervia</i>	Urticaceae	<i>Urera simplex</i>
Melastomataceae	<i>Miconia napoana</i>	Vitaceae	<i>Cissus pseudofulginea</i>
Melastomataceae	<i>Miconia piperilamina</i>	Vochysiaceae	<i>Vochysia duquei</i>
Melastomataceae	<i>Miconia platyphylla</i>		

AVES

Familia	Especie	Familia	Especie
Accipitridae	<i>Buteo platypterus</i>	Thamnophilidae	<i>Dysithamnus leucostictus</i>
Accipitridae	<i>Elanoides forficatus</i>	Thamnophilidae	<i>Dysithamnus mentalis</i>
Accipitridae	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Thamnophilidae	<i>Epinecrophylla spodionota</i>
Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	Thamnophilidae	<i>Euchrepomis callinota</i>
Accipitridae	<i>Spizaetus melanoleucus</i>	Thamnophilidae	<i>Gymnopithys leucaspis</i>
Alcedinidae	<i>Chloroceryle amazona</i>	Thamnophilidae	<i>Herpsilochmus axillaris</i>
Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i>	Thamnophilidae	<i>Herpsilochmus rufimarginatus</i>
Anatidae	<i>Cairina moschata</i>	Thamnophilidae	<i>Myrmelastes leucostigma</i>
Anatidae	<i>Merganetta armata</i>	Thamnophilidae	<i>Myrmoborus myotherinus</i>
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>	Thamnophilidae	<i>Myrmotherula cf. Sunensis</i>
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>	Thamnophilidae	<i>Myrmotherula longipennis</i>
Apodidae	<i>Aeronautes montivagus</i>	Thamnophilidae	<i>Myrmotherula schisticolor</i>
Apodidae	<i>Chaetura brachyura</i>	Thamnophilidae	<i>Thamnistes anabatinus</i>
Apodidae	<i>Chaetura cinereiventris</i>	Thamnophilidae	<i>Thamnomanes caesius</i>
Apodidae	<i>Streptoprocne rutila</i>	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus murinus</i>
Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus tenuipunctatus</i>
Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus unicolor</i>
Ardeidae	<i>Syrigma sibilatrix</i>	Thamnophilidae	<i>Willisornis poecilonotus</i>
Ardeidae	<i>Tigrisoma fasciatum</i>	Thraupidae	<i>cf. Diglossa sittoides</i>
Bucconidae	<i>Malacoptila fusca</i>	Thraupidae	<i>Chloroceryssa callicaparaea</i>
Capitonidae	<i>Capito auratus</i>	Thraupidae	<i>Chlorophanes spiza</i>
Capitonidae	<i>Eubucco bourcierii</i>	Thraupidae	<i>Cissopis leverianus</i>
Caprimulgidae	<i>Hydropsalis climacocerca</i>	Thraupidae	<i>Cnemothraupis eximia</i>
Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Thraupidae	<i>Coereba flaveola</i>
Cardenalidae	<i>Piranga rubra</i>	Thraupidae	<i>Creurgops verticalis</i>
Cardinalidae	<i>Cyanoloxia rothschildii</i>	Thraupidae	<i>Cyanerpes caeruleus</i>
Cardinalidae	<i>Piranga olivacea</i>	Thraupidae	<i>Cyanerpes cf. Caeruleus</i>
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Thraupidae	<i>Dacnis cayana</i>
Cathartidae	<i>Cathartes burrovianus</i>	Thraupidae	<i>Dacnis lineata</i>
Cathartidae	<i>Cathartes melambrotus</i>	Thraupidae	<i>Iridophanes pulcherrimus</i>
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Thraupidae	<i>Ixothraupis guttata</i>
Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>	Thraupidae	<i>Ixothraupis xanthogastra</i>
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	Thraupidae	<i>Loriotus luctuosus</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>	Thraupidae	<i>Paroaria gularis</i>
Columbidae	<i>Geotrygon montana</i>	Thraupidae	<i>Pipraedia melanonota</i>
Columbidae	<i>Leptotila rufaxilla</i>	Thraupidae	<i>Ramphocelus carbo</i>
Columbidae	<i>Patagioenas cayennensis</i>	Thraupidae	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>
Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	Thraupidae	<i>Saltator maximus</i>
Columbidae	<i>Patagioenas plumbea</i>	Thraupidae	<i>Sicalis flaveola</i>
Columbidae	<i>Patagioenas speciosa</i>	Thraupidae	<i>Sphenopsis frontalis</i>
Columbidae	<i>Patagioenas subvinacea</i>	Thraupidae	<i>Sphenopsis melanotis</i>
Columbidae	<i>Zentrygon frenata</i>	Thraupidae	<i>Sporophila castaneiventris</i>
Conopophagidae	<i>Conopophaga castaneiceps</i>	Thraupidae	<i>Sporophila luctuosa</i>
Corvidae	<i>Cyanocorax incas</i>	Thraupidae	<i>Sporophila nigricollis</i>
Corvidae	<i>Cyanocorax violaceus</i>	Thraupidae	<i>Stilpnia cyanicollis</i>
Cotingidae	<i>Cephalopterus ornatus</i>	Thraupidae	<i>Stilpnia cyanicollis</i>
Cotingidae	<i>Rupicola peruvianus</i>	Thraupidae	<i>Tachyphonus luctuosus</i>
Cotingidae	<i>Sonowornis cryptolophus</i>	Thraupidae	<i>Tachyphonus rufus</i>
Cracidae	<i>Aburria aburri</i>	Thraupidae	<i>Tangara arthus</i>
Cracidae	<i>Crax alector</i>	Thraupidae	<i>Tangara chilensis</i>
Cracidae	<i>Ortalis guttata</i>	Thraupidae	<i>Tangara cyanicollis</i>
Cracidae	<i>Penelope jacquacu</i>	Thraupidae	<i>Tangara gyrola</i>
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Thraupidae	<i>Tangara nigroviridis</i>
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Thraupidae	<i>Tangara schrankii</i>
Emberizidae	<i>Ammodramus aurifrons</i>	Thraupidae	<i>Tangara sp. 1</i>
Falconidae	<i>Daptrius ater</i>	Thraupidae	<i>Tangara vassorii</i>
Falconidae	<i>Falco rufigularis</i>	Thraupidae	<i>Tangara xanthocephala</i>
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Thraupidae	<i>Tersina viridis</i>
Falconidae	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>
Falconidae	<i>Micrastur cf. gilvicollis</i>	Thraupidae	<i>Thraupis palmarum</i>
Falconidae	<i>Milvago chimachima</i>	Thraupidae	<i>Tiaris olivacea</i>
Formicariidae	<i>Chamaeza campanisoma</i>	Thraupidae	<i>Tiaris olivaceus</i>
Fringillidae	<i>Euphonia laniirostris</i>	Thraupidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>
Fringillidae	<i>Euphonia mesochrysa</i>	Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i>
Fringillidae	<i>Euphonia xanthogaster</i>	Threskiornithidae	<i>Phimosus infuscatus</i>
Fringillidae	<i>Spinus psaltria</i>	Tinamidae	<i>Crypturellus soui</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Fringillidae	<i>Spinus xanthogastrus</i>	Tinamidae	<i>Crypturellus undulatus</i>
Furnariidae	<i>Anabacerthia ruficaudata</i>	Tinamidae	<i>Tinamus major</i>
Furnariidae	<i>Ancistrops strigilatus</i>	Tityridae	<i>Pachyramphus polichopterus</i>
Furnariidae	<i>Automolus subulatus</i>	Tityridae	<i>Schiffornis turdina</i>
Furnariidae	<i>Cranioleuca gutturata</i>	Tityridae	<i>Tityra cayana</i>
Furnariidae	<i>Deconychura longicauda</i>	Tityridae	<i>Tityra inquisitor</i>
Furnariidae	<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>
Furnariidae	<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	Trauhpidae	<i>Loriotus cristatus</i>
Furnariidae	<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	Trochilidae	<i>Adelomyias melanogenys</i>
Furnariidae	<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>	Trochilidae	<i>Amazilia franciae</i>
Furnariidae	<i>Lochmias nematura</i>	Trochilidae	<i>Amazilia viridigaster</i>
Furnariidae	<i>Metopothrix aurantiaca</i>	Trochilidae	<i>Boissonneaua flavescens</i>
Furnariidae	<i>Sclerurus albigularis</i>	Trochilidae	<i>Campylopterus cf. Villaviscensio</i>
Furnariidae	<i>Sclerurus caudacutus</i>	Trochilidae	<i>Campylopterus falcatus</i>
Furnariidae	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Trochilidae	<i>Campylopterus largipennis</i>
Furnariidae	<i>Synallaxis moesta</i>	Trochilidae	<i>Campylopterus villaviscensio</i>
Furnariidae	<i>Syndactyla subalaris</i>	Trochilidae	<i>Chaetocercus heliodor</i>
Furnariidae	<i>Xenops minutus</i>	Trochilidae	<i>Chalybura buffonii</i>
Furnariidae	<i>Xenops rutilans</i>	Trochilidae	<i>Chionomesa fimbriata</i>
Furnariidae	<i>Xiphorhynchus elegans</i>	Trochilidae	<i>Chlorostilbon mellisugus</i>
Furnariidae	<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	Trochilidae	<i>Chrysuronia oenone</i>
Furnariidae	<i>Xiphorhynchus susurrans</i>	Trochilidae	<i>Coeligena coeligena</i>
Furnariidae	<i>Xiphorhynchus triangularis</i>	Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>
Galbulidae	<i>Brachygalba lugubris</i>	Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>
Grallariidae	<i>Grallaria hypoleuca</i>	Trochilidae	<i>Discosura popelairii</i>
Grallariidae	<i>Grallaricula cuculata</i>	Trochilidae	<i>Doryfera johannae</i>
Grallariidae	<i>Grallaricula flavirostris</i>	Trochilidae	<i>Doryfera ludovicae</i>
Grallariidae	<i>Myrmothera campanisoma</i>	Trochilidae	<i>Eutoxeres aquila</i>
Hirundinidae	<i>Atticora fasciata</i>	Trochilidae	<i>Eutoxeres condamini</i>
Hirundinidae	<i>Atticora tibialis</i>	Trochilidae	<i>Haplophaedia aureliae</i>
Hirundinidae	<i>Oriochelidon murina</i>	Trochilidae	<i>Heliodoxa jacula</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Hirundinidae	<i>Progne subis</i>	Trochilidae	<i>Heliodoxa leadbeateri</i>
Hirundinidae	<i>Progne tapera</i>	Trochilidae	<i>Heliodoxa schreibersii</i>
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Trochilidae	<i>Klais guimeti</i>
Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Trochilidae	<i>Lophornis stictolophus</i>
Icteridae	<i>Cacicus cela</i>	Trochilidae	<i>Phaethornis griseogularis</i>
Icteridae	<i>Cacicus solitarius</i>	Trochilidae	<i>Phaethornis guy</i>
Icteridae	<i>Hypopyrrhus pyrohypogaster</i>	Trochilidae	<i>Phaethornis malaris</i>
Icteridae	<i>Icterus cayanensis</i>	Trochilidae	<i>Phaethornis symmatophorus</i>
Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>	Trochilidae	<i>Saucerottia viridigaster</i>
Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	Trochilidae	<i>Schistes geoffroyi</i>
Icteridae	<i>Molothrus oryzivorus</i>	Trochilidae	<i>Thalurania furcata</i>
Icteridae	<i>Psarocolius angustifrons</i>	Trochilidae	<i>Threnetes leucurus</i>
Icteridae	<i>Psarocolius bifasciatus</i>	Trochilidae	<i>Urosticte ruficrissa</i>
Icteridae	<i>Psarocolius decumanus</i>	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus turdinus</i>
Icteridae	<i>Psarocolius decumanus</i>	Troglodytidae	<i>Cinnycerthia olivascens</i>
Icteridae	<i>Sturnella magna</i>		
Icteridae	<i>Sturnella militaris</i>	Troglodytidae	<i>Cyphorhinus arada</i>
Jacanidae	<i>Jacana jacana</i>	Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>
Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Troglodytidae	<i>Henicorhina leucosticta</i>
Momotidae	<i>Baryphthengus martii</i>	Troglodytidae	<i>Microcerculus marginatus</i>
Momotidae	<i>Momotus aequatorialis</i>	Troglodytidae	<i>Odontorchilus branickii</i>
Odontophoridae	<i>Colinus cristatus</i>	Troglodytidae	<i>Pheugopedius mysticallis</i>
Odontophoridae	<i>Odontophorus gujanensis</i>	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>
Onychorhynchidae	<i>Myiobius villosus</i>	Trogonidae	<i>Pharomacrus antisianus</i>
Onychorhynchidae	<i>Terenotriccus erythrurus</i>	Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>
Parulidae	<i>Basileuterus culicivorus</i>	Trogonidae	<i>Trogon personatus</i>
Parulidae	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Trogonidae	<i>Trogon viridis</i>
Parulidae	<i>Cardelina canadensis</i>	Turdidae	<i>Catharus dryas</i>
Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>
Parulidae	<i>Myiothlypis coronata</i>	Turdidae	<i>Myadestes ralloides</i>
Parulidae	<i>Setophaga cerulea</i>	Turdidae	<i>Turdus albicollis</i>
Parulidae	<i>Setophaga fusca</i>	Turdidae	<i>Turdus ignobilis</i>
Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i>	Turdidae	<i>Turdus serranus</i>
Parulidae	<i>Setophaga</i> sp. 1	Tyrannidae	<i>Conopias cinchonetti</i>
Passerellidae	<i>Ammodramus aurifrons</i>	Tyrannidae	<i>Contopus cf. virens</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Passerellidae	<i>Chlorospingus flavigularis</i>	Tyrannidae	<i>Contopus cinereus</i>
Passerellidae	<i>Chlorospingus parvirostris</i>	Tyrannidae	<i>Contopus cooperi</i>
Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Tyrannidae	<i>Contopus fumigatus</i>
Picidae	<i>Campephilus haematogaster</i>	Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>
Picidae	<i>Campephilus pollens</i>	Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>
Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>
Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	Tyrannidae	<i>Empidonax</i> sp. 1
Picidae	<i>Melanerpes cruentatus</i>	Tyrannidae	<i>Empidonax virescens</i>
Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Tyrannidae	<i>Empidonomus aurantioatrocristatus</i>
Picidae	<i>Picumnus squamulatus</i>	Tyrannidae	<i>Empidonomus varius</i>
Picidae	<i>Veniliornis affinis</i>	Tyrannidae	<i>Leptopogon superciliaris</i>
Picidae	<i>Veniliornis cf. dignus</i>	Tyrannidae	<i>Lophotriccus pileatus</i>
Pipridae	<i>Ceratopipra erythrocephala</i>	Tyrannidae	<i>Megarhynchus pitangua</i>
Pipridae	<i>Cryptopipo holochlora</i>	Tyrannidae	<i>Mionectes oleagineus</i>
Pipridae	<i>Dixiphia pipra</i>	Tyrannidae	<i>Mionectes olivaceus</i>
Pipridae	<i>Lepidothrix coronata</i>	Tyrannidae	<i>Mionectes striaticollis</i>
Pipridae	<i>Lepidothrix isidorei</i>	Tyrannidae	<i>Myiarchus cephalotes</i>
Pipridae	<i>Machaeropterus striolatus</i>	Tyrannidae	<i>Myiarchus crinitus</i>
Pipridae	<i>Masius chrysopterus</i>	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>
Pipridae	<i>Tyranneutes stolzmanni</i>	Tyrannidae	<i>Myiobius atricaudus</i>
Psittacidae	<i>Ara macao</i>	Tyrannidae	<i>Myiodynastes chrysocephalus</i>
Psittacidae	<i>Ara militaris</i>	Tyrannidae	<i>Myiotriccus ornatus</i>
Psittacidae	<i>Ara severa</i>	Tyrannidae	<i>Myiozetetes cayanensis</i>
Psittacidae	<i>Ara severus</i>	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>
Psittacidae	<i>Pionus chalcopterus</i>	Tyrannidae	<i>Neophelomyias pulcher</i>
Psittacidae	<i>Pionus menstruus</i>	Tyrannidae	<i>Phylloscartes poecilotis</i>
Psittacidae	<i>Pyrrhura melanura</i>	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>
Psittacidae	<i>Touit stictopterus</i>	Tyrannidae	<i>Platyrinchos flavigularis</i>
Rallidae	<i>Aramides cajanea</i>	Tyrannidae	<i>Rhynchocyclus olivaceus</i>
Ramphastidae	<i>Aulachorynchus haematopigius</i>	Tyrannidae	<i>Rhytipterna simplex</i>
Ramphastidae	<i>Aulachorynchus prasinus</i>	Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Ramphastidae	<i>Pteroglossus castanotis</i>	Tyrannidae	<i>Serpophaga cinerea</i>
Ramphastidae	<i>Pteroglossus inscriptus</i>	Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>
Ramphastidae	<i>Ramphastos ambiguus</i>	Tyrannidae	<i>Tolmomyas sulphurescens</i>
Ramphastidae	<i>Ramphastos tucanus</i>	Tyrannidae	<i>Tolmomyias assimilis</i>
Ramphastidae	<i>Ramphastos vitellinus</i>	Tyrannidae	<i>Tyrannulus elatus</i>
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus cf. atratus</i>	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus atratus</i>	Tyrannidae	<i>Tyrannus tyrannus</i>
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus micropterus</i>	Tyrannidae	<i>Zimmerius chrysops</i>
Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	Vireonidae	<i>Pachysylvia semibrunnea</i>
Strigidae	<i>Glaucidium jardinii</i>	Vireonidae	<i>Tunchiornis ochraceiceps</i>
Strigidae	<i>Megascops cholyba</i>	Vireonidae	<i>Vireo leucophrys</i>
Strigidae	<i>Megascops watsonii</i>	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>
Strigidae	<i>Pulsatrix melanota</i>	Vireonidae	<i>Vireolanius leucotis</i>
Thamnophilidae	<i>Thamnophilus tenue-punctatus</i>		

MAMÍFEROS

Familia	Especie	Familia	Especie
Aotidae	<i>Aotus lemurinus</i>	Phyllostomidae	<i>Artibeus (Dermanura) cf. Anderseni</i>
Atelidae	<i>Ateles belzebuth</i>	Phyllostomidae	<i>Artibeus (Dermanura) sp.</i>
Atelidae	<i>Lagothrix lagotricha lugens</i>	Phyllostomidae	<i>Artibeus obscurus</i>
Bradypodidae	<i>Bradypus variegatus</i>	Phyllostomidae	<i>Carollia brevicauda</i>
Canidae	<i>Canis lupus familiaris</i>	Phyllostomidae	<i>Carollia castanea</i>
Caviidae	<i>Hydrochaerus hydrochaeris</i>	Phyllostomidae	<i>Carollia perspicillata</i>
Cebidae	<i>Saimiri cassiquiarensis</i>	Phyllostomidae	<i>Chiroderma villosum</i>
Cervidae	<i>Mazama rufina</i>	Phyllostomidae	<i>Desmodus rotundus</i>
Cervidae	<i>Mazama sp. 1</i>	Phyllostomidae	<i>Enchistenes hartii</i>
Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Phyllostomidae	<i>Lophostoma silviculum</i>
Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Phyllostomidae	<i>Mesophylla macconnelli</i>
Dasypodidae	<i>Cabassous unicinctus</i>	Phyllostomidae	<i>Micronycteris megalotis</i>
Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus elongatus</i>
Dasypodidae	<i>Dasypus pastasae</i>	Phyllostomidae	<i>Platyrrhinus brachycephalus</i>
Dasypodidae	<i>Prionodontes maximus</i>	Phyllostomidae	<i>Platyrrhinus sp. 2</i>
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	Phyllostomidae	<i>Sturnira lilium</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Dasyproctidae	<i>Myoprocta pratti</i>	Phyllostomidae	<i>Sturnira ludovici</i>
Didelphidae	<i>Chironectes minimus</i>	Phyllostomidae	<i>Sturnira magna</i>
Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Phyllostomidae	<i>Sturnira tildae</i>
Didelphidae	<i>Didelphis pernigra</i>	Phyllostomidae	<i>Tonatia maresi</i>
Didelphidae	<i>Gracilinanus</i> sp. 1	Phyllostomidae	<i>Uroderma bilobatum</i>
Didelphidae	<i>Philander</i> sp. 1	Phyllostomidae	<i>Vampyressa thylene</i>
Dinomyidae	<i>Dinomys branickii</i>	Phyllostomidae	<i>Vampyrodes caraccioli</i>
Emballonuridae	<i>Saccopteryx leptura</i>	Procyonidae	<i>Leopardus</i> sp. 1
Erethizontidae	<i>Coendou prehensilis</i>	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i>
Erethizontidae	<i>Coendou pruinosus</i>	Procyonidae	<i>Nasuella olivacea</i>
Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Sciuridae	<i>Microsciurus flaviventer</i>
Felidae	<i>Leopardus cf. tigrinus</i>	Sciuridae	<i>Microsciurus</i> sp. 1
Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>
Felidae	<i>Leopardus tigrinus</i>	Sciuridae	<i>Sciurus igniventris</i>
Felidae	<i>Leopardus wiedii</i>	Sciuridae	<i>Sciurus</i> sp. 1
Felidae	<i>Panthera onca</i>	Tapiridae	<i>Tapirus terrestres</i>
Felidae	<i>Puma concolor</i>	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>
Leporidae	<i>Sylvilagus</i> sp. 1	Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>
Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>
Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i>	Vespertilionidae	<i>Eptesicus chiriquinus</i>
Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Vespertilionidae	<i>Myotis keaysi</i>
Phyllostomidae	<i>Anoura aequatoris</i>	Vespertilionidae	<i>Myotis</i> sp. 1

HERPETOS

Familia	Especie	Familia	Especie
Aromobatidae	<i>Allobates insperatus</i>	Dendrobatidae	<i>Hyloxalus</i> sp. 1
Bufonidae	<i>Rhinella margaritifera</i>	Dipsadidae	<i>Clelia clelia</i>
Bufonidae	<i>Rhinella marina</i>	Dipsadidae	<i>Dipsas catesbyi</i>
Bufonidae	<i>Rhinella poeppigii</i>	Dipsadidae	<i>Oxyrhopus leucomelas</i>
Bufonidae	<i>Rhinella</i> sp. juvenil	Gymnophthalmidae	<i>Cercosaura argulus</i>
Centrolenidae	<i>Espadarana</i> sp. 1	Gymnophthalmidae	<i>Loxopholis</i> sp. 1
Centrolenidae	<i>Espadarana</i> sp. 1	Hylidae	<i>Boana lanciformis</i>
Colubridae	<i>Chironius</i> sp. 1	Hylidae	<i>Dendropsophus bokermanni</i>
Colubridae	<i>Pliocercus euryzonus</i>	Hylidae	<i>Dendropsophus brevifrons</i>
Craugastoridae	<i>Oreobates quixensis</i>	Hylidae	<i>Dendropsophus manonegra</i> larvas

Familia	Especie	Familia	Especie
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> aff. <i>Altamazonicus</i>	Hylidae	<i>Dendropsophus parviceps</i>
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> aff. <i>taciturnus</i>	Hylidae	<i>Osteocephalus planiceps</i>
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> cf. <i>Incomptus</i>	Hylidae	<i>Osteocephalus</i> sp. 1 juvenil
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> cf. <i>ockendeni</i>	Hylidae	<i>Osteocephalus</i> sp. 1
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp. 1	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus leptodactyloides</i>
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp. 2	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus</i> sp. 1
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp. 3	Leptodactylidae	<i>Lithodytes lineatus</i>
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp. 4	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa altamazonica</i>
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp. 5	Polychrotidae	<i>Anolis</i> sp. 1
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp. 6	Sphaerodactylidae	<i>Gonatodes humeralis</i>
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp. 7	Viperidae	<i>Bothrops brazili</i>
Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp. 8	Viperidae	<i>Bothrops taeniatus</i>
Craugastoridae	<i>Pristimantis vilarsi</i>	Viperidae	<i>Lachesis muta</i>

MARIPOSAS

Familia	Especie	Familia	Especie
Hesperiidae	<i>Autochton bipunctatus</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 17
Hesperiidae	<i>Autochton</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 18
Hesperiidae	<i>Cecropterus dorantes</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 1
Hesperiidae	<i>Cecropterus</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 2
Hesperiidae	<i>Charis</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 20
Hesperiidae	<i>Eutocus Matilde</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 21
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 22
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 10	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 23
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 11	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 24
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 12	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 25
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 13	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 26
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 14	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 27
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 15	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 28
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 16	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 29
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 17	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 3
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 18	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 30
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 19	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 31
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 2	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 32

Familia	Especie	Familia	Especie
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 20	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 33
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 21	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 34
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 23	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 35
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 24	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 36
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 25	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 37
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 26	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 38
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 27	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 39
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 28	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 4
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 29	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 40
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 3	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 41
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 30	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 42
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 31	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 43
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 32	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 44
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 33	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 45
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 34	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 46
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 35	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 47
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 4	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 48
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 5	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 49
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 6	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 5
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 7	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 50
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 8	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 51
Hesperiidae	<i>Hesperiidae</i> sp. 9	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 52
Hesperiidae	<i>Perichares adela</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 53
Hesperiidae	<i>Pyrgus</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 54
Hesperiidae	<i>Pythonides grandis</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 55
Hesperiidae	<i>Pythonides</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 56
Hesperiidae	<i>Spicauda simplicius</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 57
Hesperiidae	<i>Spicauda teleus</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 58
Lycaenidae	<i>Arawacus aetolus</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 59
Lycaenidae	<i>Arawacus</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 6
Lycaenidae	<i>Hemiargus hanno</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 60
Lycaenidae	<i>Laothus gibberosa</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 61
Lycaenidae	<i>Laothus</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 62
Lycaenidae	<i>Laothus viridicans</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 63
Lycaenidae	<i>Lycaenidae</i> sp.	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 64
Lycaenidae	<i>Lycaenidae</i> sp. 2	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 65
Lycaenidae	<i>Lycaenidae</i> sp. 3	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 66

Familia	Especie	Familia	Especie
Lycaenidae	<i>Lycaenidae</i> sp. 4	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 67
Lycaenidae	<i>Lycaenidae</i> sp. 5	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 68
Lycaenidae	<i>Lycaenidae</i> sp. 6	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 69
Lycaenidae	<i>Micandra aegides</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 7
Lycaenidae	<i>Strymon</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 70
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 71
Nymphalidae	<i>Actinote antea</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 72
Nymphalidae	<i>Actinote pellene</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 73
Nymphalidae	<i>Adelpha cytherea</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 74
Nymphalidae	<i>Adelpha</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 75
Nymphalidae	<i>Adelpha</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 76
Nymphalidae	<i>Adelpha zina enope</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 77
Nymphalidae	<i>Altinote alcione</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 78
Nymphalidae	<i>Altinote dicaeus</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 79
Nymphalidae	<i>Altinote</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 8
Nymphalidae	<i>Altinote</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 80
Nymphalidae	<i>Altinote stratonice</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 81
Nymphalidae	<i>Amiga arnaca</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 82
Nymphalidae	<i>Anartia amathea</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 83
Nymphalidae	<i>Antirrhoea philaretes intermedia</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 84
Nymphalidae	<i>Archaeoprepona demophoon</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 85
Nymphalidae	<i>Bia actorion</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 86
Nymphalidae	<i>Biblis</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 87
Nymphalidae	<i>Caerois chorinaeus</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 88
Nymphalidae	<i>Caeruleptychia</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 9
Nymphalidae	<i>Caligo</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 93
Nymphalidae	<i>Caligo</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 94
Nymphalidae	<i>Caligo telamonius</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 95
Nymphalidae	<i>Callicore lyca bella</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 96
Nymphalidae	<i>Castilia ofella</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 97
Nymphalidae	<i>Castilia perilla</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 98
Nymphalidae	<i>Catagramma pyracmon</i>	Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 99
Nymphalidae	<i>Catoblepia berecynthia</i>	Nymphalidae	<i>Oressinoma typhla</i>
Nymphalidae	<i>Catoblepia</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Panacea prola prola</i>
Nymphalidae	<i>Catonephele acontius</i>	Nymphalidae	<i>Pareptychia ocirrhoe</i>
Nymphalidae	<i>Chlosyne narva</i>	Nymphalidae	<i>Pierella lamia</i>
Nymphalidae	<i>Cissia penelope</i>	Nymphalidae	<i>Pierella lena</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Nymphalidae	<i>Cissia pompilia</i>	Nymphalidae	<i>Pierella</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Cithaerias cliftoni</i>	Nymphalidae	<i>Prepona laertes</i>
Nymphalidae	<i>Colobura dirce</i>	Nymphalidae	<i>Pseudohaetera hypaesia</i>
Nymphalidae	<i>Danaus gilippus</i>	Nymphalidae	<i>Pyrrhogyra crameri</i>
Nymphalidae	<i>Diaethria clymena</i>	Nymphalidae	<i>Scada reckia huascara</i>
Nymphalidae	<i>Diaethria marchalii</i>	Nymphalidae	<i>Selenophanes cassiope</i>
Nymphalidae	<i>Diaethria neglecta</i>	Nymphalidae	<i>Siproeta epaphus</i>
Nymphalidae	<i>Diaethria neglecta</i> cf.	Nymphalidae	<i>Siproeta stelenes</i>
Nymphalidae	<i>Dione glycera</i>	Nymphalidae	<i>Taygetis</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Dynamine artemisia</i>	Nymphalidae	<i>Tegosa anieta</i>
Nymphalidae	<i>Epiphile iblis</i>	Nymphalidae	<i>Temenis laothoe</i>
Nymphalidae	<i>Eresia eunice</i>	Nymphalidae	<i>Tigridia acesta</i>
Nymphalidae	<i>Eresia</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Tithorea harmonia</i>
Nymphalidae	<i>Eunica</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Tithorea</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Godyris</i> sp. 1	Nymphalidae	<i>Tithorea tarricina</i>
Nymphalidae	<i>Greta andromica</i>	Nymphalidae	<i>Vanessa virginiensis</i>
Nymphalidae	<i>Greta libethris libethris</i>	Papilionidae	<i>Heclides isidorus flavescens</i>
Nymphalidae	<i>Greta</i> sp. 1	Papilionidae	<i>Mimoides ariarathes gayi</i>
Nymphalidae	<i>Greta</i> sp. 1	Papilionidae	<i>Parides pizarro pizarro</i>
Nymphalidae	<i>Haetera piera</i>	Papilionidae	<i>Parides</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Hamadryas chloe</i>	Papilionidae	<i>Parides</i> sp. 2
Nymphalidae	<i>Heliconius congener</i>	Papilionidae	<i>Parides vertumnus bogotanus</i>
Nymphalidae	<i>Heliconius erato</i>	Pieridae	<i>Catasticta prioneris</i>
Nymphalidae	<i>Heliconius heurippa</i>	Pieridae	<i>Catasticta sisamnus telasco</i>
Nymphalidae	<i>Heliconius numata messene</i>	Pieridae	<i>Dismorphia crisia foedora</i>
Nymphalidae	<i>Heliconius sara</i>	Pieridae	<i>Dismorphia thermesia thermesia</i>
Nymphalidae	<i>Heliconius</i> sp. 1	Pieridae	<i>Eurema agave</i>
Nymphalidae	<i>Heliconius wallacei mimulinus</i>	Pieridae	<i>Eurema albula marginella</i>
Nymphalidae	<i>Heliconius xanthocles napoensi</i>	Pieridae	<i>Eurema</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Hermeuptychia hermes</i>	Pieridae	<i>Eurema</i> sp. 4
Nymphalidae	<i>Historis acheronta</i>	Pieridae	<i>Eurema xantochlora ectriva</i>
Nymphalidae	<i>Historis odius</i>	Pieridae	<i>Leptophobia aripa</i>

Familia	Especie	Familia	Especie
Nymphalidae	<i>Hypanartia lethe</i>	Pieridae	<i>Leptophobia tovaria subflavescens</i>
Nymphalidae	<i>Hypanartia</i> sp. 1	Pieridae	<i>Leucidia brephos</i>
Nymphalidae	<i>Hypoleria sarepta</i>	Pieridae	<i>Lieinix nemesis</i>
Nymphalidae	<i>Hypoleria</i> sp. 1	Pieridae	<i>Melete leucadia</i>
Nymphalidae	<i>Ithomia agnosia agnosia</i>	Pieridae	<i>Melete leucanthe</i>
Nymphalidae	<i>Ithomia salapia derasa</i>	Pieridae	<i>Melete</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Janatella leucodesma</i> aff.	Pieridae	<i>Moschoneura pinthous</i>
Nymphalidae	<i>Lycorea halia</i>	Pieridae	<i>Perrhybris lorena</i>
Nymphalidae	<i>Magneuptychia libye</i>	Pieridae	<i>Phoebis argante</i>
Nymphalidae	<i>Magneuptychia modesta</i>	Pieridae	<i>Phoebis philea</i>
Nymphalidae	<i>Magneuptychia</i> sp. 1	Pieridae	<i>Phoebis</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Marpesia chiron</i>	Pieridae	<i>Pieriballia viardi apicalis</i>
Nymphalidae	<i>Marpesia</i> sp. 1	Pieridae	<i>Pieriballia viardi mandela</i>
Nymphalidae	<i>Marpesia</i> sp. 2	Pieridae	<i>Pieridae</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Mechanitis messenoides messenoides</i>	Pieridae	<i>Rhabdodryas trite trite</i>
Nymphalidae	<i>Mechanitis</i> sp. 1	Riodinidae	<i>Amarynthys meneria</i>
Nymphalidae	<i>Memphis lineata</i>	Riodinidae	<i>Ancyluris tedeia</i>
Nymphalidae	<i>Memphis</i> sp.1	Riodinidae	<i>Anteros allectus</i>
Nymphalidae	<i>Memphis</i> sp.2	Riodinidae	<i>Calephelis</i> sp.1
Nymphalidae	<i>Memphis</i> sp.3	Riodinidae	<i>Calospila lucianus</i>
Nymphalidae	<i>Metamorpha elissa</i>	Riodinidae	<i>Chamaelimnas</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Methona confusa</i>	Riodinidae	<i>Crocozona croceifasciata</i> cf.
Nymphalidae	<i>Morpho achilles</i>	Riodinidae	<i>Detritivora ma</i>
Nymphalidae	<i>Morpho deidamia</i>	Riodinidae	<i>Eurybia</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Morpho helenor</i>	Riodinidae	<i>Eurybia</i> sp. 2
Nymphalidae	<i>Morpho marcus</i>	Riodinidae	<i>Eurybia</i> sp. 3
Nymphalidae	<i>Morpho menelaus</i>	Riodinidae	<i>Eurybia</i> sp. 4
Nymphalidae	<i>Morpho</i> sp. 1	Riodinidae	<i>Euselasia mys</i>
Nymphalidae	<i>Morpho</i> sp. 2	Riodinidae	<i>Euselasia</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Neruda aoede</i>	Riodinidae	<i>Euselasia</i> sp. 2
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 1	Riodinidae	<i>Juditha molpe</i> aff.
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 10	Riodinidae	<i>Leucochimona icare</i>
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 100	Riodinidae	<i>Mesosemia</i> sp.
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 101	Riodinidae	<i>Mesosemia</i> sp. 1

Familia	Especie	Familia	Especie
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 102	Riodinidae	<i>Mesosemia</i> sp. 2
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 103	Riodinidae	<i>Mesosemia</i> sp. 3
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 104	Riodinidae	<i>Mesosemia</i> sp. 4
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 105	Riodinidae	<i>Mesosemia</i> sp. 5
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 106	Riodinidae	<i>Napaea actoris</i>
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 107	Riodinidae	<i>Nymphidium leucosia</i>
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 108	Riodinidae	<i>Nymphidium menalcus</i> aff.
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 109	Riodinidae	<i>Nymphidium</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 11	Riodinidae	<i>Parcella amarynthina</i>
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 110	Riodinidae	<i>Rhetus arcus</i>
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 111	Riodinidae	<i>Riodinidae</i>
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 112	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 1
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 113	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 10
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 114	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 11
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 115	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 12
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 116	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 14
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 117	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 15
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 118	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 16
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 119	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 17
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 120	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 18
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 121	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 19
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 122	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 2
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 123	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 3
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 124	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 4
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 125	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 5
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 126	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 6
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 127	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 7
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 13	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 8
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 14	Riodinidae	<i>Riodinidae</i> sp. 9
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 15	Riodinidae	<i>Siseme alectryo</i>
Nymphalidae	<i>Nymphalidae</i> sp. 16	Riodinidae	<i>Synargis dirca</i> aff.

ABEJAS

Sub familia	Especie
Apinae	<i>Tetragonisca angustula</i>
Apinae	<i>Scaptotrigona tricolorata</i>
Apinae	<i>Scaptotrigona baldwini</i>
Apinae	<i>Melipona nigrescens</i>
Apinae	<i>Xylocopa lachnea</i>
Apinae	<i>Apis mellifera</i>





Evaluación de la exactitud temática del monitoreo de coberturas antrópicas en el periodo 2021 (escala 1:25.000), para 53 parques nacionales naturales continentales de Colombia a partir de sensores remotos



María Camila Ramírez H.

Ingeniera forestal. Forma parte del Grupo Control de Calidad Monitoreo de Coberturas de la Tierra y del Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
monitoreo.coberturas@parquesnacionales.gov.co

Nathalia Zambrano M.

Ingeniera forestal, profesional ambiental para interpretación de sensores remotos en Parques Nacionales Naturales (PNN)-Projust, UNODC COCOL. Fortalecimiento de las capacidades de las instituciones colombianas para luchar contra la deforestación.
natazamm@gmail.com



Foto: Rodrigo Durán

Thematic accuracy assessment of anthropogenic land cover monitoring for 53 continental National Natural Parks in Colombia for the 2021 Period, at a 1:25,000 scale, using remote sensors

RESUMEN

Se realiza la evaluación de exactitud temática (EET) a partir de sensores remotos en el monitoreo de coberturas de tierra antrópicas anuales para el periodo 2021. El objetivo principal es cuantificar la precisión del mapa evaluado y brindar información sobre la calidad de los datos producidos de manera significativa. El resultado obtenido se presenta de forma global e individual para cada una de las clases temáticas identificadas. Igualmente, se utilizó como parámetro metodológico la EET del mapa nacional de coberturas de la tierra para el periodo 2018 del Ideam, el cual se apoya en las buenas prácticas descritas por Oloffson (2014). Por las características de la capa evaluada, se realizó un muestreo aleatorio estratificado basado en la proporción de área, que generó 7589 puntos para 32 de las 36 clases

temáticas. La clasificación del muestreo fue realizada de forma independiente por tres evaluadores expertos en sensores remotos. Posteriormente, por medio de una evaluación cruzada, se obtuvo la estimación definitiva y, de esta, la matriz de error o confusión e indicadores de EET. La exactitud global permitió obtener un dato del 98,2 % de fiabilidad, lo cual es un resultado destacado dado que la información del presente monitoreo alimenta los indicadores de transformación dentro de las áreas protegidas.

Palabras clave: coberturas de la tierra, monitoreo, evaluación de exactitud temática, muestreo, precisión.

ABSTRACT

The thematic accuracy evaluation (EET) is carried out from remote sensors in the monitoring of annual anthropogenic land covers for the period 2021, which has the main objective of quantifying the precision of the evaluated map and being able to provide information on the quality of the data produced in a significant manner, the result obtained is presented globally and individually for each of the thematic classes identified. The EET of the National Land Cover Map for the period 2018, IDEAM, was used as a methodological parameter, which is based on the good practices described by Oloffson (2014). By the characteristics of the evaluated layer, a stratified random sampling was carried out based on the area proportion, generating 7589 points for 32 of the 36 thematic classes. Sampling classification was performed independently by three remote sensing expert evaluators, subsequently, through a cross-evaluation, the definitive evaluation was obtained and from this, the error or confusion matrix and EET indicators. The overall accuracy allowed us to obtain data of 98.2% reliability, which is an outstanding result considering that the information from this monitoring feeds the transformation indicators within the protected areas.

Key words: land cover, monitoring, thematic accuracy evaluation, sampling, precision..

Introducción

Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNNC), en cabeza del Grupo de Gestión del Conocimiento e Innovación, realiza un monitoreo anual de coberturas de la tierra antrópicas a escala 1:25.000 a partir de la interpretación de imágenes obtenidas por sensores remotos desde 2019, en 53 parques continentales administrados por PNNC, con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. El monitoreo tiene como objetivo principal mostrar los datos de transformación y naturalidad dentro de las áreas protegidas. Esta información es transcendental para la toma de decisiones encaminadas a la conservación y se basa en el proceso “Metodología para el monitoreo de coberturas de la tierra en Parques Nacionales Naturales” (PNN 2021), que se ha ido construyendo y estandarizando desde los inicios del monitoreo, y que cuenta con lineamientos claros de calidad, los cuales permiten dar al usuario final información geográfica con un alto porcentaje de confiabilidad.

El análisis de evaluación de exactitud temática (EET) se propone cuantificar la precisión del mapa evaluado y brindar información sobre la calidad de los datos producidos de manera significativa. (Ramírez *et al.*, 2017). Se utilizó como parámetro metodológico la EET del mapa nacional de coberturas de la tierra periodo 2018 del Ideam, el cual se apoya en las buenas prácticas descritas por Oloffson (2014), que refieren tres características principales: 1) diseño de muestreo probabilístico; 2) diseño de una respuesta coherente con la información de referencia, y 3) análisis para estimar la exactitud a partir de una matriz de error construida mediante estimadores insesgados (Ramírez *et al.*, 2017).

Este procedimiento se realizó con diversos insumos de sensores remotos de alta y media

resolución espacial, en los que evaluadores expertos en identificación de coberturas de la tierra valoran la pertinencia del dato con la implementación de un muestreo aleatorio estratificado, teniendo en cuenta las características de la capa a analizar. Este tipo de métodos no se había implementado anteriormente a ninguna capa temática de PNNC. Es una metodología innovadora que utiliza herramientas tecnológicas, datos abiertos y conocimiento. Además, cumple con los lineamientos de los estándares de información geográfica relacionada con la calidad del dato geográfico definida por la Norma Técnica Colombia (NTC) 5043 como el conjunto de características de los datos geográficos que describen su capacidad para satisfacer necesidades establecidas e implícitas (IGAC, 2022). Esto es algo que hoy demanda el país para su correcta planificación y desarrollo.

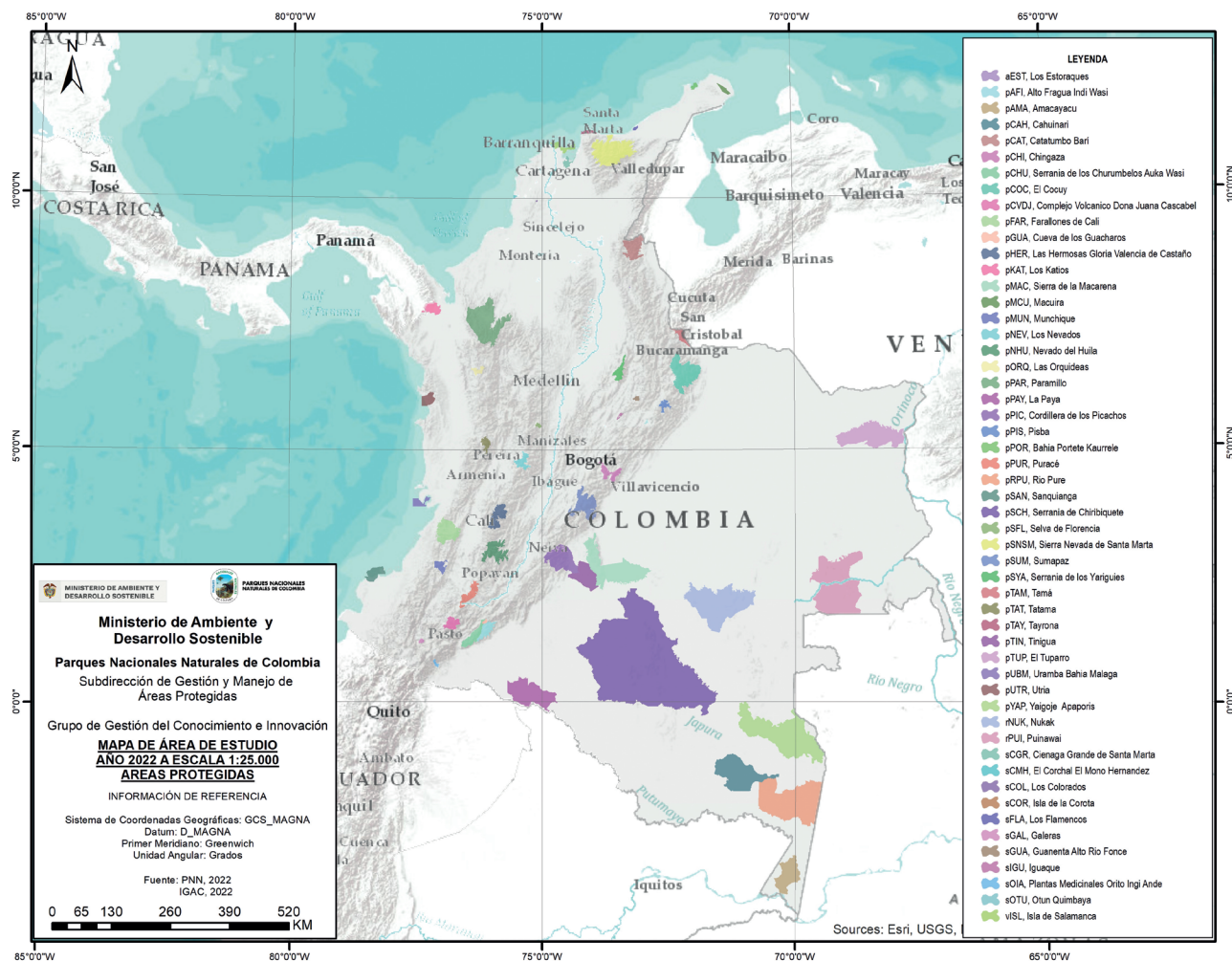
El presente artículo muestra de manera detallada la implementación de la metodología y la obtención de los resultados mediante una matriz de confusión o error. Se contó con el apoyo de los profesionales expertos en interpretación de imágenes de sensores remotos para PNNC y del Programa de Prevención del Delito y Fortalecimiento de la Justicia (PROJUST), a través de la cooperación de la Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (UNODC) para la Región Andina y el Cono Sur.

Área de estudio

La evaluación de exactitud temática se realizó sobre las coberturas de tierra interpretadas en 53 parques continentales del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) para el periodo 2021.

Figura 1

Parques nacionales continentales pertenecientes al SINAP.



Fuente: Elaboración propia

Metodología

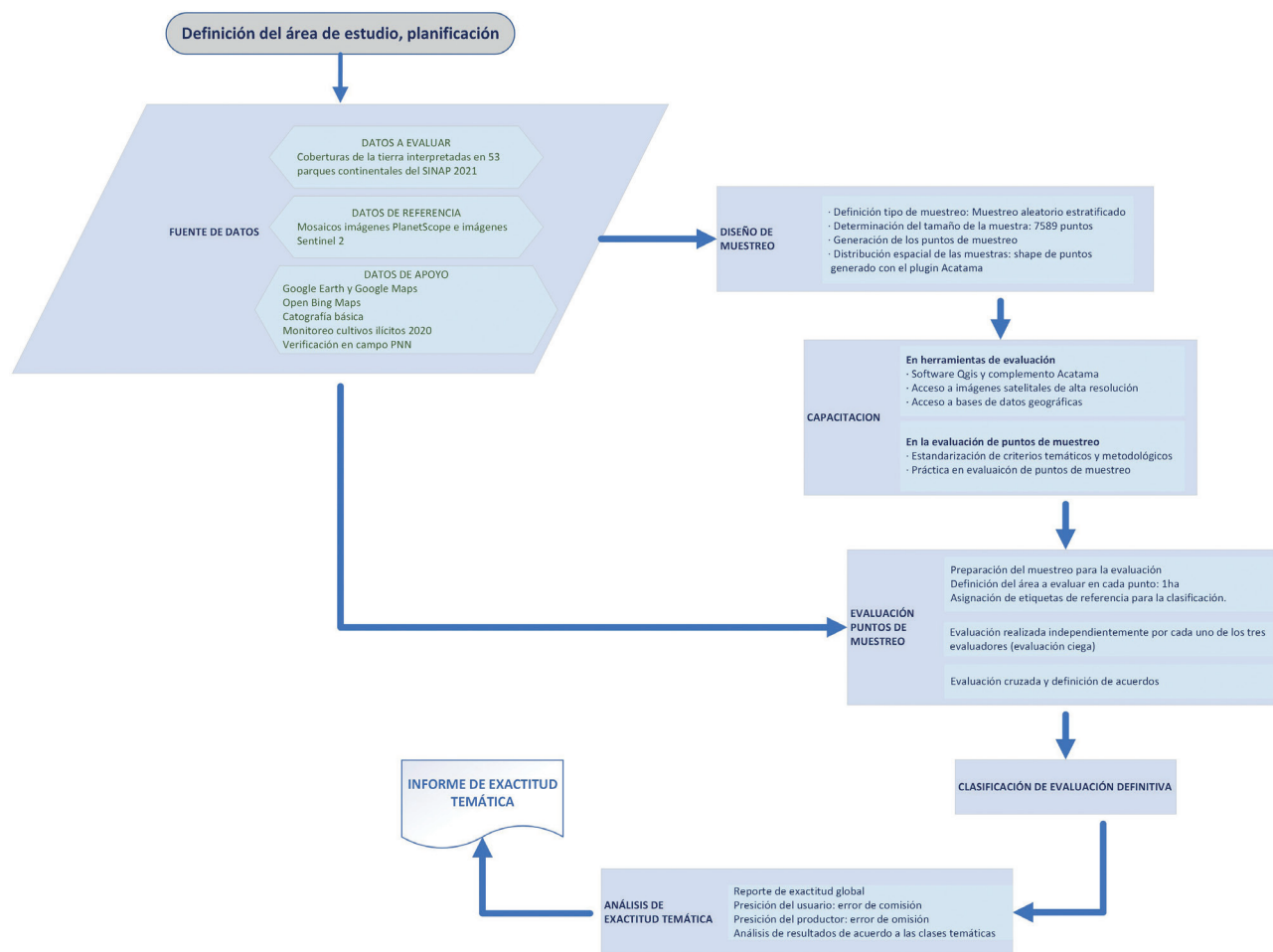
La metodología para la EET está basada en la del mapa nacional de coberturas de la tierra de 2018 y en la utilizada para el monitoreo de la superficie de bosque natural en Colombia (SMBYC), ambas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (Castellanos *et al.*, 2021).

El procedimiento se desarrolla teniendo en cuenta los lineamientos de buenas prácticas descritas

por Olofsson *et al.* (2013 y 2014), Stehman (2012) e IPCC (2006), e incluye los siguientes pasos: 1) diseño e implementación del muestreo, 2) interpretación visual de las muestras realizadas por tres intérpretes evaluadores y 3) validación mediante la matriz de error del cálculo de exactitud temática por clase/estrato. En la Figura 2 se presenta la secuencia metodológica adoptada para este proceso de evaluación de exactitud temática.

Figura 2

Esquema metodológico para la evaluación de la exactitud temática.



Fuente: Elaboración propia

Materiales

El producto evaluado corresponde a las coberturas de tierra realizadas por PNNC mediante la “Metodología para el monitoreo de coberturas de la tierra en Parques Nacionales Naturales”, a partir de la interpretación visual de imágenes satelitales Planet Scope, donde las coberturas naturales se agrupan en una sola unidad y las coberturas antrópicas (seminaturales y transformadas) se discriminan de acuerdo a la leyenda Corine Land Cover adaptada para Colombia.

La capa de coberturas que se produce en formato vector se convierte en formato ráster o imagen en extensión (.tiff), con tamaño de pixel de 5 metros, y las categorías temáticas se llevan hasta tercer nivel, salvo tres categorías de bosque fragmentado y dos de vegetación secundaria, que se analizan en cuarto nivel según la leyenda (Tabla 1).

Tabla 1

Características de la fuente de datos objeto de evaluación.

Propietario	Parques Nacionales Naturales de Colombia
Tema	Coberturas de la tierra parques continentales del SINAP 2021
Insumo principal	Imágenes satelitales Planet Scope
Nombre del archivo evaluado	Raster_5m.tif
Formato	Imagen (.tiff)
Tamaño de pixel	5 x 5 metros
Área geográfica	14.524.947,3 ha, correspondientes a 53 parques continentales del SINAP
Número de clases temáticas (estratos)	36
Número de clases temáticas evaluadas	32

Fuente: Elaboración propia

Los datos de referencia corresponden al insumo utilizado para la interpretación de las coberturas evaluadas, en este caso, mosaicos mensuales Planet Scope para el año 2021, mosaicos semestrales del mismo sensor, e imágenes Sentinel 2.

Los datos de apoyo se refieren a los recursos de las bases de imágenes de Google Earth, Google Maps, Open Bing maps. También se consultó

el mosaico de imágenes Landsat, aportado por el Ideam, puntos de verificación en campo realizados por profesionales de PNNC en las áreas protegidas, e información de monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos en 2020, suministrada por la UNODC-SIMCI. Adicionalmente, se utilizó la cartografía básica generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (Tabla 2).

Tabla 2

Datos de referencia y de apoyo para la clasificación de referencia.

TIPO	NOMBRE	FUENTE	AÑO
Datos de referencia	Mosaicos mensuales Planet Scope	Iniciativa Internacional de Bosques y Clima del Gobierno de Noruega (NICFI)	2021
	Mosaicos semestrales Planet Scope	Iniciativa Internacional de Bosques y Clima del Gobierno de Noruega (NICFI)	2021
	Imágenes Sentinel 2	Agencia Espacial Europea (ESA)	2021
Datos de apoyo	Mosaico medianas imágenes Landsat 8	Ideam	2021
	Basemap de ESRI	ESRI - ARCGIS	Multitemporal
	Google Earth y Google Maps	Google	Multitemporal
	Open Bing Maps	Bing	Multitemporal
	Cartografía básica	IGAC	2018
	Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2020	Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI)	2021
	Verificación en campo PNN	Territoriales PNN	2021

Fuente: Elaboración propia

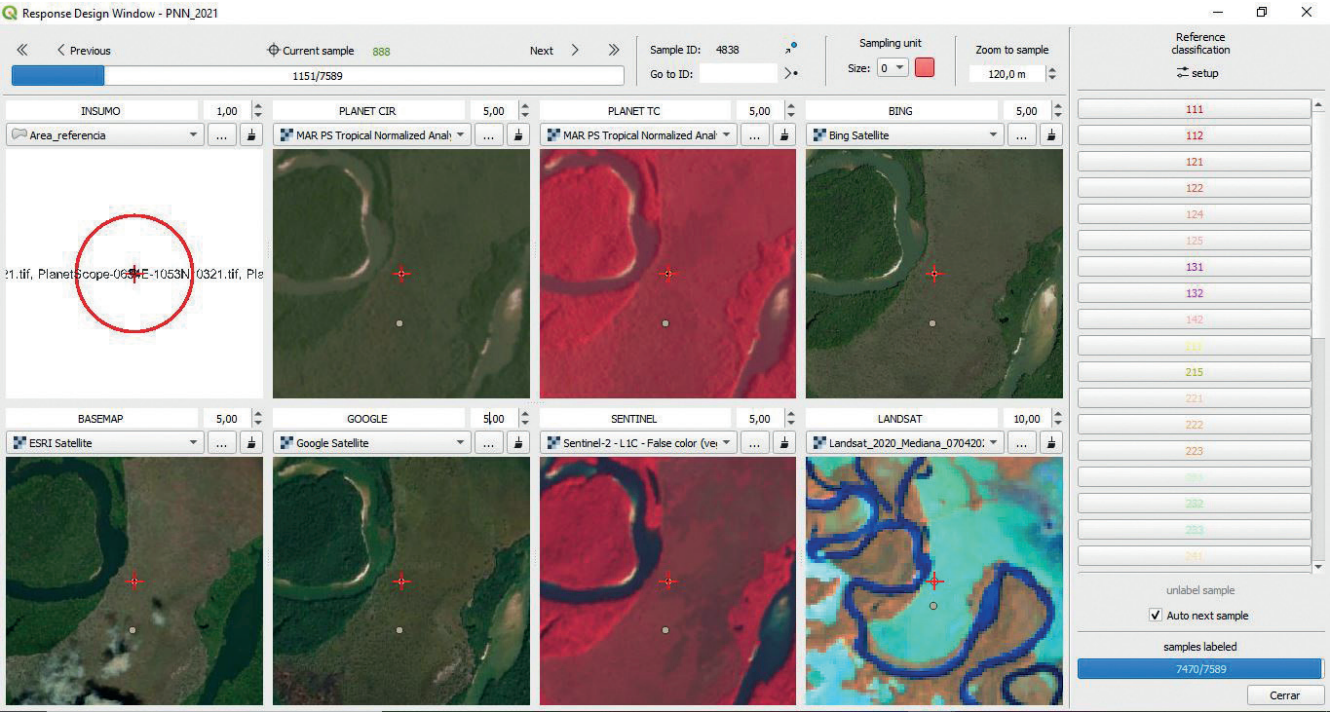
Para realizar la evaluación de exactitud temática y su análisis, se contó con la participación de tres intérpretes de imágenes de sensores remotos con amplia experiencia en la temática de coberturas de tierra y conocimientos en el procesamiento digital de imágenes y el manejo de herramientas SIG. También participó un líder temático para guiar el proceso desde la planificación hasta el análisis.

Respecto al *software* como recurso tecnológico, se utilizó la herramienta AcATaMa, Accuracy

Assessment of Thematic Maps. (Llano, X. 2022). AcATaMa fue ajustado para la EET de coberturas de la tierra en PNN para permitir la inclusión de las 36 clases temáticas y la generación del muestreo y las matrices de resultados, ya que, al ser información más detallada, se requería mejorar los procesos internos del complemento. AcATaMa funciona en el *software* QGis, que es de libre acceso. Para este ejercicio se utilizó la versión 3.26.3.

Figura 3

Visualización ventana de clasificación en AcATaMa para la EET.



Fuente: Elaboración propia

Los equipos utilizados tienen características físicas que permiten el despliegue de varias imágenes satelitales simultáneamente, conexión con

los servicios en línea y correr procesos relacionados con la generación del muestreo y resultados.

Métodos

Se realizó un muestreo aleatorio estratificado, en el que se asignó un número predefinido de muestras para cada clase temática. Adicionalmente, el muestreo incluye la proporción de área para cada clase a fin de garantizar que cada una esté representada de acuerdo a su cubrimiento en la capa a evaluar. Los estratos o clases temáticas del mapa corresponden a las coberturas de la tierra a nivel 3, de acuerdo a la leyenda de coberturas de la tierra según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, (Ideam, 2010), salvo cinco coberturas, que se clasifican en cuarto nivel: vegetación secundaria o en transición alta, vegetación secundaria o en transición baja, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria y bosque fragmentado por degradación.

Para el tamaño de la muestra, se define un número mínimo de unidades de muestra por

estrato para garantizar que incluso los estratos más pequeños estén representados, cálculo que se realiza con la ecuación de Corchan (1977). El complemento AcATaMa incorpora la opción de generar el muestreo con base en la proporción de área y utilizando esta ecuación, que es recomendada por Olofsson *et al.* (2014).

Por tanto, se establece una muestra de 7.589 puntos, distribuidos en 32 clases temáticas o estratos, siendo los bosques y áreas naturales el estrato de mayor representatividad, con 7.202 puntos de muestreo, seguido de vegetación secundaria baja, alta y pastos enmalezados, con 41, 40 y 37 puntos respectivamente.

Para la generación de los puntos de muestreo de los estratos menos representativos en relación con su proporción del área, se determinó que al menos contaran con un punto de muestreo (Tabla 3).

Tabla 3

Tamaño de la muestra para cada estrato.

N.º estrato	Nombre estrato	Área (ha)	% Área (W)	Error estándar calculado	Desviación estándar	Tamaño muestra
1	1.1.1. Tejido urbano continuo	46,175	0,00003 %	0.001	0.01	1
2	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	5,117,250	0,00352 %			5
3	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	307,875	0,00021 %			5
4	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1,054,025	0,00073 %			5
5	1.2.4. Aeropuertos	631,175	0,00043 %			5
6	1.2.5. Obras hidráulicas	135,200	0,00009 %			1
7	1.3.1. Zonas de extracción minera	933,400	0,00064 %			5
8	1.4.2. Instalaciones recreativas	396,100	0,00027 %			5

N.º estrato	Nombre estrato	Área (ha)	% Área (W)	Error estándar calculado	Desviación estándar	Tamaño muestra
9	2.1.1. Otros cultivos transitorios	925,225	0.00064 %			5
10	2.1.5. Tubérculos	12,450	0.00001 %			1
11	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2,007,650	0.00138 %			5
12	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	239,137,950	0.16464 %			12
13	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	519,700	0.00036 %			5
14	2.3.1. Pastos limpios	1,413,542,275	0.97318 %			73
15	2.3.2. Pastos arbolados	42,135,125	0.02901 %			8
16	2.3.3. Pastos enmalezados	718,969,275	0.49499 %			37
17	2.4.1. Mosaico de cultivos	39,206,325	0.02699 %			8
18	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	174,398,500	0.12007 %			13
19	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	190,668,725	0.13127 %			10
20	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	394,294,000	0.27146 %			20
21	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	140,750,725	0.09690 %			25
22	3.1.5. Plantación forestal	1,042,775	0.00072 %			5
23	3.2.3.1. Vegetación secundaria o en transición alta	770,672,250	0.53059 %			40
24	3.2.3.2. Vegetación secundaria o en transición baja	796,685,725	0.54850 %			41
25	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	23,034,925	0.01586 %			6

N.º estrato	Nombre estrato	Área (ha)	% Área (W)	Error estándar calculado	Desviación estándar	Tamaño muestra
26	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	248,437,475	0,17104 %			13
27	3.1.3.3. Bosque fragmentado por degradación	7,872,750	0,00542 %			2
28	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	64,135,425	0,04416 %			6
29	3.3.4. Zonas quemadas	111,906,375	0,07704 %			18
30	8.8.8. Bosques y áreas naturales	139,852,909,300	96,28470 %			7.202
31	5.1.3. Canales	1,456,500	0,00100 %			1
32	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	6,016,425	0,00414 %			1
Total	145,249,359,050	100 %			7.589	1

Fuente: Elaboración propia

La generación del muestreo se realiza con el complemento AcATaMa en Qgis en forma aleatoria considerando los siguientes parámetros:

a. Área para la evaluación o unidad espacial de referencia: Se establece una hectárea como el área de evaluación para cada punto de muestreo, en concordancia con el área mínima cartografiada establecida en la generación de las coberturas de tierra para los PNN.

Figura 4

Representación de la unidad espacial de referencia.



Fuente: Elaboración propia

b. Autocorrelación espacial: Garantiza que la unidad no tenga similitud por su cercanía geográfica, por tanto, se establece una distancia mínima

entre puntos de 112 metros para garantizar que en cada uno se evalúe el área establecida.

Figura 5

Autocorrelación espacial entre puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

c. Efecto borde o error de frontera: Para evitar la generación de puntos de muestreo en los límites entre estratos, se incorpora la generación de la distribución de la muestra en el valor mínimo de píxeles de la misma clase temática que deben existir alrededor del punto es de 4, mientras que la cantidad mínima de píxeles de cualquier clase alrededor del punto de muestra es de 24. En la Tabla 4 se presenta la distribución espacial de los puntos de muestreo por clase temática en cada uno de los parques nacionales naturales continentales.

Tabla 4

Distribución espacial de los puntos de muestreo por estrato y parque nacional continental.

CÓDIGO ESTRATO	111	112	121	122	124	125	131	142	211	215	221	222	223	231	232	233	241	242	243	244	245	315	333	334	513	514	888	3131	3132	3133	3231	3232	Total	
CÓDIGO ÁREA PROTEGIDA	pSCH				4											1	1			1							2197		2				2206	
	rPUI						4							1		1					2						542		2		2		554	
	pRPU																										550						550	
	pYAP				1												7					2					530						540	
	rNUK													2		1					2						447				2	1	455	
	pMAC			1								11		8		4						1			5		279				2	3	314	
	pPAR		1											7	3	6		8	4	4	6			1		233		1		12	8	294		
	pTUP											1			1									2			289						293	
	pCAH																										262						262	
	pPAY														2		1		2	3	1	4					221	3	1		2	3	243	
	pSNSM				1				2			5			6	1	3		1	3	5	3		1	1		167		3		4	5	211	
	pPIC														5	2											146		1		2		156	
	pAMA																										136						136	
	pTIN									4				3	26		11		1						7		75	2			3	1	133	
	pCOC																				3			1			125					1	130	
	pSUM														1						1						114				1	1	118	
	pFAR			1					1																	1		92				2	5	102
	pCAT		1										1		5		1				1	2						66	1	4		2	1	85
	pHER														1		1											70				2		74
	pNHU							1																				67						68
	pPUR			1																				1				54						56
	pSAN		1																									52						53
	pCHU																				1							46						47
	pUTR																											40				1		41
	pCHI						1																	1				36						38
	pCVDJ																											38						38
	pKAT																											37				1		38
	pTAM														1										2			27				3		33
	vISL			1	4									2												1		24				1		33
	pAFI														1		1				2	1						27						32
	pSYA									1													1					28		1				31
	pNEV														2													28						30
	pUBM																											27						27
	pTAT																											25						25
	pMUN														2				1									14				2		19
	sCGR																	1						2				12			1	1	2	19
	pPIS														2	1	1				1							13						18
	pTAY		1						2								1											12						16
	pMCU																											11						11
	pORQ																											10						10
pPOR																											10						10	
pSFL																				2		3					2				1		8	
sGUA																											7						7	
sGAL														1													4						5	
sFLA		1														1											2						4	
sOIA																											4						4	
sIGU										1																	2						3	
pGUA																											2						2	
sCMH																														1		1	2	
sCOL	1																														1		2	
sOTU																						1					1						2	
aEST																															1		1	
Total	1	5	4	5	5	1	5	5	5	1	5	13	5	73	8	35	8	13	10	21	#	5	6	18	1	1	7203	6	15	2	39	41	7589	

Fuente: Elaboración propia

La calificación de los puntos de muestreo fue realizada por cada evaluador de forma independiente, es decir, mediante evaluación ciega. Para la decisión de calificación del punto de muestro, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Se realizó la evaluación del muestreo exclusivamente en el área de referencia establecida para tal fin, es decir, 1 ha.

La clasificación se efectuó a partir del insumo utilizado para producir el mapa evaluado, que corresponde a los datos de referencia descritos en la Tabla 2, cuidando de respetar su resolución espacial. Los datos de apoyo son imprescindibles para obtener información que facilita la clasificación realizada por el evaluador (Tabla 2).

Como apoyo adicional a la evaluación, se tuvo en cuenta la delineación en el mapa, garantizando

que no se aporte al evaluador ningún atributo relacionado con la cobertura que le corresponde a cada polígono. Así se evita que se atribuya un posible error temático debido a cambios geométricos.

Finalmente, se desarrolló una evaluación consolidada en la que se identificaron los acuerdos entre los tres evaluadores. Estos se tomaron como la clasificación definitiva, así como los acuerdos entre dos de los tres evaluadores. Los puntos de muestreo de desacuerdo, en donde no coincide ninguno de los evaluadores, se clasifican de forma conjunta entre los evaluadores y la líder temática, en un proceso denominado *definición de acuerdos*. El muestreo con la evaluación definitiva se utiliza para la generación de los resultados de la matriz de confusión e indicadores de exactitud (Tabla 5).

Tabla 5
Niveles de acuerdo e incertidumbre de las clasificaciones de referencia entre los tres evaluadores.

Niveles de acuerdo	Coincidencias Validación cruzada entre evaluadores	# de puntos
Totalmente de acuerdo	E1 - E2 - E3	7,209
Parcialmente de acuerdo	E1 - E2	7,272
	E1 - E3	7,326
	E2 - E3	7,290
Desacuerdo total	Ninguna coincidencia temática - Puntos de muestreo con incertidumbre	119

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

La matriz de error o confusión es muy efectiva para representar la precisión individual por estrato. Está conforma por la tabulación cruzada en filas y columnas de las clases temáticas presentes en el mapa (filas) y las clases temáticas obtenidas en el proceso de evaluación (columnas), y reflejan los conflictos entre categorías.

La matriz de error obtenida (Tabla 6) muestra en forma cuantitativa y detallada la distribución de la clasificación de los 7.589 puntos de muestreo en los 32 estratos evaluados. En la diagonal se resaltan los acuerdos entre los estratos del mapa evaluado y la clasificación de referencia.

Tabla 6

Matriz de error o confusión.

	CLASES EVALUACIÓN																																EXACTITUD USUARIO	ERROR DE COMISIÓN
	111	112	121	122	124	125	131	142	211	215	221	222	223	231	232	233	241	242	243	244	245	315	333	334	513	514	888	3131	3132	3133	3231	3232		
CLASES MAPA	111	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.0
	112	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.0	
	121	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.4	
	122	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.0	
	124	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.0	
	125	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.0	
	131	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.0	
	142	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.8	
	211	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.2
	215	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.0	
	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.0	
	222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0.58333
	223	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.4	
	231	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	67	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	73	0.91781
	232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	8	0.125
	233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	18	0	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	37	0.48649
	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.75	
	242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0.69231	
	243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	1	0	0	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.5	
244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	1	7	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	20	0.35	
245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	16	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	25	0.64	
315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0.6	
333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	6	0.66667	
334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	3	0	0	0	0	38	0.61111	
513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.0	
514	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1.0	
888	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7193	0	5	0	0	2	7202	0.99875
3131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	6	0.0
3132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	7	0	0	13	0.53846	
3133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0.5	
3231	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	26	9	40	0.65
3232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	32	41	0.78049	
Total	1	8	2	5	5	1	1	4	1	1	7	16	2	82	2	28	6	24	12	13	23	3	4	12	1	0	7222	1	19	2	27	50	7588	
EXACTITUD PRODUCTOR	1.0	0.625	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.71429	0.4375	1.0	0.817005	0.817005	0.64286	1.0	0.375	0.41667	0.53846	0.69565	1.0	1.0	0.91667	1.0	1.0	0.99590	0.368405	0.9629064						
ERROR DE OMISION	0	0.375	0	0	0	0	0	0	0	0.286	0.563	0	0.183	0.5	0.357	0	0.625	0.583	0.462	0.304	0	0	0.083	0	0	0.004	1	0.632	0.5	0.037	0.36			

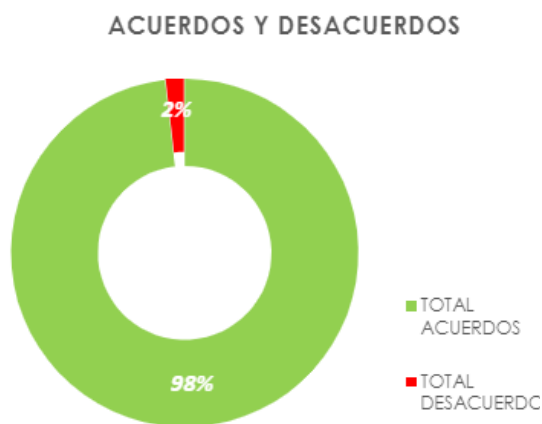
Fuente: Elaboración propia

La exactitud global del mapa representa de forma detallada el indicador general para cada estrato. Los indicadores que conciernen son el porcentaje de exactitud del productor y usuario, así como el porcentaje a través de la relación entre el número de puntos de errores de comisión y omisión evaluados sobre el número total de puntos (Olofsson *et al.*, 2013). La exactitud global presenta el grado de concordancia entre el mapa evaluado y la referencia utilizada para la clasificación.

La fiabilidad global de las coberturas de la tierra en PNN continentales es de 98,2 %. La Figura 6 muestra la relación de acuerdos (7.451) y desacuerdos (138) en la evaluación.

Figura 6

Exactitud global: porcentaje de acuerdos y desacuerdos en la EET definitiva.



Fuente: Elaboración propia

El resultado de acuerdos del 98 % se analiza principalmente porque la categoría *área natural* (888) es la que posee el mayor número de puntos muestreados. Esto se corresponde con los parámetros establecidos por proporción de área y está dirigido a la naturaleza de la capa temática, teniendo en cuenta que la predominancia está en áreas de conservación, es decir, zonas donde no existe ningún tipo de intervención antrópica. Dentro de esta categoría se evidencia que los mayores desacuerdos se encontraron en la categoría de mosaicos (241, 242, 243, 244, 245), lo cual se dilucida por la dificultad para su interpretación y correcta clasificación. Se sugiere que el análisis se haga individual por categoría para no dar una estimación generalizada. Sin embargo, el dato del 2 % de desacuerdos no es suficiente para no validar una alta fiabilidad del mapa.

La exactitud del productor se refiere a la proporción de información que, de acuerdo a la clasificación de referencia (realidad en campo), pertenece a un estrato y fue asignada a dicha categoría en el mapa evaluado. Es complementaria al error por omisión (Ideam, 2019).

En la información evaluada, se encuentra una variación en la exactitud del productor de 37 % y 100 %, salvo el caso de la categoría de bosque fragmentado con pastos y cultivos, donde es de 0 %.

La exactitud de usuario indica la proporción de área en la que la asignación de clase temática en el mapa corresponde al mismo estrato en la clasificación de referencia, y es complementaria del error de comisión (Ideam, 2019).

Para las coberturas evaluadas se presenta una exactitud de usuario de 20 % y 100 %, salvo el caso de la categoría de bosque fragmentado con pastos y cultivos, que al igual que en la exactitud del productor es del 0 %.

Los errores de comisión se calculan a partir de los datos consignados en las filas de la matriz de confusión e indican la cantidad de puntos de muestreo incluidos en una clase temática del mapa, pero pertenecen a otra de acuerdo a la clasificación de referencia (Congalton & Green, 1957).

Dado que corresponden al porcentaje complementario de la exactitud del usuario, los errores de comisión mayores se presentan en las clases temáticas con menor exactitud de usuario, y se encuentra que el mayor valor porcentual le corresponde a la categoría de bosque fragmentado con pastos y cultivos (100 %).

Los errores de omisión pueden calcularse a partir de las columnas de la matriz de confusión y expresan el número de puntos de muestreo que en el mapa evaluado no fueron asignados a la clase temática a la que pertenecen en la realidad en campo, es decir, produce un error de omisión cuando un área se excluye del estrato al que pertenece (Castellanos & Mayorga, 2021).

Este error es el valor porcentual complementario de la exactitud del productor, que es 100 % para el estrato de bosque fragmentado con pastos y cultivos (Tabla 7).

Tabla 7

Consolidación indicadores detallados para la exactitud temática de coberturas de la tierra en PNN periodo 2021.

CLASES TEMÁTICAS DE COBERTURAS		TOTAL PUNTOS	TOTAL ACUERDOS	TOTAL DESACUERDOS	EXACTITUD USUARIO %	ERROR COMISIÓN %	EXACTITUD PRODUCTOR %	ERROR OMISIÓN %
TERRITORIOS ARTIFICIALES	1.1.1. Tejido urbano continuo	1	1	0	100	0	100	0
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	5	5	0	100	0	63	38
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	5	2	3	40	60	100	0
	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	5	5	0	100	0	100	0
	1.2.4. Aeropuertos	5	5	0	100	0	100	0
	1.2.5. Obras hidráulicas	1	1	0	100	0	100	0
	1.3.1. Zonas de extracción minera	5	5	0	100	0	100	0
	1.4.2. Instalaciones recreativas	5	4	1	80	20	100	0
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1.1. Otros cultivos transitorios	5	1	4	20	80	100	0
	2.1.5. Tubérculos	1	1	0	100	0	100	0
	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	5	5	0	100	0	71	29
	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	12	7	5	58	42	44	56
	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	5	2	3	40	60	100	0
	2.3.1. Pastos limpios	73	67	6	92	8	82	18
	2.3.2. Pastos arbolados	8	1	7	13	88	50	50
	2.3.3. Pastos enmalezados	37	18	19	49	51	64	36
	2.4.1. Mosaico de cultivos	8	6	2	75	25	100	0
	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	13	9	4	69	31	38	63
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	10	5	5	50	50	42	58
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	20	7	13	35	65	54	46
	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	25	16	9	64	36	70	30
	3.1.5. Plantación forestal	5	3	2	60	40	100	0
	3.2.3.1. Vegetación secundaria o en transición alta	40	26	14	65	35	96	4
	3.2.3.2. Vegetación secundaria o en transición baja	41	32	9	78	22	64	36
	3.1.3.1. Bosque Fragmentado con Pastos y Cultivos	6	0	6	0	100	0	100
	3.1.3.2. Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	13	7	6	54	46	37	63
SUPERFICIES DE AGUA	3.1.3.3. Bosque Fragmentado por degradación	2	1	1	50	50	50	50
	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	6	4	2	67	33	100	0
	3.3.4. Zonas quemadas	18	11	7	61	39	92	8
	8.8.8. Bosques y áreas naturales	7,202	7,193	9	100	0	100	0
	5.1.3. Canales	1	1	0	100	0	100	0
Total:		7,589	7,451	138				

Fuente: Elaboración propia

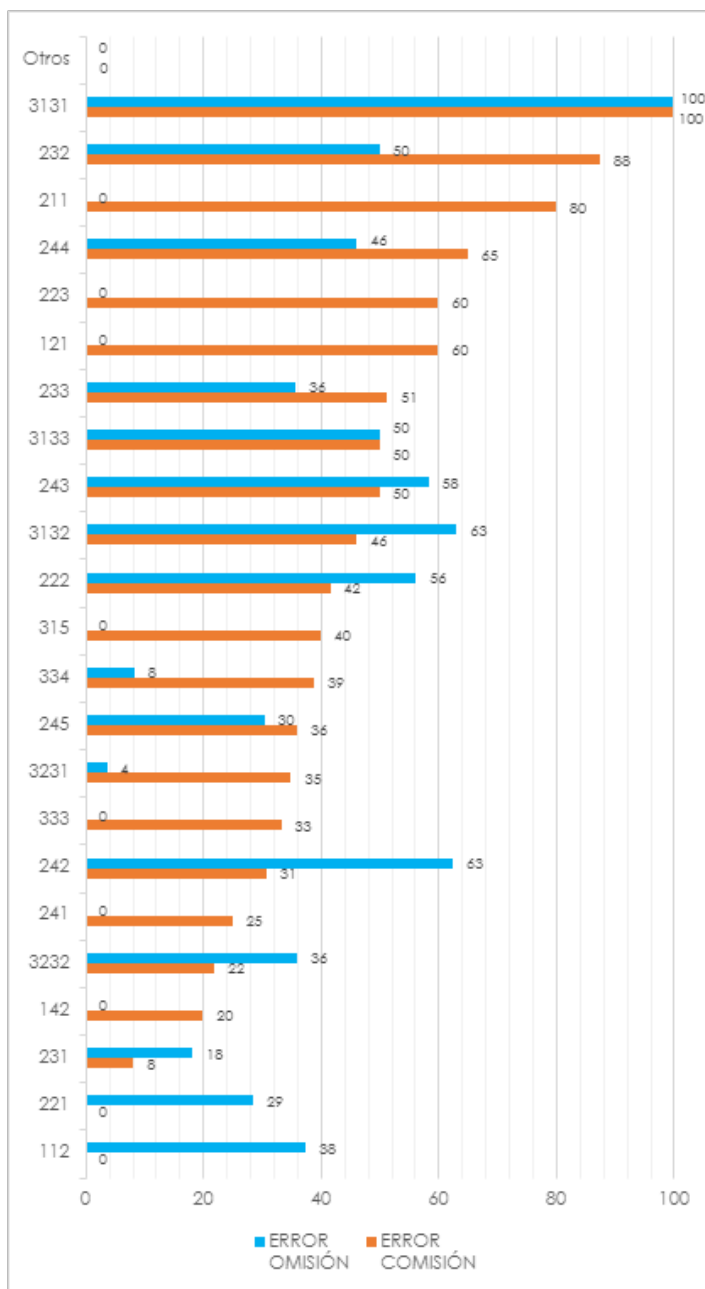
Es notable que el mayor porcentaje de exactitud se encuentra en las coberturas de bosques y áreas naturales (888). No obstante, estas ocupan más del 96 % del área de los parques continentales, lo cual influye tanto en la generación del muestreo como en el resultado de exactitud global debido a la proporción de área. En las coberturas de origen antrópico se destacan como

las más fiables las categorías de territorios artificializados y superficies de agua.

En la Figura 7 se destacan las clases temáticas que presentaron errores de comisión u omisión, en orden ascendente de acuerdo al error de comisión.

Figura 7

Distribución del porcentaje de errores de omisión y comisión por clase temática.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

La evaluación de exactitud temática realizada a la capa de coberturas de tierra antrópica, siguiendo los parámetros de buenas prácticas y analizando los datos globales con un porcentaje

del 98 % en acuerdos, califica un resultado muy bueno. Sin embargo, es importante aclarar que es un proceso nuevo y que siempre existe oportunidad de mejora tanto en los materiales como

en los métodos, principalmente en el muestreo y su distribución.

La categoría área natural (888) es la que posee el mayor porcentaje de exactitud, lo cual concuerda con los parámetros establecidos y con la naturaleza de la capa temática. Los mayores desacuerdos se evidenciaron en la categoría de mosaicos (241, 242, 243, 244, 245), siendo la cobertura más difícil de identificar.

Agradecimientos

A Xavier Corredor, desarrollador afiliado Qgis, creador Plugin AcAtama, PhD (st.) at @unbc in conservation planning and climate change, M.S.

La investigación deja gran ganancia en la aproximación metodológica para la evaluación de la exactitud temática del monitoreo anual de coberturas de la tierra antrópica a escala 1:25.000 en los Parques Nacionales Naturales, con las mejoras identificadas, es posible comparar los resultados anuales y establecer parámetros de calidad en su producción y fiabilidad de los datos.

in computer science. Conservationist, FOSS and bike lover.

Referencias

- Castellanos, H., Gómez, W. F. & Mayorga, N. (2021). *Mapa nacional de coberturas de la tierra, escala 1:100.000, periodo 2018, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, memoria técnica y resultados*. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (Ideam).
- Castellanos, H. O. & Mayorga, N. C. (2021). *Evaluación de la exactitud temática del mapa nacional de coberturas de la tierra año 2018 a escala 1:100.000, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).
- Congalton, R. G. & Green, K. (1957). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data. Principles and Practices*. Taylor & Francis Group.
- Llano, X. (2022). SMBYC-IDEAM. AcATaMa - QGIS plugin for Accuracy Assessment of Thematic Maps. <https://github.com/SMBYC/AcATaMa>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).
- Corchan, W. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2019). <http://ideam.gov.co/>. http://ideam.gov.co/documentos/11769/72065174/Doc_metodol%C3%B3gica_SMBYC_Consolidado_v12_26062019.pdf/1c576c67-d00c-4e2c-b3b1-5a260305f3d0.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [Igac]. (2022). *Resolución No. 658 de 2022*. https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/normograma/resolucion_658_2022.pdf
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC] & Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos [SIMCI]. (2020). *Monitoreo de Territorios afectados por cultivos ilícitos*.
- Olofsson, P., Foody, G., Herold, M., Stehman, S., Woodcock, C. & Wulder, M. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, (148), 42-57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Olofsson, P., Foody, G., Stehman, S. V. & Woodcock, C. E. (2013). Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment* (129), 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.10.031>
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2021). *Metodología Monitoreo de Coberturas de la Tierra en las Áreas de Parques Nacionales Naturales*. https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2021/08/amspnn_mt_01_monitoreo-de-coberturas-de-la-tierra-en-ap-de-pnn_v_5-ajustad27082021.pdf
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2022). *Resultados Monitoreo de Coberturas Antrópicas en*

Parques Nacionales. <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/servicios-de-informacion/monitoreo-coberturas-de-la-tierra/monitoreo-de-coberturas-antropicas-a-escala-125000/>.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2020). *Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP)*.

Ramírez, S., Ramírez, M., Galindo, G. & Espejo, O. (2017). Evaluación de la exactitud temática del mapa

de cambio de bosque para la región amazónica colombiana en el periodo 2010-2012. *UD y la geomática*, (10), 27-36. Obtenido de: <https://doi.org/10.14483/23448407.7885>

Serrato Álvarez, P. K., Camacho, V. D., Escudero Montañez, P., Vargas Tejedor, Y., Avendaño, A. L. & Franco, C. A. (2021). Aproximación a la evaluación de la exactitud temática de cartografía geomorfológica. *Revista Cartográfica*, (104), 103-131. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i104.978>.



Foto: Rodrigo Durán



Fototrampeo en el Santuario de Plantas Medicinales Orito Ingi Ande y su zona de influencia



Foto: WCS-SFPMOIA

Juliett Maritza González Carvajal

Bióloga, profesional de investigación y monitoreo,
Santuario de Flora Plantas Medicinales Orito Ingi
Ande, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
juliettgo@gmail.com

Leonor Valenzuela

Bióloga, coordinadora de análisis y síntesis,
WCS-Colombia.
lvalenzuela@wcs.org

Walker Hoyos Giraldo

Biólogo, jefe del Santuario de Flora Plantas Medicinales
Orito Ingi Ande, Parques Nacionales Naturales de
Colombia.
walker.hoyos@parquesnacionales.gov.co



Foto: Rodrigo Durán

Camera trapping in Orito Ingi Ande Flora Medicinal Plants Sanctuary and the area of influence.

RESUMEN

El Santuario de Flora Plantas Medicinales Orito Ingi Ande es punto de unión cultural y biológica de la región amazónica y andina. Está cubierto casi en su totalidad por bosques en un alto grado de conservación, con presencia de una gran diversidad de fauna y flora que evidencia esta transición. Igualmente, es un espacio en el que los pueblos indígenas que conforman la “cultura del yagé”, en especial el pueblo Cofán, pueden desarrollar sus tradiciones y contribuir a la permanencia de sistemas medicinales tradicionales y la recuperación del patrimonio material e inmaterial, el cual incluye dentro de su cosmogonía especies de fauna como el jaguar (*Panthera onca*), de gran importancia cultural y ecológica. Con el fin de caracterizar la fauna de

mamíferos grandes, medianos y aves terrestres, fueron instaladas 57 cámaras trampa entre los meses de octubre y noviembre de 2021. Se registraron 37 especies, siendo el paujil nocturno (*Nothocrax urumutum*) la especie con mayor número de imágenes, seguida por la boruga (*Cuniculus paca*) y el guará (*Dasyprocta fuliginosa*). Esta investigación permite continuar la articulación del área protegida con las comunidades, así como generar estrategias de manejo para la conservación tanto del territorio como del conocimiento tradicional y ancestral.

Palabras clave: aves, abundancia, cámaras trampa, conservación, mamíferos.

ABSTRACT

The Orito Ingi Ande Flora Medicinal Plants Sanctuary, is a cultural and biological hub in the Amazonian and Andean region. It is mostly covered by highly conserved forests, displaying a diverse range of flora and fauna that reflects this transition. At the same time, it provides a space for indigenous peoples, particularly the Cofán community who are part of the “yagé culture,” to practice their traditions, thereby contributing to the preservation of traditional medicinal systems and the recovery of tangible and intangible heritage in harmony with nature. Therefore, species such as the jaguar (*Panthera onca*), hold a significant cultural and ecological importance within their cosmology. In order to characterize the large and medium-sized mammal fauna, as well as terrestrial bird species, 57 camera traps were installed between October and November in 2021. A total of thirty-seven species were documented, the nocturnal curassow (*Nothocrax urumutum*) was the specie with the highest number of images recorded, followed by the paca (*Cuniculus paca*) and the agouti (*Dasyprocta fuliginosa*). This research aims to further strengthen the connection between the protected area and local communities, while also developing management strategies for both the territory conservation and traditional ancestral knowledge.

Key words: water quality, bioindicator, BMWP, aquatic macroinvertebrates

Introducción

En la naturaleza existen muchas especies que son difíciles de observar directamente debido a sus patrones comportamentales y bajas tasas de reproducción, entre otros motivos (Wilson *et al.*, 1996). Por esta razón se hace necesario el uso de técnicas que permitan la captura de información ecológica de las especies sin necesidad de que estas involucren su captura y marcaje (Chávez *et al.*, 2013). El uso de las cámaras trampa ha cambiado la forma de contemplar la naturaleza y ha permitido generar mayor conciencia sobre nuestra biodiversidad, ya que, a través de este dispositivo, se obtienen fotos de momentos irrepetibles, lo que ha convertido al fototrampeo en un método muy útil para la captura de información de aquellas especies que son crípticas o raras (Kays & Slauson, 2008).

Esta herramienta también nos permite determinar el efecto de nuestras acciones sobre las especies. El efecto es negativo si estamos cazando las especies y dañando su hábitat, o positivo si conservamos los bosques, disminuimos las tasas de deforestación, reducimos acciones de

cacería, restauramos su hábitat e implementamos sistemas productivos más amigables con el medio ambiente. En este sentido, el monitoreo, que es la toma de información sistemática en el tiempo, nos permitirá entender cómo estamos afectando a nuestra fauna y tomar decisiones al respecto de acuerdo a nuestro contexto.

Desde hace varios años, el Santuario de Plantas Medicinales Orito Ingi Ande desarrolla un monitoreo asociado a las coberturas naturales, las cuales se han mantenido en buen estado. Sin embargo, debido a que podemos tener “bosques vacíos”, consideramos importante iniciar el proceso de monitoreo de nuestra fauna, la cual incluye especies de relevancia ecológica y cultural como el jaguar (*Panthera onca*) y especies cinegéticas, más asociadas al mantenimiento de las comunidades, como la boruga (*Cuniculus paca*), la danta (*Tapirus terrestris*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), el cerrillo (*Dicotyles tajacu*), la guara (*Dasyprocta fuliginosa*), las pavas (*Aburria aburri*, *Penelope jacquacu*, *Pipile cucumanensis*) y el paujil (*Mitu salvini*).

Métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en el piedemonte andino-amazónico, en la vereda El Líbano, perteneciente al municipio de Orito, departamento del Putumayo. Específicamente, fueron muestreadas tres zonas: dentro del área protegida (AP) (0° 41' 48.2" N-77° 03' 53.0" W), el área de influencia conservada (AIC) (0° 40' 36.0" N-77° 01' 47.0" W) y el área de influencia alterada (AIA) (0° 38' 22.4" N-77° 02' 05.8" W). El área muestreada pertenece a la zona de vida de bosque húmedo tropical (Bh-T) *sensu* Holdridge (1967), con dos temporadas de baja precipitación (octubre-noviembre y enero-febrero), volúmenes de lluvia entre 150 y

200 mm/mes, una altitud que fluctúa entre los 550 y 1500 m y una temperatura media de 25 °C. Está cubierta casi en su totalidad por bosques en un alto grado de conservación, con presencia de una gran diversidad de fauna y flora que evidencia la transición entre Andes y Amazonia, a excepción del área de influencia alterada (AIA), la cual ha tenido procesos de transformación antrópicos y asentamientos humanos.

Trabajo de campo

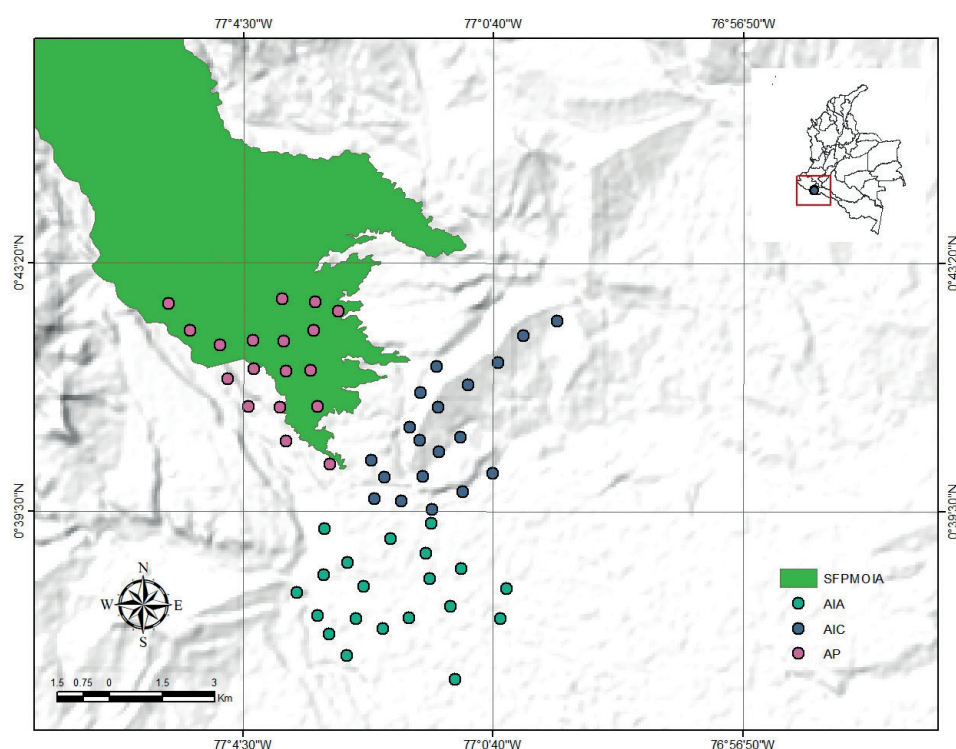
Para este levantamiento de línea base, se utilizaron cámaras trampa Reconyx hyperfire 2, que toman imágenes de alta calidad y no poseen

flash o luz blanca que afecte el comportamiento de las especies de interés. Para la ubicación de las cámaras trampa, se generó un diseño de muestreo que cubriera las tres áreas de interés: 1) dentro del AP, 2) en el AIC y 3) en el AIA. Dado el rango de hogar de la mayoría de las especies de interés, generamos una grilla de 1 km² y seleccionamos celdas que tuvieran al menos

un 10 % de zona de bosque en el área alterada. Considerando la accesibilidad y logística de entrada a las áreas, se seleccionaron 18 celdas dentro del AP, 19 en el AIC y 20 en el AIA. El muestreo se realizó entre los 597 y los 1075 m de altitud (Figura 1).

Figura 1

Ubicación de las cámaras trampa.



Fuente: Elaboración propia

Para la instalación de las 57 cámaras trampa, se conformó un equipo compuesto por dos miembros del personal del área protegida y siete personas de la comunidad local que fueron previamente capacitadas en su manejo e instalación. En el caso del AIA, el equipo de campo socializó el proyecto con las comunidades locales a fin de solicitar permiso para instalar cámaras trampa en propiedades privadas. Los once propietarios invitados participaron y estuvieron de acuerdo con la instalación de las cámaras, ya que muchos de ellos han tenido conflictos previos con la fauna silvestre y están interesados en un manejo

no letal. Por su parte, la instalación de las cámaras se inició el 10 de octubre y finalizó el 6 de noviembre de 2021, mientras que la desinstalación se realizó durante el mes de diciembre de 2021.

Las estaciones de fototrampeo fueron ubicadas en lugares con indicios de fauna (sendas, excrementos, huellas, frutos comidos y osaderos). En cada estación, se instaló una cámara trampa sujeta a un árbol a una altura aproximada de 80 cm del suelo (Figura 2).

Figura 2

Instalación de cámaras trampa en las zonas de estudio con apoyo de las comunidades.



Fuente: Elaboración propia

Las cámaras se programaron para que funcionaran las 24 horas y para tomar una secuencia de cinco fotos con un tiempo de un segundo entre una y otra y una sensibilidad media-alta. Cada fotografía contó con la siguiente información: fecha, hora, temperatura y fase lunar. Se tomó la ubicación con el uso de un GPS marca Garmin 64sx, así como información sobre porcentaje de batería y memoria, que fue consignada en la planilla de instalación/remoción de las cámaras trampa.

Procesamiento de datos

Todas las imágenes recogidas en este esfuerzo de muestreo fueron clasificadas y procesadas en la plataforma Wildlife Insights. En esta misma plataforma se realizaron análisis de riqueza y abundancia relativa y también se graficaron las curvas de rarefacción de especies para las tres áreas muestreadas y la ocupación *naïve* (probabilidad de que la especie esté presente, pero sin corregir por el error de detección de especies cinegéticas).

Resultados y discusión

El esfuerzo total de muestreo fue de 2.438 trampas/ día, y se obtuvo un total de 5.750 imágenes, de las cuales 3.443 correspondieron a fauna silvestre. Se logró el avistamiento de 19 especies de mamíferos, pertenecientes a siete órdenes, 12 familias y 18 géneros (Tabla 1, Figura 3). El orden Carnívora fue el mejor representado, con cuatro

familias y ocho especies registradas. También se avistaron 15 especies de aves, pertenecientes a cinco órdenes, ocho familias y quince géneros. El orden Galliformes fue el mejor representado entre las aves, con dos familias y siete especies registradas.

Tabla 1

Especies registradas por cámaras trampa en el Santuario de Plantas Medicinales Orito Ingi Ande y su zona de influencia.

Clase	Familia	Especie	Nombre común	Áreas muestreadas		
				AP	AIC	AIA
Mammalia	Orden Didelphiomorpha					
	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Chucha	X	X	X
		<i>Metachirus nudicaudatus</i>	Chucha		X	
	Orden Cingulata					
	Dasypodidae	<i>Cabassous centralis</i>	Gurre cola de trapo			X
		<i>Dasypus novemcinctus</i>	Gurre	X	X	X
	Orden Pilosa					
	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Oso hormiguero		X	
	Orden Carnivora					
	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Tigrillo	X	X	X
		<i>Leopardus wiedii</i>	Tigrillo	X	X	
		<i>Panthera onca</i>	Jaguar	X	X	
		<i>Puma concolor</i>	Puma	X	X	X
	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Zorro mate	X	X	X
	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i>	Cusumbo	X	X	X
		<i>Procyon cancrivorus</i>	Zorro de anteojos	X		X
	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso	X		
	Orden Perissodactyla					
	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Danta		X	
	Orden Artiocactyla					
	Tayassuidae	<i>Dicotyles tajacu</i>	Cerrillo		X	
	Cervidae	<i>Mazama cf. zamora</i>	Venado	X	X	X
	Orden Rodentia					
	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Boruga	X	X	X
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	Guara	X	X	X
		<i>Myoprocta pratti</i>	Tintin	X		

Clase	Familia	Especie	Nombre común	Áreas muestreadas		
				AP	AIC	AIA
Aves	Orden Tinamiformes					
	Tinamidae	<i>Tinamus major</i>	Gallineta	X	X	X
	Tinamidae	<i>Crypturellus cinereus</i>	Gallineta	X		
	Orden Galliformes					
	Cracidae	<i>Penelope jacquacu</i>	Pava	X	X	X
	Cracidae	<i>Pipile cumanensis</i>	Pava rajadora	X		
	Cracidae	<i>Aburria aburri</i>	Pava aburrida	X		
	Cracidae	<i>Ortalis guttata</i>	Guacharaca			X
	Cracidae	<i>Nothocrax urumutum</i>	Pajuil nocturno	X	X	
	Cracidae	<i>Mitu salvini</i>	Pajuil diurno	X	X	
	Odontophoridae	<i>Odontophorus gujanensis</i>	Perdiz	X		
	Orden Columbiformes					
	Columbidae	<i>Leptotila rufaxilla</i>	Tórtola	X		
	Columbidae	<i>Geotrygon montana</i>	Paloma de monte	X	X	
	Orden Gruiformes					
	Psophiidae	<i>Psophia crepitans</i>	Tente		X	
	Orden Passeriformes					
	Rhinocryptidae	<i>Liosceles thoracicus</i>	Tapaculo		X	
	Corvidae	<i>Cyanocorax violaceus</i>	Piojosa			X
	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	Mirla buchipecosa	X		

Nota: AP, área protegida; AIC, área de influencia conservada; AIA, área de influencia alterada.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Algunas especies de mamíferos y aves fotografiados con cámaras trampa en el Santuario de Plantas Medicinales Orito Ingi Ande y su zona de influencia.



a) Puma concolor.



b) Panthera onca.



c) Tapirus terrestris.



d) Nothocrax urumutum.



e) Psophia crepitans



f) Penelope jacquacu.

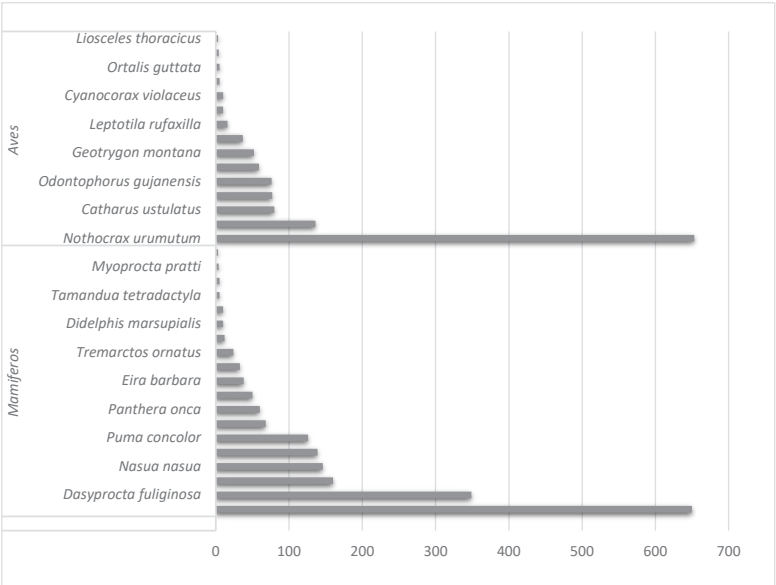
Fotos: WCS-SFPMOIA

No fueron incluidos dentro de los análisis cinco mamíferos y dos aves, dado que no ha sido posible su clasificación a nivel de especie. Del mismo modo, no se incluyeron los registros de los animales domésticos *Felis silvestris catus*, *Canis lupus familiaris*, y *Bos primigenius*; especies observadas en el AIA.

De las 34 especies registradas, el paujil nocturno (*Nothocrax urumutum*) fue la de mayor número de imágenes, seguida por la boruga (*Cuniculus paca*), el guara (*Dasyprocta fuliginosa*), el armadillo de nueve bandas (*Dasyopus novemcinctus*) y el cusumbo (*Nasua nasua*) (Figura 4).

Figura 4

Número de imágenes registradas en las cámaras por especie.



Fuente: Elaboración propia

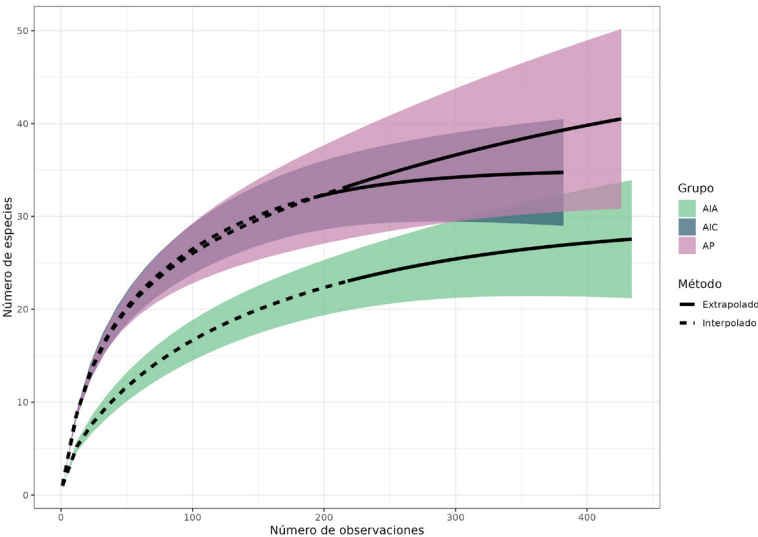
Curva de rarefacción

Se encontraron diferencias en la riqueza de especies entre las diferentes áreas de estudio. El AIA presenta una menor riqueza de especies, tanto observadas como esperadas por el número de

Hill (Figura 5), mientras que el Santuario y el AIC presentan valores similares de especies observadas, siendo un poco mayor el valor esperado para el área protegida.

Figura 5

Curvas de rarefacción para las tres áreas de interés: dentro del área protegida, en el área de influencia conservada y en el área de influencia alterada.



Fuente: Wildlife Insights

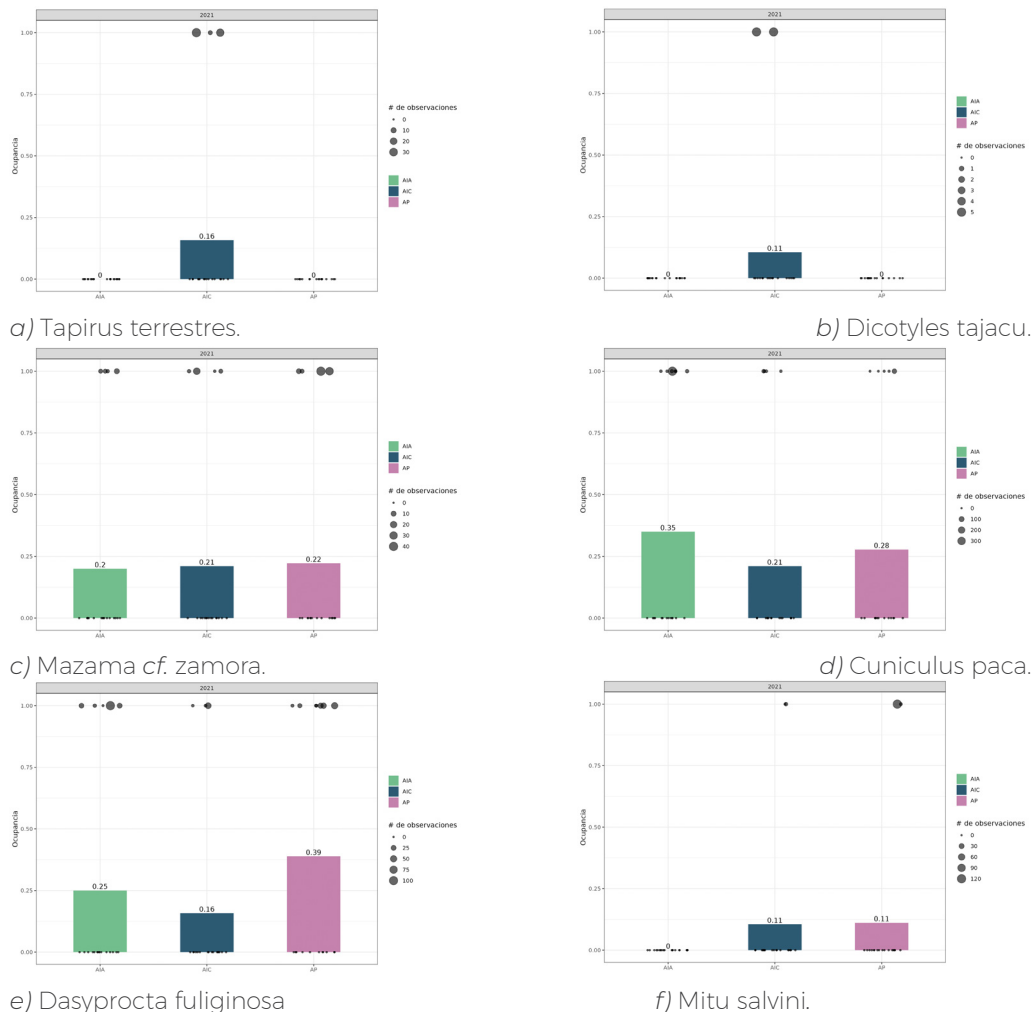
Especies cinegéticas

Dentro del muestreo se pudieron identificar varias especies cinegéticas, como la danta (*Tapirus terrestris*), el cerillo (*Dicotyles tajacu*), el venado (*Mazama cf. zamora*), la boruga (*Cuniculus paca*), el guara (*Dasyprocta fuliginosa*) y el pajuil diurno (*Mitu salvini*), que presentan diferentes valores de ocupancia *naïve* en las diferentes zonas de estudio (Figura 5). En términos de valores promedio a través de las tres zonas, la danta, el cerillo y el pajuil diurno presentaron valores de ocupancia menores al 1 %, mientras que el venado, el guara y la boruga reportaron valores entre el 20 y 30 %. La danta y el cerillo solo se registraron en el AIC, el pajuil diurno se encuentra tanto en la zona de función amortiguadora bien conservada como dentro del área protegida, mientras que las otras especies se encuentran en las tres

zonas (Figura 6). Es de resaltar que la boruga presenta una mayor ocupancia *naïve* en el AIA, tal como se ha observado en otras áreas donde algunas especies de roedores y pequeños mamíferos pueden beneficiarse de los cambios en el paisaje asociados a los asentamientos humanos a través del aumento de las áreas abiertas, presencia de depósitos de agua y disponibilidad de alimentos procedentes de la basura o la agricultura (Fedriani *et al.*, 2001; Mendelssohn y Yom-Tov, 1999; Oro *et al.*, 2013). En otras áreas de la Amazonía, se ha reportado el consumo de plantas cultivadas pertenecientes a especies de los géneros *Dasyprocta* y *Cuniculus* (Abrahams *et al.*, 2018), por lo que los cultivos de pancoger presentes en la vereda El Líbano pueden estar suplementando la dieta de estas especies, aumentando sus ocupancias sobre todo si se tiene en cuenta la disminución actual de la cacería en la zona.

Figura 6

Ocupancia *naïve* para diferentes especies cinegéticas en las diferentes zonas de estudio.



Fuente: Wildlife Insights

Estos bajos valores de ocupación *naive* para las especies más grandes como la danta y el cerillo y para el paujil diurno, aún en áreas con buena cobertura natural (como el área protegida y la ZFAC), sugieren una fuerte presión de la cacería en tiempos pasados, que probablemente ha llevado a la disminución de sus poblaciones. Actualmente, no hay registros de cacería en el área, y se sabe que ha disminuido considerablemente. Bajo este escenario, es posible que las especies más pequeñas como la boruga y el guara, que tiene ciclos reproductivos más cortos, se hayan empezado a recuperar, cosa que no ha

pasado aún con las especies con ciclos más largos y con mayores requerimientos de hábitat.

En términos generales, estos resultados concuerdan con estudios previos, en los que se ha evidenciado que muchas especies de mamíferos y otros vertebrados cinegéticos se ven afectados por las actividades humanas, como la caza, por tanto, su abundancia u ocupación aumenta lejos de los asentamientos humanos o en zonas no cinegéticas (Cavada *et al.*, 2019; Nuñez-Iturri *et al.*, 2008).

Conclusiones

Gracias a la implementación del piloto de fototrampeo dentro del área protegida y en su área de influencia, se ha corroborado la riqueza faunística que presenta esta zona del piedemonte andino-amazónico. Sin embargo, se recomienda continuar con el ejercicio ampliando las zonas de estudio con la finalidad de continuar alimentado el conocimiento que se tiene sobre estos grupos de fauna.

Los resultados de este estudio permitieron establecer la necesidad de diseñar e implementar monitoreos de especies de fauna de importancia cultural en el área protegida y su área de influencia. Así mismo, de indicadores de cambio

en diferentes acciones de manejo que se realizan dentro del área protegida, como los procesos de restauración biocultural, y la coordinación entre Parques Nacionales Naturales de Colombia y las autoridades tradicionales del pueblo Cofán para la conservación del área protegida, el fortalecimiento de sus valores culturales y la educación ambiental.

Es importante destacar que tanto en el interior del área protegida como en el AIC y en el AIA, se registraron especies con diferentes grados de amenaza a nivel nacional, como la danta, el oso andino, el puma, el tigrillo, el jaguar y el gurre.

Agradecimientos

Agradecimiento especial a Manrique Angulo, Manuel Cuacalpu, Jesús Erika, Francisco Villanueva, Elvira Castro, Marina Córdoba, Celina Revelo, Irlanda Acosta, IYU ANDE, Pablo López, Antonio González, Elvia Martínez, Jimmy Rosero, Silvio Benavides, Ermel Palma, Gustavo Revelo y Richard Narváez; propietarios de los predios ubicados en la vereda El Líbano, por permitir el acceso a los sitios de estudio y por su disposición y colaboración en el proceso. Agradecemos a los asistentes locales Derian Arley Córdoba, Luis Eduardo Acosta Portilla, Manuel Cuacalpu, Anderson Martínez y Davinson Quintero, por su

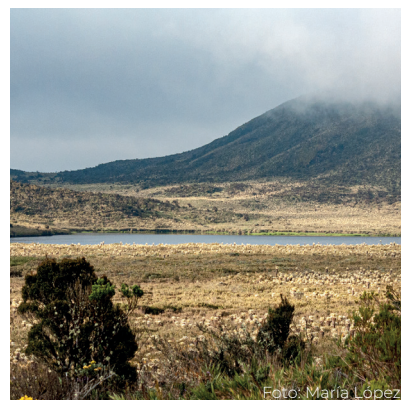
apoyo en el trabajo de campo y recolección de datos. A Pedro Canamejoy y Enar Arley Lucitante, técnico y operario respectivamente del Santuario de Flora Plantas Medicinales Orito Ingi Ande, por su acompañamiento y toma de datos en campo. Al programa Paisajes Sostenibles de la Amazonia del Banco Mundial (ASL, por sus siglas en inglés), Conservación Internacional, World Wildlife Fund (Colombia, Perú, EE. UU.), Wildlife Conservation Society (Brasil, Colombia, EE. UU.) y Proyecto GEF Corazón de la Amazonía, por el apoyo financiero y técnico.

Referencias

- Abrahams, M. I., Peres, C. A. & Costa, H. C. M. (2018). Manioc losses by terrestrial vertebrates in western Brazilian Amazonia. *Journal of Wildlife Management*, 82(4), 734–746. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21443>.
- Cavada, N., Havmøller, R. W., Scharff, N. & Rovero, F. (2019). A landscape-scale assessment of tropical mammals reveals the effects of habitat and anthropogenic disturbance on community occupancy. *PLoS ONE*, 14(4), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215682>.
- Chávez, C., de la Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R. A., Zarza, H. & Ceballos, G. (2013). *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso*. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fedriani, J. M., Fuller, T. K. & Sauvajot, R. M. (2001). Does availability of anthropogenic food enhance densities of omnivorous mammals? An example with coyotes in southern California. *Ecography*, 24(3), 325–331. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2001.tb00205.x>.
- Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center.
- Kays, R. W. & Slauson, K. M. (2008). Remote Cameras. En R. A. Long, P. MacKay, W. J. Zielinski y J. C. Ray (eds.), *Noninvasive survey methods for carnivores* (pp. 110–140). Island Press. Washington D.C.
- Mendelssohn, H. & Yom-Tov, Y. (1999). A report of birds and mammals which have increased their distribution and abundance in Israel due to human activity. *Israel Journal of Zoology*, 45(1), 35–47. <https://doi.org/10.1080/00212210.1999.10688975>.
- Oro, D., Genovart, M., Tavecchia, G., Fowler, M. S. & Martínez-Abraín, A. (2013). Ecological and evolutionary implications of food subsidies from humans. *Ecology Letters*, 16(12), 1501–1514. <https://doi.org/10.1111/ele.12187>.
- Núñez-Iturri, G., Olsson, O. & Howe, H. F. (2008). Hunting reduces recruitment of primate-dispersed trees in Amazonian Peru. *Biological Conservation*, 141(6), 1536–1546. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.03.020>.
- Wilson, D., Cole, R., Nichols, J., Rudran, R. & Foster, M. (1996). *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press.



Foto: Juan Pablo López



La batimetría como herramienta de monitoreo ambiental para la laguna de La Magdalena en el Parque Nacional Natural Puracé

Michael H. Burbano Arcos

Instructor de Programa Tecnología en Topografía y técnico en Catastro, SENA, Regional Cauca.
Michaelgeo84@gmail.com

Gustavo Adolfo Pisso-Florez

Profesional de Monitoreo e Investigación, Parque Nacional Natural Puracé. tapiflo@gmail.com

Carlos Andrés Becerra Hurtado

Profesional especializado, Parque Nacional Natural Puracé. carlos.becerra@parquesnacionales.gov.co

Ángela María Martínez Cabrera

Auxiliar administrativa, Parque Nacional Natural Puracé.
angelamartinez031@gmail.com

Oscar Efrén Meneses Cerón

Operario calificado, Parque Nacional Natural Puracé.
soyoscarmeneses@gmail.com

Nicole Ibagón

Docente del Programa de Ecología, Fundación Universitaria de Popayán.
nicole.ibagon@docente.fup.edu.co



Foto: Edwar H. Cuarín

Bathymetry as an environmental monitoring tool for the Magdalena lagoon in Puracé National Park

RESUMEN

La gestión integral del agua en las áreas protegidas requiere, entre múltiples actividades, de un inventario, caracterización y seguimiento de los ecosistemas acuáticos, lo cual permite que a partir de información precisa y confiable se puedan tomar decisiones de manejo. En el Parque Nacional Natural Puracé (PNN Puracé) se encuentran ubicadas las cabeceras de las cuencas hidrográficas Caquetá, Cauca y Magdalena. Esta última cuenca comienza a formarse en la laguna La Magdalena, y es el principal drenaje de la región Andina de Colombia. La laguna La Magdalena se encuentra en un ecosistema de páramo en la zona sur del PNN Puracé, a 3.460 m s. n. m. En este estudio, se utilizó una ecosonda para realizar la batimetría de la laguna La Magdalena con el objetivo de recoger información sobre su forma y profundidad, la cual es utilizada en la evaluación y monitoreo de su estado. Se tomaron datos de profundidad en 231 puntos, con un margen de error inferior a 10 cm. Para el

modelamiento batimétrico, los datos de coordenadas y profundidad fueron convertidos en archivo shapefile, con el *software* ArcGIS. En el modelamiento se utilizó el método de Kriging, y como resultado, se obtuvo un volumen de agua de 365.805,65 m³, en un área de 7,77 ha de espejo de agua y una profundidad máxima de 10,8 m. Estos resultados permitieron determinar su forma de batea, con pendientes pronunciadas en la zona oriental superiores al 30 %, mientras que, en las zonas occidental y norte, encontramos pendientes inferiores al 15 %. La información base obtenida posibilita el monitoreo de la dinámica de la laguna y detectar posibles cambios en su forma y profundidad, lo que permitirá la formulación e implementación de medidas preventivas y/o correctivas necesarias para proteger su biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Palabras clave: gestión de áreas protegidas, humedales, Macizo Colombiano, recurso hídrico.

ABSTRACT

Comprehensive water management in protected areas necessitates, among multiple activities, an inventory, characterization, and monitoring of aquatic ecosystems, this enables decision-making for management based on precise and reliable information. The Puracé National Park encompasses the headwaters of the Caquetá, Cauca, and Magdalena river basins, the latter basin begins at La Magdalena lagoon and is the principal drainage of Colombia's Andean region. Located in a paramo ecosystem in the southern zone of the Puracé National Park, La Magdalena lagoon sits at an altitude of 3,460 m.a.s.l. In this study, an echosounder was used to conduct the bathymetry of the La Magdalena lagoon, the goal was to gather information on its shape and depth to aid in the evaluation and monitoring of the lagoon's condition. Depth data were collected at 231 points, with an error margin of less than 10 cm. For bathymetric modeling, the coordinates and depth data were converted into a shapefile using ArcGIS software, and modeling was carried out using the ordinary Kriging method. A water volume of 365,805.65 m³ was found in an area of 7.77 ha of water surface, with a maximum depth of 10.8 m. The results allowed for the determination of its basin-like shape, with steep slopes in the eastern area exceeding 30%, while in the western and northern areas, slopes were found to be less than 15%. The information obtained facilitates the monitoring of the lagoon's dynamics and the detection of possible changes in its shape and depth. This will enable the formulation and implementation of necessary preventive and/or corrective measures to protect its biodiversity and ecosystem services.

Key words: Colombian Massif, water resource, protected area management, wetlands.

Introducción

Las áreas protegidas desempeñan un papel crucial en la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad. Su gestión efectiva requiere un conocimiento detallado de los ecosistemas que las componen, incluidos sus cuerpos de agua (Santos, 2013). En particular, el manejo del recurso hídrico en estas áreas requiere información precisa sobre la forma y la profundidad de sus lagunas y demás cuerpos acuáticos, ya que estos datos son fundamentales para la evaluación y monitoreo de su estado y la toma de decisiones en materia de conservación (Barboza Castillo et al., 2014). La batimetría, que se refiere a la medición y representación de las profundidades y formas de un cuerpo de agua, permite comprender la dinámica de los cuerpos hídricos y sus ecosistemas asociados (Instituto de

Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], 2023).

En el PNN Puracé, ubicado al suroccidente de Colombia, se encuentra la laguna La Magdalena, un cuerpo de agua de gran importancia ecológica, cultural y paisajística, donde comienza a formarse el río Magdalena. Sin embargo, hasta el momento la información disponible sobre la forma y la profundidad de esta laguna ha sido limitada (Montezuma Chaves, 2010), lo que dificulta el diseño y la implementación de medidas adecuadas para su protección y conservación (Bonilla Valencia et al., 2019). Con este contexto, el presente estudio tiene como objetivo utilizar la batimetría como una herramienta que permita generar información que ayude en la gestión del conocimiento y conservación de la laguna La Magdalena.

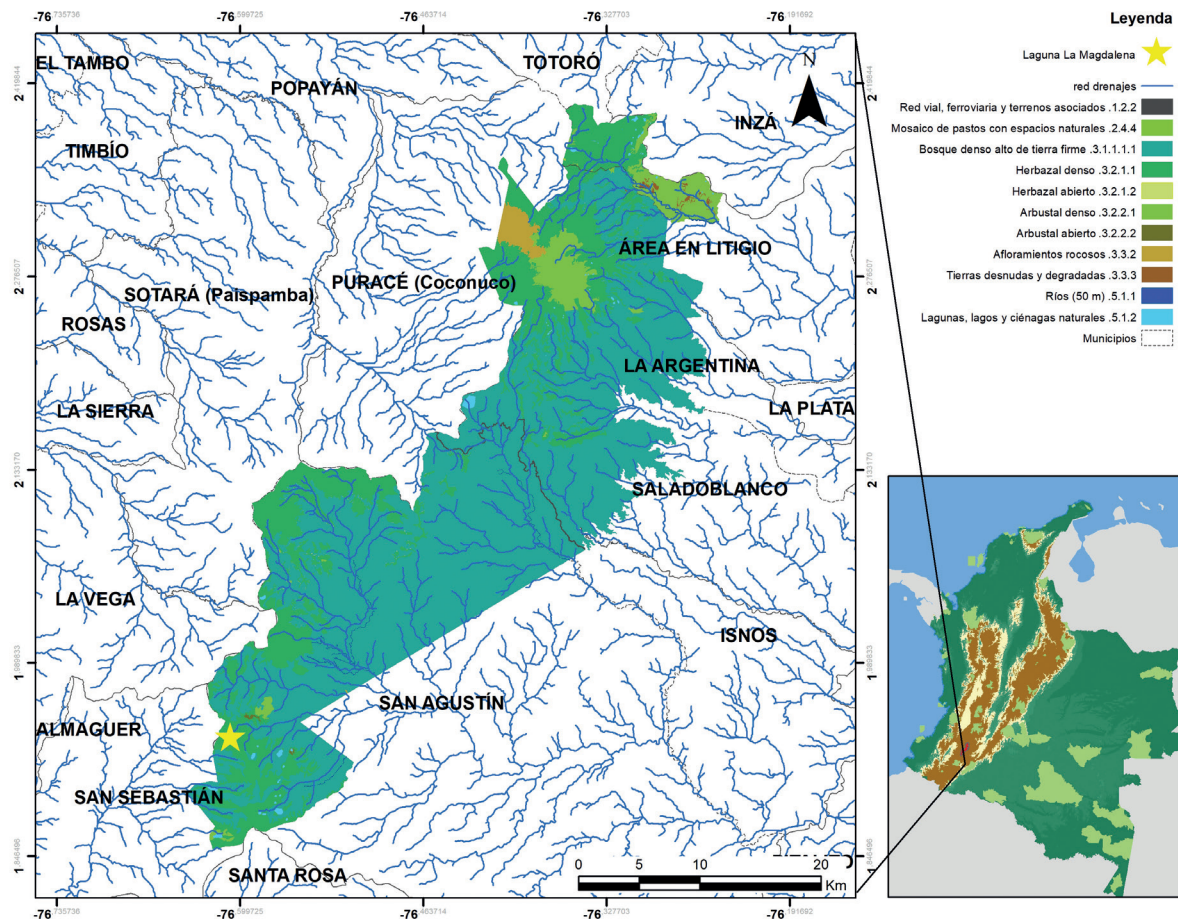
Métodos

Área de estudio: laguna La Magdalena (nombre ancestral, Yuma Cocha), ubicada en el páramo de Las Papas, zona sur del PNN Puracé, y parte del sector de manejo Alto Magdalena (Figura 1). Este cuerpo de agua está inmerso en el ecosistema de páramo, con vegetación propia como frailejones (*Espeletia hartwegiana*), chusque (*Chusquea* sp.) y pajonal (*Calamagrostis* sp.), a una altitud de 3.460 m s. n. m., con coordenadas

geográficas 1°56'4.69"N -76°36'31.24"O (Ocampo et al., 2023).

Figura 1

Ubicación de la laguna La Magdalena (estrella amarilla) en el Parque Nacional Natural Puracé.



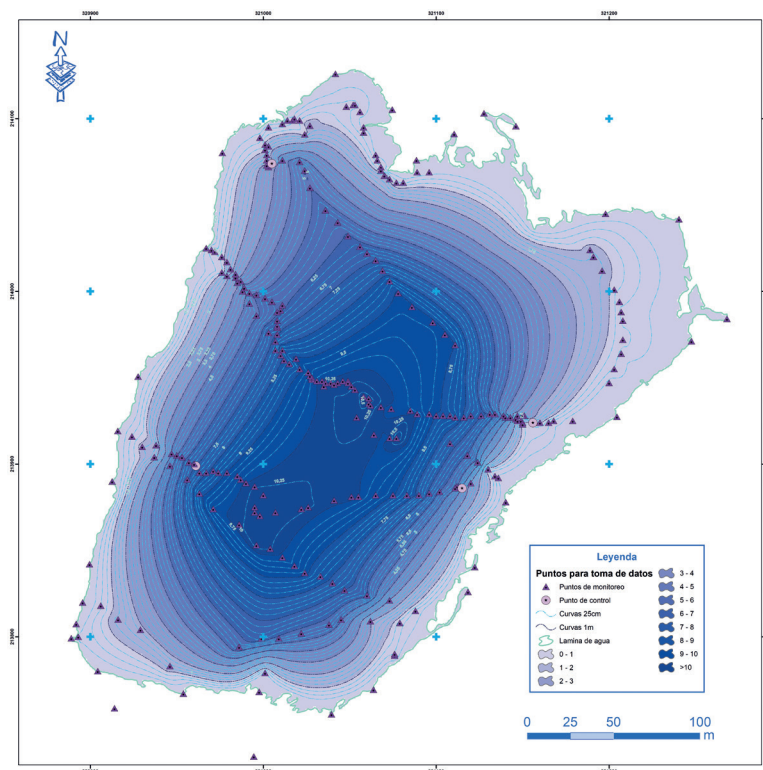
Fuente: Elaboración propia

Levantamiento de información: la batimetría en la laguna La Magdalena se llevó a cabo el 18 de noviembre de 2021. Se registró una precipitación de 25 mm el 18 de noviembre y de 18 mm el 22 de noviembre, según la estación hidrometeorológica de Valencia, lo cual indica una lluvia intensa para esos días. Para la batimetría se utilizó una ecosonda STRIKER IV GARMIN, con tecnología **Compressed High-Intensity Radiated Pulse** (CHIRP), la cual genera múltiples frecuencias entre los 77/200 kHz, con la frecuencia de 77 kHz como aquella que permite una penetración más profunda, lo que significa que puede detectar características del fondo del lago

incluso en las áreas más profundas. Por su parte, la frecuencia de 200 KHz proporciona una resolución más alta, y permite detectar detalles más pequeños y sutiles en el fondo, como variaciones de textura o pequeños objetos subacuáticos. El dispositivo se empleó para la toma de datos en profundidades superiores a 5 m, mientras que, para registrar las profundidades inferiores, se utilizaron como herramientas complementarias los bastones de medición, para validar la medición del dispositivo electrónico. Se registró así la información para 231 puntos, con cuatro de ellos como puntos de control (Figura 2).

Figura 2

Ubicación de los puntos de medición de profundidad y puntos de control para la medición de la batimetría en la laguna La Magdalena.



Fuente: Elaboración propia

También se utilizó una estación total GNSS CHC 900X, con el método de trabajo *Networked Transport of RTCM, vía Internet Protocol* (NTRIP), que permite obtener una mayor precisión en las coordenadas de los puntos de monitoreo y control. Esto es esencial para el proceso de interpolación lineal, cuyo fin es identificar las características del fondo del lago. Las coordenadas obtenidas con este dispositivo tuvieron una corrección diferencial precisa, utilizando una antena CORS ubicada en el municipio de Popayán (Cauca). Debido a la distancia de 60,1 km de esta antena, el dispositivo GNSS se dejó sobre un bípode durante más de 5 minutos hasta que entregara coordenadas fijas. De esta manera, las mediciones se realizaron con un margen de error de 3 a 10 mm en los ejes X y Y, mientras que, para la profundidad, el rango osciló entre 10 y 30 cm. El recorrido sobre el cuerpo de agua se realizó en zigzag, en sentido oriente-occidente, utilizando un bote inflable.

Posteriormente, se utilizó el método de Kriging Ordinario, una técnica de interpolación geoespacial avanzada que se basa en la teoría de la estadística espacial (Álvarez Osorio et al., 2011). Para esto, los datos de coordenadas y profundidad se ingresaron en una base de datos CSV en el *software* Microsoft Excel 2016, que contenía las mediciones realizadas con la ecosonda y GNSS, los cuales se convirtieron en un archivo *shapefile* utilizando el *software* ArcGIS 10.3.

Una vez importados los datos, se realizó un análisis de error con los puntos de control previamente registrados. Con este análisis, se aplicó el modelo de Kriging para realizar la interpolación espacial. Kriging utiliza las relaciones espaciales definidas en el análisis de error para estimar valores en ubicaciones no muestreadas (Oliver, 1990), y esto proporciona un mapa continuo de la profundidad de la laguna. Esta técnica tiene la ventaja de ofrecer estimaciones insesgadas, lo que resulta en un modelo más preciso y confiable. El resultado fue un mapa detallado de

contornos batimétricos que refleja la topografía de la laguna La Magdalena.

Por último, se realizaron 5 cortes que permitieron determinar los perfiles y pendientes de la

laguna. Se destacan los perfiles E y B. El perfil E muestra las zonas de mayor profundidad, mientras que el perfil B describe su longitud (Figura 3).

Resultados y discusión

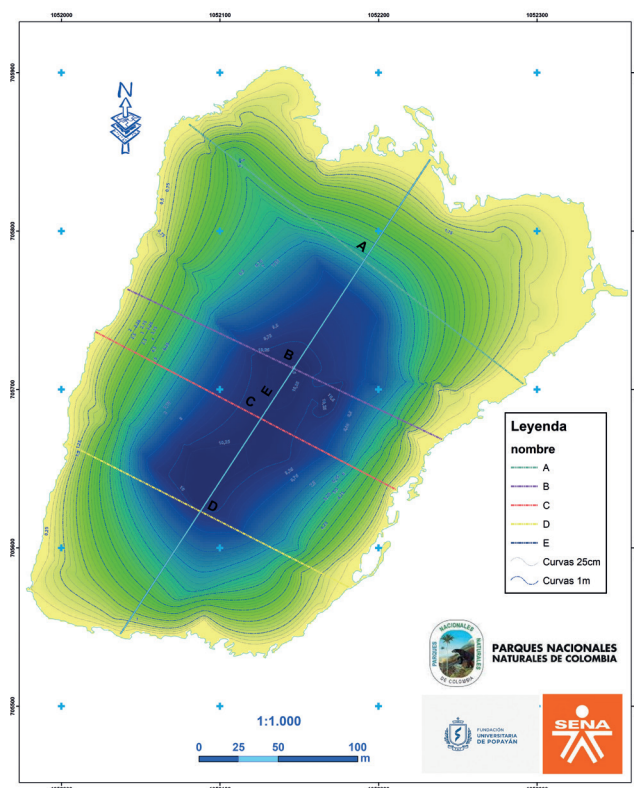
Para este sistema lacustre, se obtuvo un volumen total de agua de 365.805,651 L en un área de 7,77 ha de espejo de agua, con una profundidad máxima de 10,8 m, lo cual permite considerarlo como un sistema somero (Montoya, 2005). El tamaño y profundidad de las lagunas en los páramos es variable. Por ejemplo, el área del espejo de la laguna La Magdalena se asemeja a la obtenida para la laguna de Suesca, que se encuentra en Cundinamarca, a 2600 m s. n. m., en donde se registraron áreas de 13,8, 7,0 y 8,5 ha entre los años 1987, 2001 y 2016, respectivamente (Martínez y Pinto, 2018). En cuanto a

la profundidad, la laguna de La Magdalena es somera respecto a la laguna sagrada de Siecha en el PNN Chingaza (Suárez, 2019). Un estudio más amplio sobre las lagunas de páramo en el Parque Nacional Chirripó, en Costa Rica, reveló datos sobre el tamaño de 19 lagunas, desde 0,1 hasta 7,8 ha (Horn et al., 2005).

Se observó que la laguna presenta una forma de batea (Figura 3), con pendientes pronunciadas en la zona oriental superiores al 30 %, mientras que en las zonas occidental y norte se encontraron pendientes inferiores al 15 % (Figura 4).

Figura 3

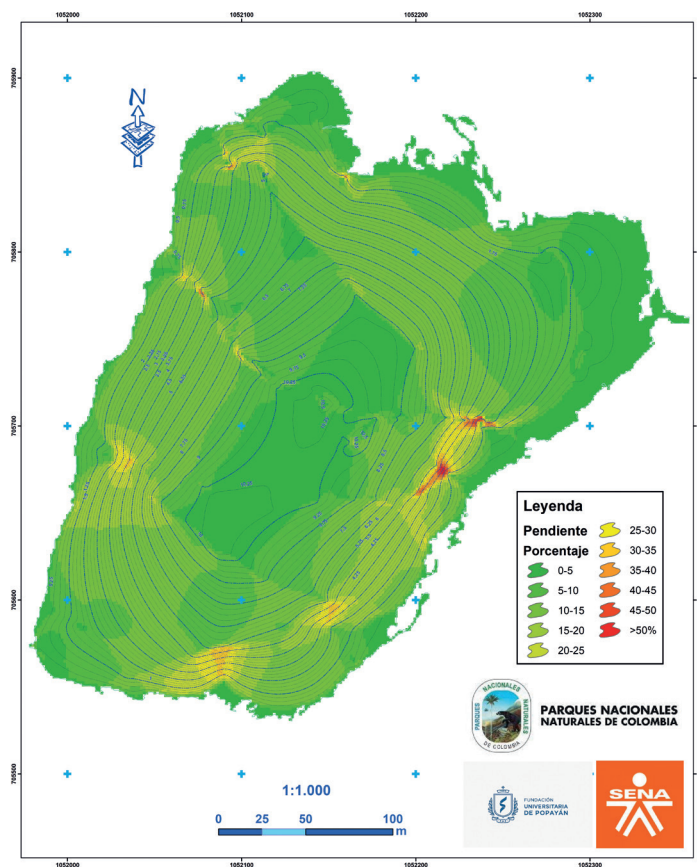
Ubicación de los perfiles batimétricos de la laguna La Magdalena.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Distribución de las pendientes presentes en la laguna La Magdalena.



Fuente: Elaboración propia

El mes de noviembre usualmente presenta bajas precipitaciones, ya que da inicio a la temporada seca, la cual es evidente entre los meses de diciembre y enero, aunque pueden presentarse altos volúmenes de precipitación esporádicos (Bonilla Valencia et al., 2019). Estos datos son relevantes para comprender el contexto meteorológico en el que se realizó la batimetría y sus posibles efectos en el volumen de agua y otras características de la laguna.

Tres de los cinco perfiles de segmentos realizados para la laguna La Magdalena, nos muestran cómo es el comportamiento de la profundidad y sus pendientes (Figura 5). Aquí resaltamos el perfil de segmento A (Figura 5A), el cual nos

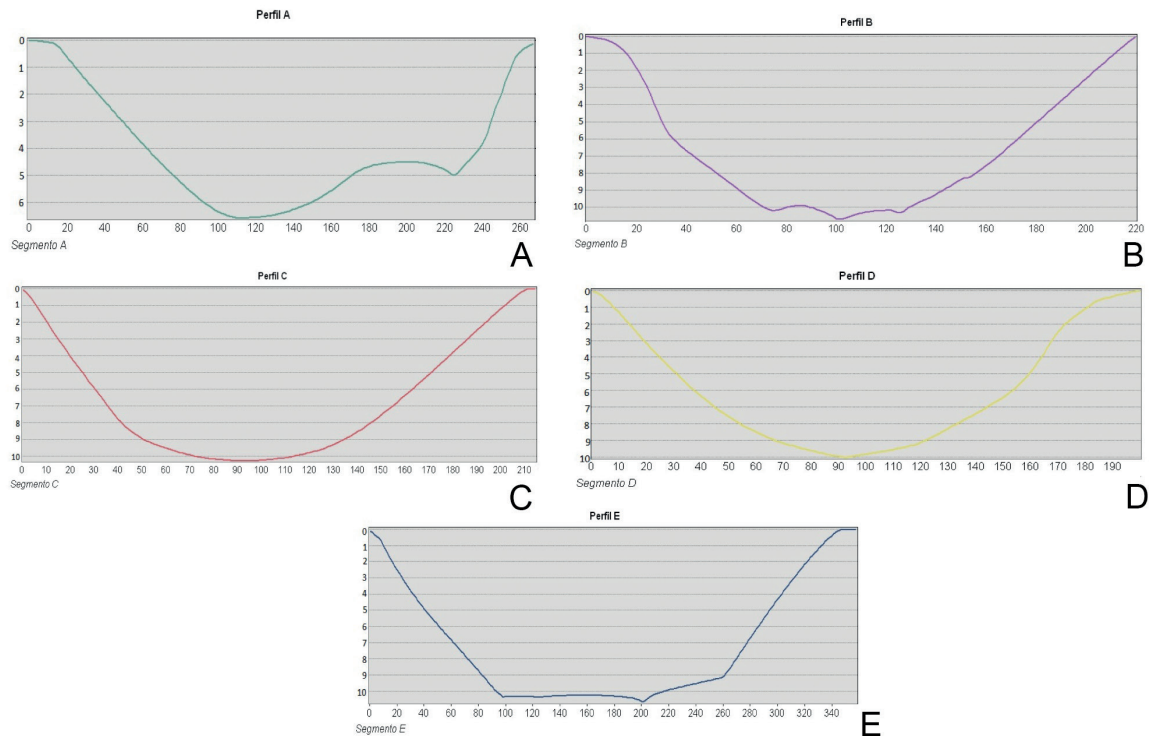
muestra que, una vez superados los 10 m de profundidad, la laguna forma una especie de planicie que, a diferencia de las orillas, presenta poca vegetación, y es una zona limnética que inicia desde una profundidad aproximada de 2 m. El perfil del segmento B (Figura 5B) muestra este comportamiento en un corte vertical de la laguna, donde se describe una profundidad máxima de 10,8 m, con pendientes pronunciadas en la orilla occidental, en tramos superiores al 30 %, y pendientes más moderadas en la orilla oriental, que no superan el 15 %. Por último, el perfil de segmento E (Figura 5E) muestra cómo es el comportamiento de un corte longitudinal de la laguna, donde se describe una profundidad máxima de 10,8 m y se presenta una estabilidad a los 100

m. Antes de los 260 m, presenta un cambio de pendiente hasta estabilizarse de nuevo 20 m antes de la orilla. Los perfiles de segmento C y D

(Figuras 5C y 5D) evidencian la forma de batea de la laguna La Magdalena.

Figura 5

Perfiles de cortes de segmentos realizados en la laguna La Magdalena. Las ubicaciones de los cortes se presentan en la Figura 3.



Fuente: Elaboración propia

Nuestros resultados describen una mayor extensión y profundidad que la reportada por Montezuma Chaves (2010), que describió una extensión del espejo de agua de 2,2 ha y una profundidad máxima de 2,9 m. Además, no aborda el patrón batimétrico de la laguna, lo cual evidencia la importancia de usar herramientas tecnológicas que garanticen la precisión en la captura y análisis de información (Álvarez Osorio et al., 2011).

La información batimétrica de la laguna La Magdalena se convierte en un insumo importante para el área protegida, ya que puede ser utilizada para determinar sus parámetros morfométricos. Estos últimos permiten entender las condiciones físicas, químicas y biológicas (Montoya-Moreno, 2005) que se pueden utilizar

para determinar el contenido calórico y la estabilidad de la columna de agua, la productividad biológica, las tasas de ciclaje de nutrientes y otros componentes estructurales funcionales del ecosistema, incluidos los procesos evolutivos del sistema lacustre (Wetzel y Likens, 1979). En estos últimos se evidencian procesos de sedimentación o erosión del cuerpo de agua, dado que esta laguna es de origen glacial y es alimentada principalmente por aguas de escorrentía (Ideam, 1999).

La batimetría y la caracterización morfométrica de un cuerpo de agua deben ser el punto de partida de las investigaciones limnológicas, ya que a partir de allí se puede determinar la respectiva ubicación de las estaciones de colecta de manera metódica. Adicionalmente, se genera

una idea global del funcionamiento del sistema, teniendo en cuenta las áreas de interfase agua-aire y agua-sedimento (Montoya-Moreno, 2008).

Estos hallazgos son de gran relevancia para la gestión y conservación de la laguna La Magdalena y el PNN Puracé en su conjunto. La información batimétrica obtenida permitirá desarrollar procesos de monitoreo de la dinámica de la laguna y detectar de manera temprana

posibles cambios en su forma y profundidad, ya que por fenómenos naturales o antrópicos los humedales pueden colmatarse y sedimentarse (Betancur-Vargas et al., 2017). Esto, a su vez, facilitará la formulación e implementación de medidas preventivas y/o correctivas necesarias para proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados a este importante cuerpo de agua.

Conclusiones

Este estudio batimétrico sobre la laguna La Magdalena revela una estructura de batea con variaciones significativas en las pendientes, siendo más pronunciadas en la zona oriental en comparación con las zonas occidental y norte. Estos datos brindan información para entender la dinámica hidrológica y ecológica de la laguna y su entorno. Además, la cuantificación precisa del volumen y área de la superficie acuática proporciona una base fundamental para investigaciones futuras, incluidos estudios de capacidad de almacenamiento de agua y análisis del hábitat para la biodiversidad. De cara al futuro, permitirá detectar cambios en su morfología, con

estudios batimétricos que serán esenciales para su monitoreo y el eventual desarrollo de estrategias de conservación y protección efectivas de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos asociados a este valioso ecosistema acuático.

Además, se resalta la importancia de integrar tecnologías avanzadas en la investigación limnológica, especialmente en ecosistemas acuáticos situados dentro de áreas protegidas. La metodología aplicada en este trabajo puede ser replicada en otros cuerpos de agua para obtener datos precisos y útiles.

Agradecimientos

Agradecemos a los guardaparques del PNN Puracé, Doris Rojas, Fáber Jiménez, Gustavo Papamija y Karen Matabanchoy por su apoyo en campo. A la comunidad de la vereda río Negro y la comunidad indígena Papallaqta, que apoyaron el desarrollo de esta investigación. También a la Fundación Universitaria de Popayán, el

grupo de investigación Uniet y el SENA Regional Cauca, por su soporte a través del proyecto “Línea base ambiental para determinar el estado ecológico de dos ecosistemas lénticos valor objeto de conservación del PNN Puracé”, con aval de investigación 20202000003093.

Referencias

Álvarez Osorio, D. S., Matiz León, J. C. & Cárdenas Contreras, A. (2011). Modelos digitales batimétricos generados por métodos de interpolación IDW, Kriging, Shepard y B-spline en el archipiélago de Islas del Rosario. *Revista UD y la Geomática*, 5, 3-14.

Barboza Castillo, E., Maicelo Quintana, J. L., Vigo Mestanza, C., Castro Silupú, J. & Oliva Cruz, S.

M. (2014). Análisis morfométrico y batimétrico del lago Pomacochas (Perú). *Revista Index*, 2(2), 90-97.

Betancur-Vargas, T., García-Giraldo, D. A., Vélez-Duque, A. J., Gómez, A. M., Flórez-Ayala, C., Patiño, J. & Ortiz-Tamayo, J. Á. (2017). Aguas

- subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 1-28.
- Bonilla Valencia, J., Roncancio Duque, N. & Pisso Florez, G. A. (2019). *Portafolio de proyectos de investigación del Parque Nacional Natural Puracé. Documento adjunto al Plan de manejo 2020-2024 del PNN Puracé*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- García, M. (2015). El papel de la batimetría en la evaluación de la calidad del agua de los embalses. *Revista Internacional de Ingeniería y Tecnología*, 4(2), 1-13.
- Gratiot, N., Anthony, E. J., Gardel, A., Proisy, C., Allison, M. A., Dolique, F., Fromard, F., Mouret, A., Marchand, C., Chiffolleau, J.-F., Polidori, L., Karachi, M., Lemoine, D. & Kusakabe, M. (2008). Impacts of storm-induced seafloor erosion on submarine canyons of the Rhone River delta, northwestern Mediterranean. *Mar. Geol.*, 253, 77-91.
- García, M. (2015). El papel de la batimetría en la evaluación de la calidad del agua de los embalses. *Revista Internacional de Ingeniería y Tecnología*, 4(2), 1-13.
- Horn, S. P., Orvis, K. H. y Haberyan, K. A. (2005). Limnología de las lagunas glaciales en el páramo del Chirripó, Costa Rica. In M. Kappelle y S. P. Horn (Eds.), *Páramos de Costa Rica* (pp. 161-181). Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (1999). *El macizo colombiano y su área de influencia, modulo hídrico*. Ministerio de Medio Ambiente; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2023, 14 de junio). *Batimetrías*. <http://www.ideam.gov.co/web/agua/batimetrías>.
- Ocampo, G. V., Pisso-Florez, G. A., Muñoz-Nates, C. S., Angulo-Ortiz, D., Matabanchoy, C. K., Ibagón, N., Gómez, L. G. (2023). Observaciones sobre apareamiento y anidación del Zambullidor plateado (*Podiceps occipitalis juninensis*) en el Parque Nacional Natural Puracé – Colombia. *Ornitología Colombiana*, 22, 70-75.
- Martínez Arévalo, D. A. y Pinto Murgas, D. M. (2018). *Evaluación de la pérdida del espejo de agua en la Laguna de Suesca a través de imágenes satelitales*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/758
- Montezuma Chaves, M.F. (2010). *Aproximación al conocimiento de la estructura del ecosistema laguna de La Magdalena (PNN-Puracé) e identificación de posibles tensores relevantes sobre sus componentes e interrelaciones* [Trabajo de grado, Universidad del Cauca, Popayán].
- Montoya-Moreno, Y. (2005). Caracterización morfométrica básica de tres lagos someros en el municipio de el Carmen de Viboral (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 27, 79-86.
- Montoya-Moreno, Y. (2008). Caracterización morfométrica de un sistema fluviolacustre tropical, Antioquia, Colombia. *Caldasia*, 30, 413-420.
- Oliver, M. A. (1990). Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems. *International Journal of Geographic Information Systems*, 4, 313-332.
- Sánchez, D. A., Rincón, M. M. y Chacón, M. C. (2019). Caracterización morfométrica de la laguna de Pozuelos mediante batimetría y geoprocesamiento. *Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 20(1), 17-29.
- Santos, G. (2013). La investigación en Parques Nacionales Naturales Actualidad y perspectivas. *Revista In Situ*, 1, 8-18.
- Suárez, A. (2018). *Caracterización topográfica de la Laguna Sagrada de Siecha (PNN Chingaza), utilizando nubes de puntos de alta densidad* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José De Caldas].



Foto: Andrés Hurtado García

Guía de autores para la publicación en revista In Situ

Todos los manuscritos enviados a la revista deben estar en español con el fin de asegurar un mayor rango de difusión dentro de las áreas protegidas. El estilo del manuscrito se debe adecuar a los requerimientos propios de cualquier publicación científica. La cohesión, la claridad y la concisión son esenciales para asegurar la legibilidad y correcto entendimiento de los textos a publicar. Del mismo modo, la ortografía y gramática de los manuscritos deberá ajustarse a las reglas de la Real Academia de la Lengua Española.

Especificaciones de formato

Configuración de la página: cada manuscrito debe estar en hoja tamaño carta y configurado del siguiente modo: márgenes de 2,5 cm, interlineado 1,5 y alineación hacia la izquierda (incluyendo título y referencias).

Formato de texto: la fuente de los manuscritos debe ser Times New Roman, tamaño 12 puntos. Los artículos deben tener una extensión máxima de 14 páginas incluyendo tablas, figuras y anexos. Los niveles de títulos y subtítulos, así como las tablas y figuras deben venir acordes a lo establecido en las normas APA 2020 (Manual de Publicaciones de la American Psychological Association, Séptima Edición). Evitar el uso de negritas, subrayados y viñetas en el texto.

Figuras y tablas: entiéndase figuras como gráficas, fotografías, diagramas e ilustraciones. Las figuras que corresponden a gráficos en Excel deben venir en escala de grises. Tanto las figuras como las tablas deberán ser insertadas en el texto y venir en un archivo independiente en formato editable. Todas las figuras deben aparecer sin abreviación (p.ej., Figura 3 o Tabla 1) siguiendo un estricto orden ascendente.

Adicionalmente, estas deberán ser enviadas en un archivo editable aparte cuyo nombre corresponda con el nombre asignado en el texto (p.ej., Figura 3 o Tabla 1). Si las figuras corresponden a fotografías, estas deben estar en formato tiff, jpg o png con una resolución de 300 dpi. Evitar el uso de tramas, efectos tridimensionales, marcos, etc.

Uso de itálica/cursiva: los nombres científicos de géneros, especies y subespecies deben aparecer en cursiva (itálica). Igualmente con los términos en otros idiomas.

Uso de números: escribir los números del uno al diez siempre con letras. La única excepción son aquellos casos en que estos preceden a una unidad de medida (por ejemplo, 19 cm) o aquellos casos en que aparecen como marcadores (por ejemplo, parcela 4, trampa 5, estación 6, muestra 7). Los números mayores a diez deben ser escritos en números arábigos (si en el mismo párrafo se utilizan cifras menores a diez y cifras mayores a diez, todas deben ir en números arábigos).

Puntos cardinales y coordenadas: los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) en español siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O. Sin embargo, cuando estos son usados como puntos o hacen parte de un nombre propio deberá escribirse la primera letra en mayúscula (por ejemplo, cordillera Oriental). Las coordenadas geográficas deben seguir este modelo: 04°35'51"N -52°23'43'O. La altitud geográfica se debe expresar acorde al ejemplo: 1180 m s.n.m. y en inglés 1180 m a.s.l.

Otros aspectos a tener en cuenta:

Los pies de páginas deben ser destinados únicamente para el desarrollo adicional de ideas o para efectos de clarificar información contenida en el cuerpo de texto. No deben ser usados para citar referencias bibliográficas.

La primera mención de una sigla debe estar siempre acompañada de su significado. Para usos posteriores, basta con usar la sigla. En el resumen no usar siglas.

Respecto a las abreviaturas y sistema métrico decimal, utilice las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI). En este sentido, se deberá dejar un espacio libre entre el valor numérico y la unidad de medida (p. ej., 450 km, 17 °C).

Usar un punto para separar los millares, millones, etc. (por ejemplo 650.000). Utilizar comas para separar cifras enteras de decimales (por ejemplo,

4,6790). Para el caso del inglés, los decimales se separan con puntos (por ejemplo: 3.1416).

Los nombres de los meses y días se escriben con la primera letra en minúscula. El formato de horas debe ser acorde a la hora militar.

Secciones del manuscrito

Los manuscritos deben tener una extensión de máximo ocho páginas de texto (excluyendo tablas y figuras) y estructurados conforme a las siguientes secciones:

Título: debe dar una visión del contenido del manuscrito, ser explicativo y conciso.

Listado de Autores: incluir nombres completos, profesión, cargo (si es de PNN) o afiliación y correo electrónico.

Resumen/ abstract: máximo 200 palabras que abarquen el contenido del manuscrito: objetivos, métodos, resultados y conclusiones. Un resumen en inglés (abstract) debe acompañar también el texto.

Palabras clave/ keywords: máximo cinco palabras clave en orden alfabético. Estas deben ser complementarias al título del artículo y deben estar tanto en español como en inglés.

Introducción: abarca la presentación del tema y da el contexto del desarrollo del manuscrito. Los objetivos deben quedar establecidos en este ítem.

Métodos: detalla el procedimiento que fue utilizado para cumplir el objetivo; incluye materiales, lugar, fechas, métodos estadísticos, etc. La información consignada en esta sección debe permitir que otros puedan replicar el trabajo.

Resultados y discusión: presentar los hallazgos de manera organizada y destacar los aspectos más relevantes o novedosos del trabajo, explicando los resultados principales y su relación (o aportes) para el manejo del área protegida o territorio.

Conclusiones: presenta una síntesis de la investigación además de su impacto posible para el manejo del área protegida o territorio en cuestión.

Agradecimientos: espacio para mencionar aquellos actores que apoyaron la investigación.

Referencias: seguir las normas de citación APA 2020, Séptima Edición. Incluir solamente las citas mencionadas en el texto, en orden alfabético, por autores y en orden cronológico para un mismo autor. En caso de contar con varias referencias de un mismo autor(es) en el mismo año, añadir las letras a, b, c, etc. al año. No abreviar los nombres de las revistas.

In  situ



**PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA**