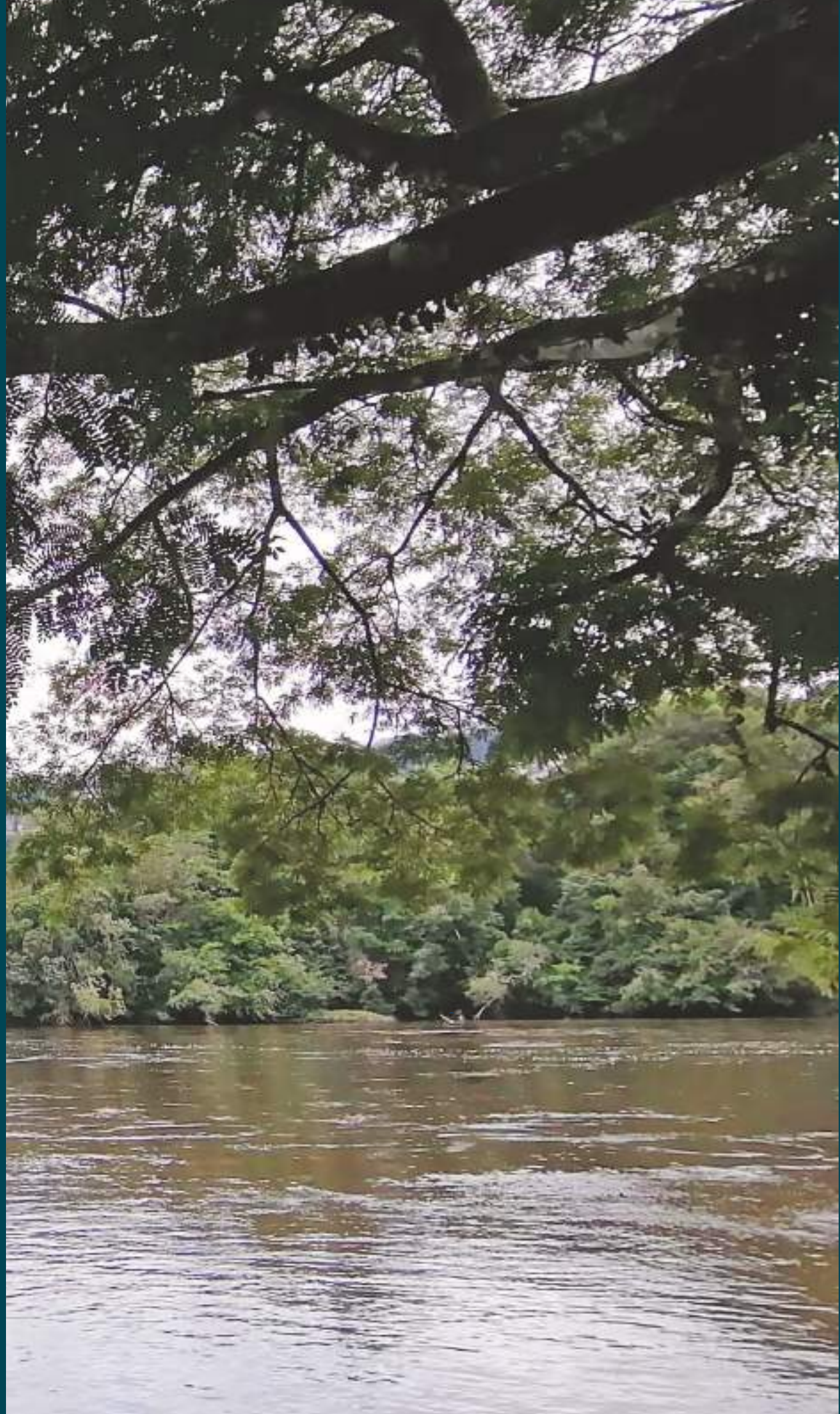


# Revista Colombiana de Amazónica

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

Nueva época, Número 13





# Revista **Colombia amazónica**



Instituto  
amazónico de  
investigaciones científicas  
**SINCHI**



**MINISTERIO DE AMBIENTE  
Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

## **INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SINCHI**

### **MIEMBROS ASAMBLEA GENERAL DE SOCIOS**

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
- Gobernación de Caquetá
- Gobernación de Amazonas
- Gobernación de Guaviare
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", IAvH
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis", Invemar
- Instituto Colombiano Agropecuario, ICA
- Universidad Nacional de Colombia
- Universidad de la Amazonia

### **MIEMBROS JUNTA DIRECTIVA**

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.  
Presidente de la Junta
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
- Pontificia Universidad Javeriana
- Universidad de la Amazonia
- Universidad Nacional de Colombia
- Gobernación de Caquetá
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA-
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de la Macarena, Cormacarena

### **DIRECTORA GENERAL**

Luz Marina Mantilla Cárdenas

### **SUBDIRECTOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO**

Marco Ehrlich

### **SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO**

Diego Lizcano Bohórquez

## **REVISTA COLOMBIA AMAZÓNICA NUEVA ÉPOCA**

No. 13. Noviembre de 2022  
ISSN 0120-6222

### **EDITOR**

Ernesto Guhl Nannetti †

### **EDITORA ASISTENTE**

#### **COORDINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EDITORIAL**

Diana Patricia Mora Rodríguez  
*Jefe Oficina de Comunicaciones*

### **CONSEJO EDITORIAL**

Edwin Agudelo Córdoba  
Francisco Armando Arias Isaza  
Julio Carrizosa Umaña  
Dario Fajardo Montana  
Pablo Leyva Franco  
Germán Alfonso Palacio Castañeda  
Eduardo Posada Flórez  
Manuel Rodríguez Becerra  
Carlos Alberto Rodríguez Fernández  
Fabio Buriticá Bermeo  
Armando Sterling Cuellar

### **PRODUCCIÓN EDITORIAL**

#### **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

Julián Hernández-Taller de Diseño

#### **CORRECCIÓN DE ESTILO**

Julián Hernández-Taller de Diseño

### **TRADUCCIONES**

Mauricio Salas Salcedo

### **IMAGEN CUBIERTA**

*Cerro Morroco, Vaupés*  
Diana Mora

### **FOTOGRAFÍAS**

Archivo fotográfico de la Expedición Colombia-Bio Apaporis.

### **IMPRESIÓN**

Imágen Editorial S.A.S.

*Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización expresa del Instituto SINCHI*

*Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la opinión de los editores.*

# Contenido

Editorial	5
<i>Ernesto Guhl Nannetti †</i> <i>Editor general</i>	
A la memoria de dos grandes de la ciencia	6
<i>Luz Marina Mantilla Cárdenas</i> <i>Directora general</i>	
<b>CAMBIO CLIMÁTICO</b>	
Trend analysis of precipitation, evapotranspiration and soil moisture in regions under different regimes of forest loss in Amazonia	9
<i>Elizabeth Arango-Ruda, Germán Poveda</i>	
Consistencia de las tendencias de largo plazo y el balance hídrico en la Amazonia	29
<i>Daniela Posada-Gil, Germán Poveda</i>	
Influencia de la deforestación y el cambio climático en la formación de los “ríos voladores de la Amazonia” y su impacto en la disponibilidad hídrica de Bogotá y la región circundante	47
<i>Alejandra Cifuentes Guerrero</i> <i>Mauricio Cote Alarcón</i>	
<b>BIODIVERSIDAD-EXPEDICIÓN COLOMBIA BIO APAPORIS</b>	
Flora de la cuenca media y alta del río Apaporis, Amazonia colombiana	61
<i>Dairon Cárdenas L. †, Nicolás Castaño A., Nórdica Marín C. &amp; Julio Betancur B.</i>	
Lista anotada de los anfibios y reptiles de la cuenca media y alta del río Apaporis, Amazonia colombiana	79
<i>Mariela Osorno-Muñoz, José Rancés Caicedo-Portilla, John D. Lynch &amp; Doris L. Gutiérrez-Lamus</i>	
Murciélagos (Chiroptera) de dos localidades de la cuenca alta y media del río Apaporis, Guaviare y Vaupés, Colombia	93
<i>Darwin M. Morales-Martínez</i>	
Mamíferos medianos y grandes de la cuenca media del río Apaporis, Amazonia colombiana	101
<i>Natalia Atuesta-Dimian</i>	
Listado comentado de la ictiofauna de los ríos Apaporis y Cananarí, resultados de la Expedición Colombia Bio – Apaporis, Vaupés	117
<i>Astrid Acosta-Santos, Juan David Bogotá-Gregory &amp; Edwin Agudelo Córdoba</i>	
Arañas (Arachnida: Araneae) de la cuenca alta y media del río Apaporis, en la región amazónica colombiana	131
<i>David A. Luna-Sarmiento, Alexander Sabogal-González</i>	
Aves Expedición Bio Colombia Apaporis 2018	147
<i>Esteban Carrillo Chica &amp; Miguel Ángel Portura</i>	
<b>ASPECTOS HISTÓRICOS</b>	
Informes sobre el territorio del Caquetá	175
<i>José M Quintero</i>	
Descripción del viaje de Pedro Mosquera corregidor de Masaya	181
Descripción del territorio del Caquetá	184
<i>Agustín Codazzi</i>	
Alcance y política editorial Revista Colombia Amazónica Nueva época	195





Vista aérea raudal de Jirjirimo-Vaupés. Foto: Diana Mora

# Editorial

Ernesto Guhl Nannetti †

Editor general

Este nuevo número de Colombia Amazónica continúa avanzando en el objetivo central de la revista; servir como plataforma de difusión de las investigaciones que profundizan en el conocimiento de las particulares y especiales características culturales y naturales de la región amazónica, el análisis de su problemática y en proponer soluciones esenciales para que sea un territorio sostenible. Siguiendo ésta línea en éste número se presentan investigaciones sobre varios temas; la incidencia del cambio climático sobre la hidrología regional, el resultado de recientes investigaciones sobre la biodiversidad en una de sus zonas más desconocidas y la publicación de textos de carácter histórico relacionados con la región.

Con respecto al primer tema, estas analizan los efectos del cambio climático en diversos niveles espaciales, desde el efecto que tiene sobre la hidrología de la Gran Cuenca, de la cual la región amazónica colombiana ocupa apenas el 6% del área, poniendo de presente que la información disponible en toda ella es insuficiente para definir tendencias claras en las variaciones de las precipitaciones y los caudales de los ríos amazónicos, en la medida en que avanza la temperatura y destacando la urgente necesidad de contar con una red densa de estaciones de registro de información sobre la pluviosidad y los caudales que permitan orientar las políticas y las acciones compartidas para tratar este grave problema, que puede alterar fundamentalmente la generación de los servicios ecosistémicos de control climático que le brinda al planeta.

También presenta un artículo de revisión de la literatura sobre el efecto que pueden tener el cambio climático y la deforestación de la región sobre los fundamentales “ríos voladores” que transportan el agua que produce la evapotranspiración de la vegetación amazónica hacia los Andes, en la disponibilidad de agua en otras regiones del país, para las cuales esta es una importante y poco conocida fuente de agua. Para ello se centra en comprender el fenómeno y en su aporte a los páramos de la Cordillera Oriental, en particular el riesgo que representa su disminución para el suministro de agua en la región de Bogotá, el 70% delo cual proviene del Páramo de Chingaza y por último un artículo sobre la reducción de emisiones de GEI, como parte de una estrategia de adaptación y mitigación del cambio climático en el departamento del Caquetá.

Con respecto al segundo, la revista sigue nutriéndose con manuscritos de los especialistas del Instituto SINCHI, que participaron en las Expediciones BIO en 2018; en esta ocasión entrega los resultados de sus investigaciones sobre la flora, los mamíferos grandes y medianos, los murciélagos, la herpetofauna, la ictiofauna, las arañas y las aves, en una de las zonas más aisladas y remotas de la región; la cuenca media y alta del río Apaporis, que mirada en conjunto con los resultados de otras expediciones ya publicados en Colombia Amazónica en el Parque Nacional Serranía del Chiribiquete, en 2019 y en el Camino Andaquí en 2020, van permitiendo conocer mejor la biodiversidad y entender más claramente el funcionamiento de los ecosistemas de los vastos espacios del “Corazón del Mundo”.

Con respecto a la ya tradicional publicación de textos históricos, que son fundamentales para percibir las diversas visiones de la región que ha tenido el país y el lento avance de los procesos de conocimiento de sus realidades, después de una cuidadosa búsqueda seleccionamos el escrito del General Agustín Codazzi, director de la Expedición Corográfica, que se llevó a cabo a partir 1850 denominado “Descripción del Territorio del Caquetá” que en esa época abarcaba una gran parte la muy desconocida Amazonia colombiana y formaba parte del inmenso territorio del Estado del Cauca. El Gobierno Nacional de la época, siguiendo la idea de Tomás Cipriano de Mosquera, consideró que para integrar y organizar el territorio nacional y su administración, era fundamental recorrerlo para levantar una carta general del país que estableciera sus límites y características generales y elaborar mapas corográficos, láminas y memorias de los recorridos por las diversas e incommunicadas regiones que constituían la República de la Nueva Granada, que permitieran entender y dar a conocer el territorio y las actividades y costumbres de sus habitantes.

Esta valioso texto se complementa con otros que narran los recorridos de dos avezados conocedores de la región y sus pobladores realizados en la misma época que el recorrido de Codazzi; la “Descripción del viaje de Pedro Mosquera corregidor de Masaya” y las descripciones de los recorridos de José M Quintero, consignados en el documento “Informes sobre el territorio del Caquetá”, que preparó por solicitud de Codazzi, quien por su esforzada, inteligente y cuidadosa tarea, merece un puesto de honor entre los formadores de la identidad nacional a partir de la investigación y la ciencia.

# A la memoria de dos grandes de la ciencia

Luz Marina Mantilla Cárdenas

*Directora general*

*Instituto SINCHI*

En este número 13 de Colombia Amazónica, tengo la difícil tarea de despedir a dos personas invaluable, visionarios y grandes pensadores. Aunque estas líneas son insuficientes para expresar lo que esto significa para mí a título personal, para el Instituto y para el país, es mi deseo rendirles un homenaje sentido y necesario.

## **DAIRON CÁRDENAS LÓPEZ: UNA VIDA DE PASIÓN POR LA FLORA DE LA AMAZONIA**

Este año, en enero, perdimos a Dairon Cárdenas López, un botánico excepcional con una pasión sin igual por la flora de la Amazonia, región en la que por más de 30 años colectó y caminó haciendo inventarios, dirigiendo expediciones, dejando una huella indeleble entre los pobladores, sus pares, sus discípulos y entre quienes acompañaban sus salidas de campo.

Durante su paso por el Herbario Amazónico Colombiano fueron muchos los logros y reconocimientos obtenidos, gracias a su trabajo incansable, dedicado y con rigor académico. Una colección curada con esmero que es visitada por especialistas de todas partes del mundo, es uno de sus legados más valiosos.

Como Directora General del Instituto SINCHI, agradezco la vida de Dairon. Gracias a su tesón, a su pasión y más que nada a su conocimiento de la Amazonia y de su riqueza florística, tuvimos la oportunidad de dirigir cuatro Expediciones Bio y participar en la que nos llevó a Chiribiquete. También tuvimos un papel fundamental en la declaratoria de áreas protegidas, con el aporte de conocimiento que bajo su liderazgo, fue juicioso y valorado, para que hoy la Amazonia sea una de las zonas del país con más áreas bajo esquemas de protección.



En su papel como coordinador del Programa de Ecosistemas y Recursos naturales, contribuyó con conocimiento valioso sobre la Amazonia colombiana. Por las páginas de esta revista y en cada número contamos con sus contribuciones que son aportes al conocimiento de la flora de la región. Desde la revista número 10 y gracias a su compromiso, logramos publicar los resultados de las Expediciones Bio a la biodiversidad del país: Chiribiquete, Camino Andakí y Apaporis.

Como he expresado ya en varios escenarios, a Dairon lo extrañamos cada día, estamos tristes, pero nos estamos levantando y continuaremos su legado con rigor académico, con amor y con esa pasión contagiosa que nos hace recordarlo, porque además de perder al profesional y al compañero, perdimos al amigo.

*Gracias Dairon, vives en nosotros.*





## **ERNESTO GUHL NANNETI: EDITOR, AMIGO Y CONSEJERO**

El doctor Ernesto Guhl era Viceministro de Ambiente a mi llegada al Instituto hace algo más de 25 años. Desde entonces forjamos una amistad y una relación laboral basada en el respeto y la admiración.

Su trayectoria en temas ambientales fue extensa: autor de varios libros, columnista destacado en periódicos de circulación nacional, voz autorizada para hablar sobre los retos, amenazas y oportunidades del país, delegado por la Presidencia para la Junta Directiva del Invenmar, entre muchos otros roles, hacen que su ausencia se empiece sentir.

En 2006 inició su camino con Colombia Amazónica, en su nueva época. Su primera contribución fue un artículo en el número especial con el que decidimos retomar el nombre de la revista de la Corporación Araracuara, dado el reconocimiento que tenía ya en los ámbitos académicos y en la región.

El siguiente paso fue establecer una hoja de ruta para la publicación de la revista, documento que le dio un norte a esta publicación. De su mano, ya como editor general, logramos la indexación por algunos años en Publindex. Luego, por decisión del Consejo Editorial, y ante los cambios en la forma de evaluación previstos en ese índice, optamos por no continuar con este proceso, para poder publicar artículos escritos por autores indígenas de la Amazonia. Decisión esta que fue bien recibida y que nos



ha permitido mantener un flujo importante de artículos para publicar cada año Colombia Amazónica.


Su idea de reproducir artículos con temas históricos de la Amazonia, fue también un acierto. El doctor Guhl, estaba convencido de que muchos de esos hechos retomados en la revista, son la base de asuntos que hoy están vigentes en la Amazonia como oportunidades o amenazas.

Su trabajo juicioso en la selección e invitación de autores externos, sus lecturas, sus recomendaciones y las reflexiones sabias y oportunas nos harán falta en Colombia Amazónica. Nos hemos propuesto continuar este trabajo editorial para honrar su memoria y porque como él, estamos convencidos de la importancia de circular el conocimiento institucional y el de autores externos sobre la Amazonia, en un medio de comunicación de la ciencia, propio y con credibilidad.

*Doctor Guhl, nuestra gratitud y admiración por siempre, en estas páginas lo extrañaremos.*



Vista aérea río Cananari-Vaupés. Foto: Diana Mora



# Trend analysis of precipitation, evapotranspiration and soil moisture in regions under different regimes of forest loss in Amazonia

Elizabeth Arango-Ruda<sup>1,\*</sup>, Germán Poveda<sup>1</sup>

## Abstract

Water vapor ( $H_2O$ ) exchange between the biosphere and the atmosphere plays a central role in the regional and global and continental climate system. Particularly, tropical forests are essential in the global water cycle and the Amazon rainforest in South America's. This study analyzes the monthly variability of rainfall, evapotranspiration, and soil moisture trends at 38 sub-basins throughout the Amazon rainforest for 2001-2019. The Mann-Kendall test was used to determine the existence and statistical significance of the trends for all sub-basins and the Sen's slope was used to estimate their magnitude. Our results showed that sub-basins located at the "Arc of Deforestation" (south-eastern Amazonia) showed decreasing trends in the hydroclimatic variables, validating the influence of land cover on the climate and hydrology of this region. The mean value of negative trends for hydroclimatic variables was  $-0.15 \text{ mm month}^{-1}$  (precipitation),  $-0.06 \text{ mm month}^{-1}$  (soil moisture) and  $-0.5 \text{ mm month}^{-1}$  (evapotranspiration). Some nearby sub-basin with different forest loss percentages showed contrasting trends in the hydroclimatic variables. Our results confirm the deleterious impacts of deforestation on the hydrologic cycle, which have enormous implications for ecosystem functioning and sustainable management.

**Keywords:** Remote sensing, Evapotranspiration; Precipitation; Soil Moisture; deforestation; Global Forest Watch

## Resumen

El intercambio de vapor de agua ( $H_2O$ ) entre la biosfera y la atmósfera juega un papel central en el sistema climático regional, global y continental. En particular, los bosques tropicales son esenciales en el ciclo mundial del agua y la selva amazónica lo es en el ciclo de América del Sur. Este estudio analiza la variabilidad mensual de las tendencias de lluvia, evapotranspiración y humedad del suelo en 38 subcuencas, a lo largo y ancho de la selva amazónica, entre 2001-2019. Para determinar la existencia y significación estadística de las tendencias para todas las subcuencas, se utilizó la prueba de Mann-Kendall y la pendiente de Sen, para estimar su magnitud. Nuestros resultados mostraron que las subcuencas ubicadas en el "Arco de deforestación" (sureste de la Amazonia), revelaron tendencias decrecientes en las variables hidroclimáticas, validando la influencia de la cobertura vegetal en el clima y la hidrología de esta región. El valor medio de las tendencias negativas para las variables hidroclimáticas fue de  $-0,15 \text{ mm}^{\text{mes}^{-1}}$  (precipitación),  $-0,06 \text{ mm}^{\text{mes}^{-1}}$  (humedad del suelo) y  $-0,5 \text{ mm}^{\text{mes}^{-1}}$  (evapotranspiración). Algunas subcuencas cercanas, con diferentes porcentajes de pérdida de bosques, mostraron tendencias contrastantes en las variables hidroclimáticas. Nuestros resultados confirman los impactos nocivos de la deforestación en el ciclo hidrológico, con enormes implicaciones para el funcionamiento de los ecosistemas y la gestión sostenible.

**Palabras clave:** Cambio climático, tendencias, pérdida de bosque, Amazonia

<sup>1</sup> Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia  
\* earangor@unal.edu.co

## INTRODUCTION

Forests are globally significant for their capacity of providing benefits such as goods and services (e.g., clean water and healthy soils), livelihood support, ecosystem regulation, and harbor of terrestrial biodiversity (Bonan, 2008). Tropical forests serve as carbon sinks and maintain biodiversity, containing up to 40% of the carbon stored as terrestrial biomass and representing 30% to 50% of the world's forest productivity (Phillips et al., 1998). In the last 40 years, the Brazilian Amazon region has witnessed intense rates of deforestation, in particular in the so-called "Arc of Deforestation" located in the states of Acre, Rondônia, South Amazon, and North of Mato Grosso, mainly to extend the agricultural frontier (Alves et al., 2017). Land use and vegetation cover changes associated with deforestation transform the biotic component of ecosystems and alter their innumerable ecological functions, as well as the biogeophysical processes that are involved in the dynamics of soil-atmosphere interaction, resulting in changes in water and energy balances (Foley et al., 2013) a range of regional climate models have been used to test approaches to Bayesian model averaging (BMA, contributing to and intensifying climate change's impacts. Land cover changes can modify the flux of latent heat to the atmosphere, atmospheric circulation patterns and land surface temperature, among others.

The analysis of trends has been used extensively across regions and hydro-climatic time series to identify sources of variability. The Mann-Kendall and Sen tests have been extensively used to assess the statistical significance and magnitude of the trends, respectively (Adarsh & Shyma, 2017; Almeida et al., 2017; Carmona & Poveda, 2014; Sayemuzzaman & Jha, 2014). Previous works indicate mixed trends in the hydroclimatic variables of the Amazon basin. Almeida et al. (2017) found a positive trend through the Brazilian Legal Amazon for 1973-2013. Marengo (2004) found negative precipitation trends for the Amazon for the period 1928-1198, with primarily positive trends in northern Amazonia and negative trends in southern Amazonia. The study of Posada-Gil and Poveda (2015) found increasing trends in 55 streamflow series (49%), decreasing trends in 45 streamflow series (39%), and 14 streamflow series (15%) without any statistically significant trend. Those authors also found a clear-cut power law relating the magnitudes of the identified trends with drainage area, thus pointing out that they are caused by physically consistent mechanisms, of which deforestation and climate change cannot be disregarded, and that the identified trends are not a random statistical artifact. Thorough reviews of the main hydrologic, climatic and biogeochemical impacts of deforestation in Amazonia are included in the studies of Poveda (2020) and Artaxo et al. (2021). The size and location of the Amazon River basin and its outstanding hydroclimatic, ecological and environmental

processes make it difficult to identify the causes of specific trends for certain periods. Moreover, the non-linear interaction of land cover (deforestation) and climate change (global warming) simultaneously induces changes in climate trends. For this reason, disentangling the causes of such trends in hydroclimatic time series can be complex. This scenario raises the need to include deforestation data in the analysis of trends.

Most research about the existence of trends have been focused on precipitation and streamflows but have overlooked other fundamental processes making part of the hydrologic cycle such as evapotranspiration and soil moisture. Therefore, in this study, we address the possible existence of trends and signs of hydro-climatic variability in monthly records of precipitation, evapotranspiration, and soil moisture in sub-basins of the Amazon region under different forest loss percentages. This study aimed: (1) To evaluate homogeneity in time series of monthly precipitation, soil moisture, and evapotranspiration; (2) To search for trends in such times series using the Mann-Kendall and Sen tests; and (3) To discuss the obtained trends regarding environmental factors and land cover change. The importance of this work lies in understanding the role of land cover change on the water fluxes in the Amazon basin.

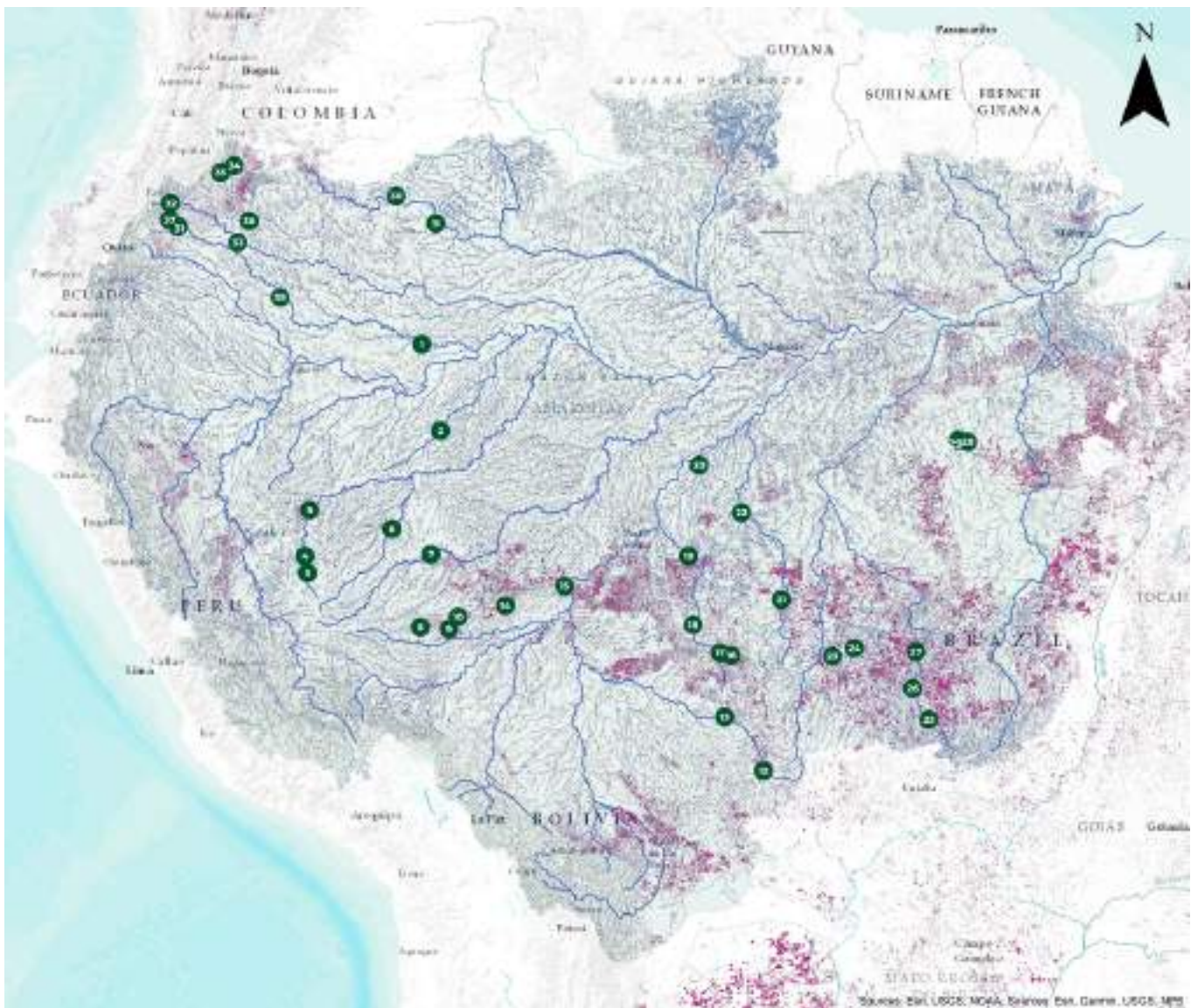
## MATERIAL AND METHODS

### Study Area

The Amazon River basin lies between 20°S-5°N and 79°-50°W in South America (Figure 1), being the largest river basin in the world with approximately 6.3 million km<sup>2</sup>. The Amazon rainforest covers approximately 5.5 million km<sup>2</sup> of the basin. The Amazon is characterized for its diversity in landforms: savannas, floodplains, forests, waterfalls, grasslands, plateaus, and regions: Andes Mountains, Northern Fringe area, Southern Fringe area, central region, and coastal area.

The three principal physiographic regions are the sub-andean foreland, the shields, and the continental alluvium. The Intertropical Convergence Zone (ITCZ) influences the region's hydroclimatic seasonality, with a marked wet (November-March) and dry (April-October) seasons, especially in the south. The specific location of the region determines the time of year when the dry or wet season will occur. Intra-annual variability of rainfall is influenced by the South Atlantic convergence zone (SACZ), the South American Low-Level Jet, the Intra-Seasonal Oscillation, the dynamics of diverse aerial rivers, and land surface-atmospheric interactions, among other. The wettest months are March and April. At inter-annual timescales, El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is the main modulator of hydroclimatic variability.





**Figure 1.** Geographical position and regional distribution of the 38 sub-basins in the Amazon River basin. Color represented intervals of forest loss (%) from Global Forest Watch.

Thirty-eight sub-basins with contrasting percentages of forest loss were included in this work (Figure 1). The basin was chosen regarding the data availability and the degree of comparability. We looked for paired sub-basin with similar geographical locations but different loss rates. Table 1 shows the coordinates of each sub-basin, the area in km<sup>2</sup>, and the river they belong to. Additionally, we show the area (km<sup>2</sup>) and percentage (%) of tree loss.

### Data

In this research, satellite information on hydroclimatic variables was used, including monthly precipitation data from the

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) and monthly time series of precipitation and soil moisture from the TerraClimate database. For a precise delineation of the different sub-basins within the Amazon river basin, we used the SO HYBAM and HydroSHEDS projects. Some flow stations did not have afferent basins previously generated in these models; in each case, the digital elevation model of WorldClim and SO HYBAM was used to generate the afferent area. By aggregation, we obtained the time series, multiplying each pixel's value by its corresponding area within the basin and averaging each value between the total pixels added (weighted average). The data analysis was carried out in the statistical software R (version 3.4.4) (R Core Team) and the ArcGIS 10.6 software.

**Table 1.** Sub-basin coordinates, area (km<sup>2</sup>), forest loss (km<sup>2</sup>) and loss percentage (%) for the period 2001–2016. Loss Information was extracted from the Global Forest Watch raster.

DBN	Station	Area (km <sup>2</sup> )	Loss (km <sup>2</sup> )	Loss (%)	River	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
1	11450000	108535.01	1369.23	1.26	Ica	-2.94	-69.52	76
2	12100000	11065.22	13.02	0.12	Jutaí	-5.38	-69	94
3	12360000	7297.65	31.15	0.43	Juruá	-9.41	-72.72	244
4	12370000	15355.43	208.04	1.35	Juruá	-8.93	-72.79	232
5	12500000	36481.54	1032.19	2.83	Juruá	-7.63	-72.66	175
6	12650000	17277.29	331.87	1.92	Embira	-8.16	-70.36	152
7	13180000	33640.13	248.48	0.74	Purús	-8.88	-69.27	168
8	13450000	3577.28	73.76	2.06	Acre	-10.94	-69.57	232
9	13470000	6947.48	588.56	8.47	Acre	-11	-68.76	192
10	13550000	12574.79	1382.93	11	Acre	-10.65	-68.51	171
11	14260000	41780.82	1020.28	2.44	Uaupés	0.48	-69.13	86
12	15120001	24391.01	2247.17	9.21	Guaporé	-15.01	-59.96	268
13	15130000	56986.16	5501.84	9.65	Guaporé	-13.49	-61.05	193
14	15324000	8842.06	1029.1	11.64	Abuná	-10.34	-67.18	128
15	15326000	31337.73	2633.32	8.4	Abuná	-9.78	-65.53	105
16	15552600	4473.66	870.53	19.46	Comemoraaoo	-11.75	-60.87	198
17	15552700	17373.57	2884.87	16.6	Apedia ou	-11.68	-61.19	180
18	15560000	30441.63	4364.14	14.34	Ji-Paraná	-10.87	-61.94	133
19	15580000	62400.01	9305.95	14.91	Ji-Paraná	-8.93	-62.06	75
20	15670000	27694.67	887.78	3.21	Marmelos	-6.36	-61.77	46
21	15750000	14242.48	1612.45	11.32	Aripuana	-10.17	-59.46	222
22	15800000	72840.81	7572.21	10.4	Aripuana	-7.71	-60.59	42
23	17095000	27880.12	4094.8	14.69	Do sangue	-11.76	-58.04	269
24	17120000	38147.69	5746.94	15.06	Arinos	-11.54	-57.42	276
25	17200000	12693.6	798.2	6.29	Teles Pires	-13.56	-55.33	434
26	17210000	15918.01	1256.6	7.89	Teles Pires	-12.67	-55.79	386
27	17280000	41507.7	5163.79	12.44	Teles Pires	-11.65	-55.7	373
28	18600000	76457.47	3073.37	4.02	Iriri	-5.7	-54.25	188
29	18650000	43732.76	5138.44	11.75	Curuá	-5.65	-54.52	196
30	42077020	22125.03	837.92	3.79	Vaupés	1.26	-70.24	168
31	44017100	11091.76	720.49	6.5	Putumayo	0.4	-76.34	200
32	44017110	4416.93	32.94	0.75	Caquetá	1.05	-76.55	460
33	44117010	33572.24	2322.54	6.92	Caquetá	-0.06	-74.67	153
34	46017010	3204.04	145.48	4.54	Caguán	2.11	-74.77	670
35	46037060	2477.24	47.53	1.92	Guayas	1.92	-75.15	450
36	46077010	17245.57	2024.41	11.74	Caguán	0.52	-74.28	200
37	47017160	3505.06	173.53	4.95	Putumayo	0.58	-76.58	250
38	47047040	36161.11	1289.79	3.57	Putumayo	-1.61	-73.49	125

DBN – database number

## TerraClimate

TerraClimate is a high-resolution global dataset developed by the Climatology Lab, which gathers climatic and hydrological variables of the Earth's surface for the 1958-2015 period at monthly timescales, and spatial resolution of approximately 4 km. TerraClimate uses the climate-enhanced interpolation (CAI) method, combining high spatial resolution climatological standards from the WorldClim dataset with coarser spatial resolution, adopting the period and temporal resolution of the Climate Research Unit (CRU) time-series data version 4.0 (CRU Ts4.0) and the 55-year-old Japanese reanalysis (JRA55). Conceptually, the procedure applies interpolated time variable anomalies from CRU Ts4.0 / JRA55 to high spatial resolution

climatology covering a longer time record. TerraClimate provides information on variables derived from a one-dimensional model of the soil hydrological balance, such as reference evapotranspiration (ASCE Penman-Monteith), runoff (Runoff), Evapotranspiration (Actual Evapotranspiration), climate water deficit (Climate Water Deficit), Soil Moisture, Snow Water Equivalent, Palmer Drought Severity Index and Vapor pressure deficit. The spatial-temporal validation of TerraClimate was carried out using annual information obtained from stations for the variables temperature, precipitation, and reference evapotranspiration, as well as annual runoff measured from flowmeters (Abatzoglou et al., 2018)

## TRMM

TRMM was developed by NASA and the Japanese Aerospace Exploration Agency (JAXA) to monitor and study the spatial and temporal dynamics of rainfall in the tropical and subtropical region, between 35° N and 35° S (Braun et al., 2011). From the information obtained by the sensor and through a series of systematized algorithms, estimates of surface precipitation are made with a spatial and temporal resolution of 0.25° x 0.25° and 3 hours, respectively. TRMM data can be freely available from the NASA website (<https://trmm.gsfc.nasa.gov/>). The 3B43 product grid data is available in HDF format with a spatial resolution of 0.25° x 0.25° (27 km x 27 km or 729 km<sup>2</sup>), covering the globe between latitude 50° N to 50° S. Each pixel represents rainfall estimates (millimeters per month) derived from the TRMM sensor and other data sources (Huffman et al., 2007) as well as gauge analyses where feasible, at fine scales (0.25° x 0.25° and 3 hourly).

## Global Forest Watch (GFW)

Global Forest Watch (GFW) is an interactive platform for monitoring forests in near real-time. It was developed by the World Resources Institute (WRI), with the collaboration of organizations from academic, public, and private sectors, such as Google, USAID, University of Maryland (UMD), ESRI, among others (GFW, 2018). Hansen et al. (2013) examined global data from Landsat images to characterize the extent, loss, and gain of forest during the year 2000 to 2016. This information is part of the data set available to GFW and is usually known as "Hansen tree cover change data." The data provided by Hansen et al. (2013) are divided into quadrants of 10 x 10 degrees; each quadrant is made up of six files: Tree canopy cover for year 200 (treecover2000), Global Forest cover gain 2000-2012 (gain), Year of gross forest cover loss event (lossyear), Data mask (datamask), Circa year 2000 Landsat 7 cloud-free image composite (last) (GFW, 2018). Each of these files has an 8-bit radiometric resolution and a spatial resolution of 1 arc second per pixel, that is, approximately 30 meters per pixel above the equator Hansen et al., (2013). In this work, the raster layer called lossyear was used to calculate the annual gross forest cover loss event. (Year of gross forest cover loss event) refers to the removal of trees (from natural forests or plantations) during the period 2000-2016.

## Method

### Change Point Analysis (Homogeneity analysis)

Change Point Analysis (CPA) was applied to hydroclimatic times series of each sub-basin selected in the Amazon rainforest to check for consistency and homogeneity in the monthly time-series of precipitation, evapotranspiration, and soil moisture. We tested changes in mean throughout the Standard

Normal Homogeneity Test (SNHT, parametric), which identifies a sudden change in a mean value of time series (Alexandersson, 1986); the Pettitt Test (non-parametric), to detect any significant change of a mean value in time series when the exact time is unknown; the Buishand Test (Ahmad & Deni, 2013) homogeneity tests have been applied at 76 meteorological stations in Peninsular Malaysia from 1975 to 2010 and also 7 stations in Sabah and Sarawak. A twostep approach is followed. First, four homogeneity tests, namely standard normal homogeneity test (SNHT and the Buishand U Test (Buishand, 1984). These tests are described below:

### Standard Normal Homogeneity Test (SNHT)

This test was developed by Alexandersson (1986) and modified by Alexandersson & Moberg (1997); a value compares the average of the first  $d$  year recorded with the last ones; this value is obtained with the expression

$$T_k = k\bar{z}_1 - (n - k)\bar{z}_2 \text{ when } k = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

where

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k} \frac{\sum_{i=1}^k (y_i + \bar{y})}{s} \quad y \quad \bar{z}_2 = \frac{1}{n - k} \frac{\sum_{i=k+1}^n (y_i - \bar{y})}{s}$$

A high value of in year indicates a significant variation: The test statistic is defined as:

$$T_0 = \max_{1 \leq k \leq n} T(k)$$

### Pettitt Test

Pettitt's test is non-parametric test based on Wilcoxon's test (Pettitt, 1979), related to the rank order of the values ignores the normality of the series. The statistic that is used is defined as:

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n + 1) \text{ when } k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

If a point of change occurs in the mean of the series in year, the absolute value of reaches its maximum value.

### Buishand Test

This test is of Bayesian origin and refers to a simple model that proposes to detect a change in the mean of series for . The test is based on the cumulative deviation from the mean:

$$S_0^* = 0 \quad y \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y}) \text{ para } k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

where

$$\bar{y} \text{ is the sample mean } (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

The test is defined as:

$$Q = \max_{0 \leq k \leq n} \left| \frac{S_k^*}{S} \right|$$

### Buishand U Test

In the Buishand U test (Buishand, 1984), the null hypothesis is the same as in the Buishand test. The test statistic is:

$$U = [n(n+1)]^{-1} \sum_{i=1}^n \left( \frac{S_k}{D_x} \right)^2 \quad (4)$$

with

$$D_x = \sqrt{n^{-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

### Empirical mode decomposition

To analyze the different modes of temporal variability of time series, we used the Empirical Mode Decomposition (DME), which was proposed as part of the Hilbert-Huang transform (HHT). It consists of separating the modes of oscillation at different frequencies in a time series, smoothing the uneven amplitudes, and if the original series has at least two extremes: local maximums and minimums. The characteristic time scale is defined by the time elapsed between the extremes. Adjustment envelopes defined by maximums and minimums of a series are generated, then the mean of the envelopes is subtracted from the original series. Details on the algorithm and procedure for the application Empirical Mode Decomposition (EMD) can be found in Rao & Hsu (2008).

### Mann – Kendall (MK) trend test for non-autocorrelated data

The Mann-Kendall test (Kendal 1945; Mann 1945) allowed us to identify the significance of the trends, and the magnitude of the change was quantified using the Sen slope estimator (Salmi et al., 2002). These two nonparametric methods do not require that the data conform to a specific distribution, are less sensitive to outliers, and are widely used to quantify trends in time series of environmental data (Chandlet and Scott, 2011). Considering the problem of autocorrelation, the use of the modified Mann-Kendall test is proposed for autocorrelated data. This Mann-Kendall trend test is derived from a rank correlation test for two groups of observations considering the correlation between the rank order of the observed values and their order in time.

To apply the Mann-Kendall test, the following procedure is followed:

The MK test statistic S (Mann, 1945, Kendall, 1975) is calculated as

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (6)$$

In Eq. (6),  $n$  is the number of data points, and are the data values in time series,  $i$  and  $j$  are time indexes ( $j > i$ ), respectively and in Eq. (7), sign is the sign function as

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{if } (x_j - x_i) > 0 \\ 0, & \text{if } (x_j - x_i) = 0 \\ -1, & \text{if } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (7)$$

The variance is computed as

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) + \sum_{k=1}^m t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18} \quad (8)$$

In eq. (8),  $n$  is the number of data points,  $m$  is the number of tied groups, and denotes the number of ties of extent  $k$ . A tied group is a set of sample data having the same value. In cases where the sample size  $n > 10$ , the standard normal test statistic is computed using Eq. (9):

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}}, & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

Comparison of calculated Z and observed Z:

A certain probability associated with Z ( $Z_{crit}$ ) is calculated with a prescribed significance level ( $\alpha = 0.05$ , for a 95% confidence level). Therefore, if the Z test statistic is less than the  $Z_{crit}$  statistic, then the identified trend is not significant.

### Sen's slope

The magnitude of the trend is calculated using the non-parametric Sen test. Sen's statistic is given by the median of the slopes of each pair of points in the data set. The slope is estimated as follows,

$$m = \frac{x_{i+1} - x_i}{(i+1) - i} \quad (10)$$

Where  $m$  is the local slope between the consecutive data and, in the time, and a time, respectively. In this way, the general slope of the series studied results from the median of the entire set of local slopes (Sen, 1968).

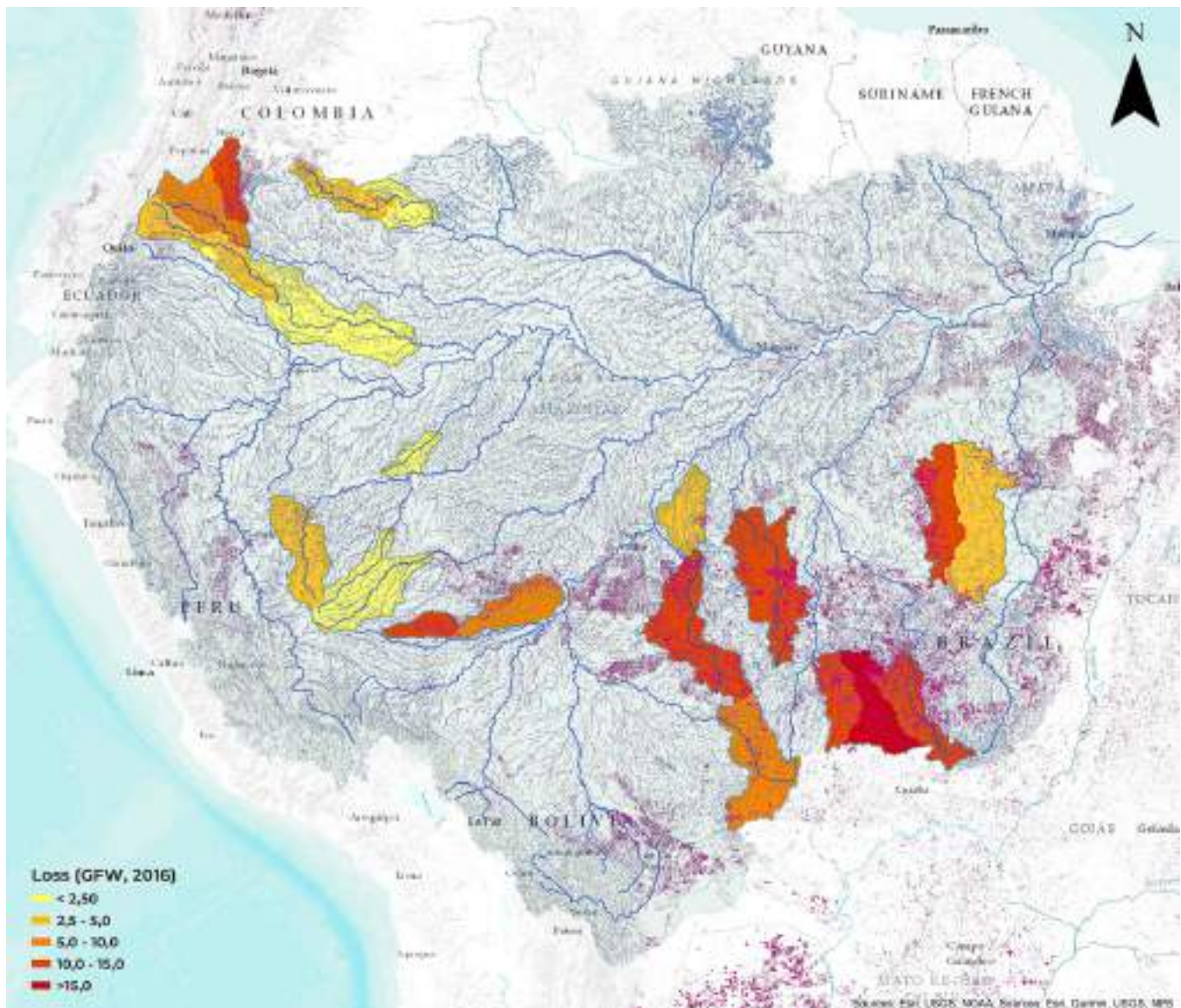


## Results and discussion

### Loss distribution and seasonality of hydroclimatic time series

The 38 sub-basins analyzed in this study were classified into three groups according to their location and land cover characteristics: Southwest Amazon, Southeastern Amazon, and Northern Amazon. The higher level of deforestation was found in sub-basins located at the Arc of Deforestation of Brazil (South and Southeastern Amazonian). Following the classification of MapBiomas (2019), we identified the following land cover use of the study area: Formation (Forest), Non-Forest Natural

Formation (Other Non-Forest Formation), Agricultural land and savanna formation for Southeastern Amazon; Forest Formation (Forest), Formation Natural Non-Forest (Other Non-Forest Formation) and Agricultural Use Sub-basins in Southwest Amazon, showing a lower rate of forest loss and up to up 16% of loss; and Forest Formation (Forest) and Agricultural Use in North Amazon (referred to Colombian region) where the loss percentage was up to 11.75%. Figure 2 shows the percentage of loss in the selected sub-basins. Colors closer to red indicate higher rates of loss. Table 1 shows the area of loss and the percentage of loss for each sub-basin.



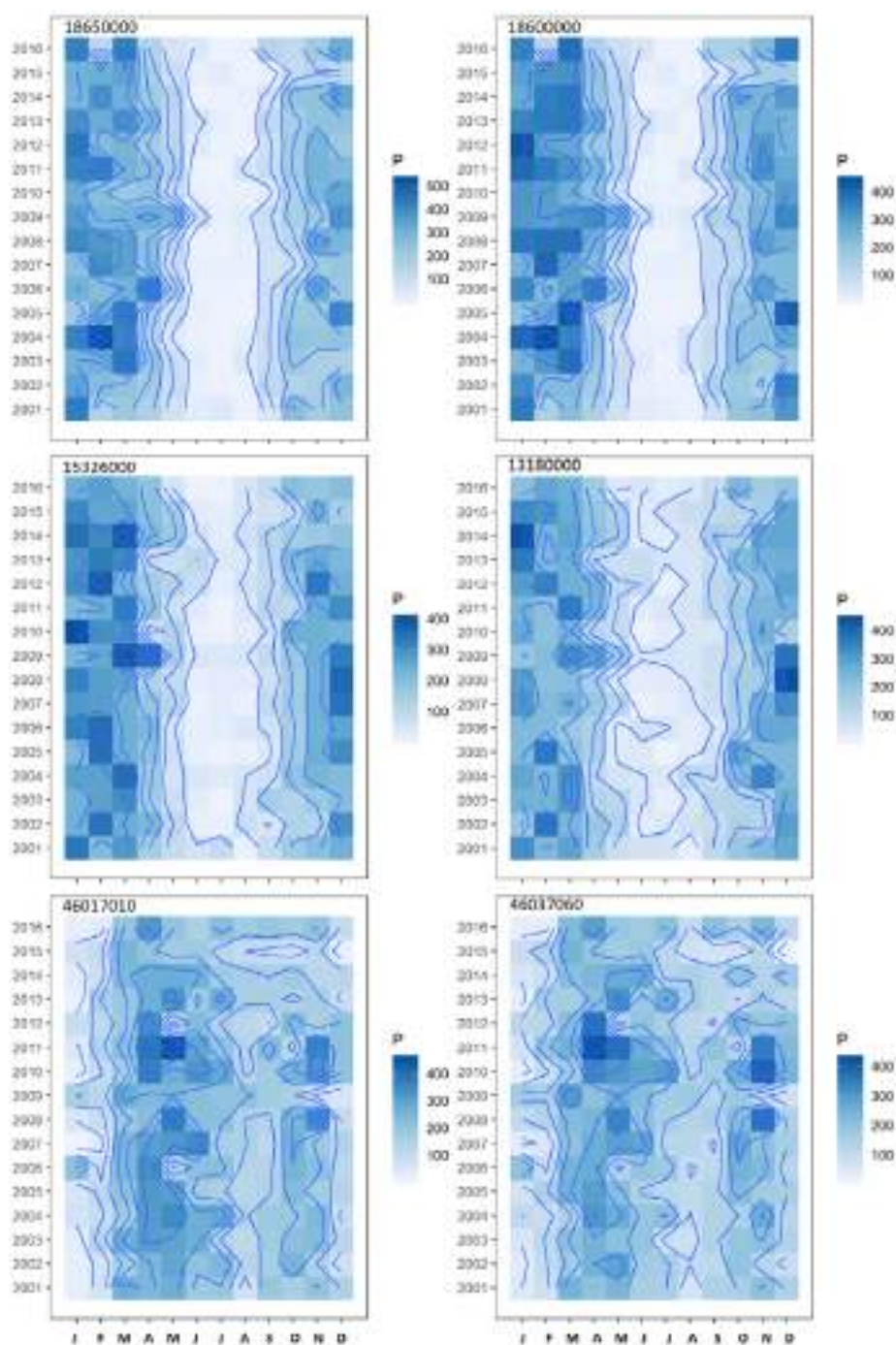
**Figure 2.** Geographical position and regional distribution of the 38 sub-basin in the Amazon basin. Color represented intervals of forest loss (%) from Global Forest Watch.



Figure 3 shows the Hovmoller diagram of precipitation for the sample of paired basins that showed contrasting trends. Precipitation in the south of the Amazon showed a unimodal annual with two distinctive seasons: dry (June to September) and wet (November to May). Values of monthly precipitation during wet months reached  $\sim 500$  mm. Sub-basins located in north Amazon showed a weak seasonality in the precipitation regime; however, a bimodal annual cycle was identified, where March to May and October to November are the wetter months due to the double pass of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), the main meteorological phenomenon that influences rainfall in the Amazon (Reboita et al., 2010).

Long-term mean precipitation in these sub-basins varied from 1923 to 2190 mm yr<sup>-1</sup> (Table 2). The seasonality of ET is not clear; however, we identified higher values of ET from September to December (three months,  $\sim 140$  mm) in south Amazon basins, but from January to May in North Amazon sub-basins ( $\sim 100$  mm). There was no clear response of evapotranspiration to precipitation in this selected sub-basin. ET increased with the end of the dry season. Lower values of ET are consistent with lower values of P; however, this seasonality is not very contrasting because other factors such as solar radiation, soil moisture in the depth soil can provide the necessary conditions for transpiration of the trees. Total multi-annual precipitation in these sub-basins varied from 922 to 1065.75 mm yr<sup>-1</sup> (Table 2).





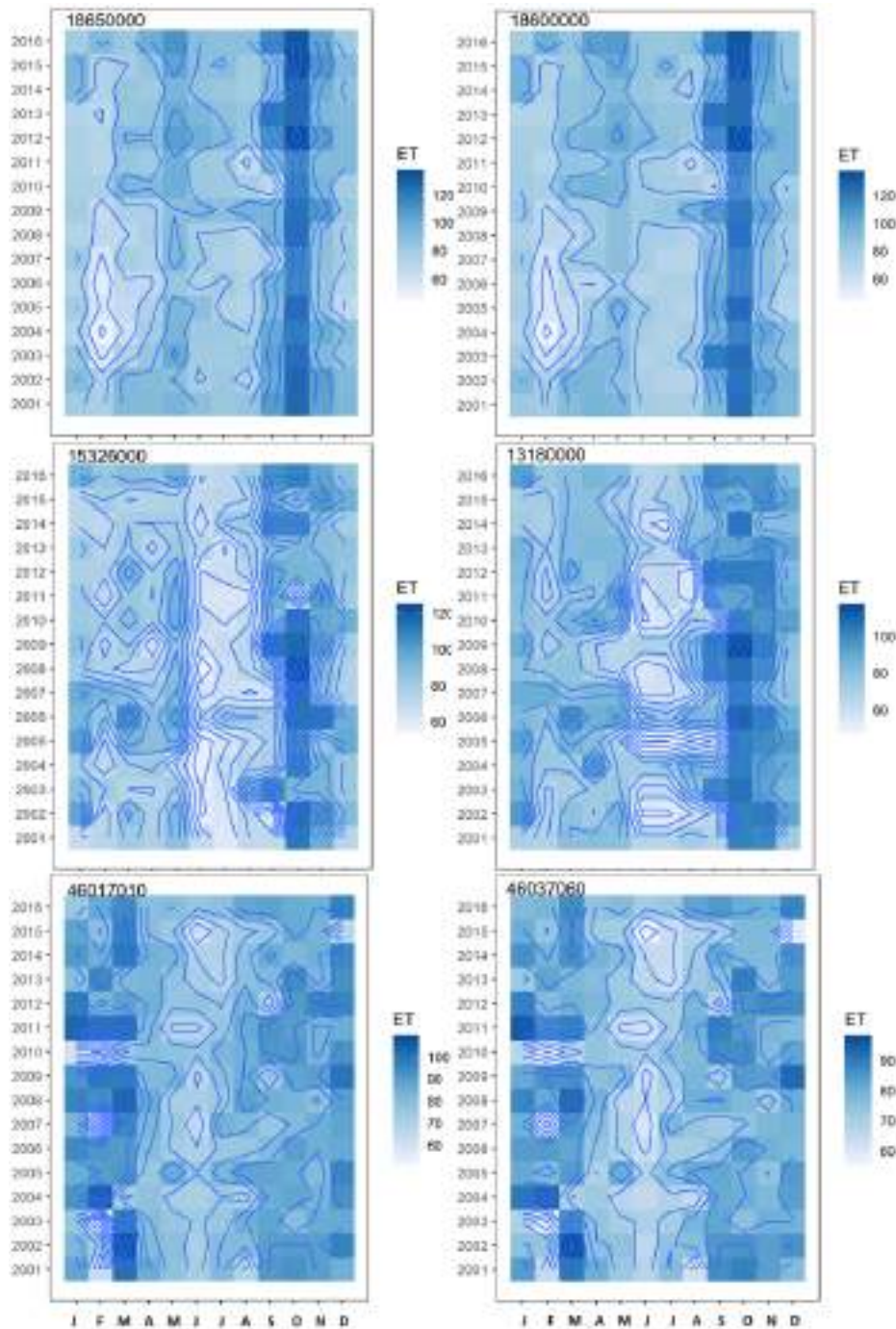
**Figure 3.** Hovmoller diagram for the precipitation (mm mths<sup>-1</sup>) from TRMM for the period 2001-2016 in sub-basin with opposite trend in precipitation and contrasting deforestation loss.

**Table 2.** Multi-year precipitation, evapotranspiration, and soil moisture for sub-basin with contrasting percentage of loss.

DBN	Station	P (Multi-year)	ET (Multi-year)	SM (Multi-year)	Loss (%)	Loss (Total)
29	18650000	2150.69	1065.70	229.12	11.75	5138.44
28	18600000	2113.55	1057.35	246.48	4.02	3073.37
15	15326000	1923.59	993.42	291.8	8.4	2633.32
7	13180000	1987.03	968.21	167.64	0.74	248.48
34	46017010	2190.45	997.60	95.28	4.54	145.48
35	46037060	2069.17	922.63	108.82	1.92	47.53

The Hovmoller diagram of ET for these sub-basins is shown in Figure 4. Soil moisture (SM) showed a strong seasonality in southern Amazon, with a marked unimodal annual cycle. Lower values of SM were recorded from June to November, with a two-month delay with respect to precipitation dry season. Soil moisture showed a strong seasonality in southern Amazon, with a marked unimodal annual cycle; lower values of SM were seen starting June to November, with a delay of two months with

respect to precipitation dry season. Soil moisture in northern Amazonia was characterized by low values from January to March and some low values in August-September. Soil moisture typically evidence faint changes in the top layers (Figure 5). A marked seasonal regime is typical in the south and southeastern of the Amazon basin, characterized by longer dry seasons. In the west and northwest of the Amazon, the dry season is typically short or absent (Almeida et al., 2017).



**Figure 4.** Hovmoller diagram for the evapotranspiration ( $\text{mm mths}^{-1}$ ) from TerraClimate for the period 2001-2016 in sub-basin with opposite trend in precipitation and contrasting deforestation loss.



## Testing for homogeneity

The results from the homogeneity tests were classified into three categories:

Class A: Homogeneous or no change point

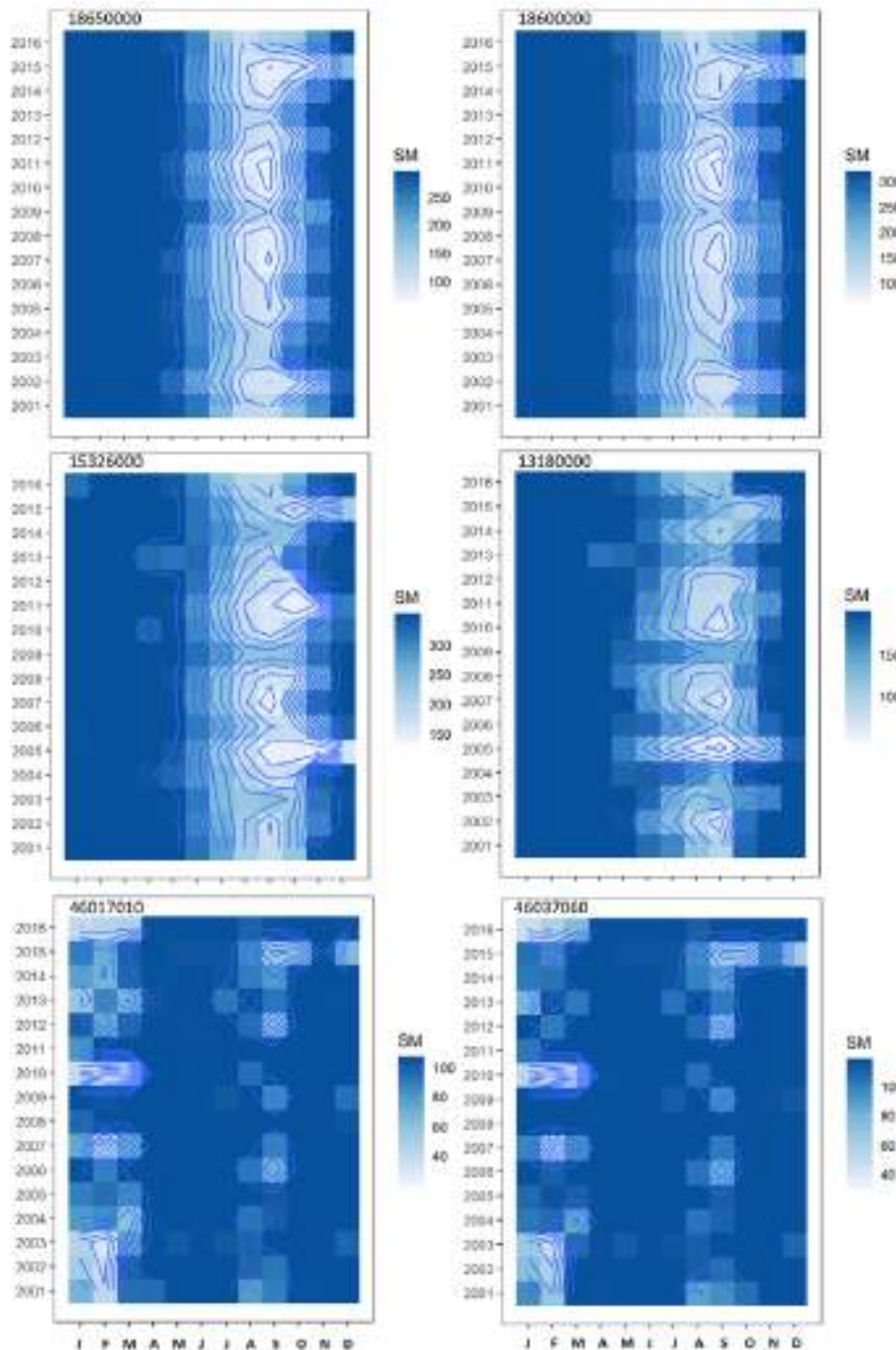
In these series, in more than one test, the null hypothesis is rejected. In this way, the series is considered homogeneous, and future analyzes can be carried out.

Class B: Doubtful

In these series, the null hypothesis is rejected in two tests. The series in this category are considered to have a sign of inhomogeneity and should be analyzed using other methods.

Class C: Not homogeneous or change point.

Series in which three or more tests indicate that the null hypothesis is rejected. In this case, it is considered that the series does not meet the homogeneity criteria. Table 3 shows



**Figure 5.** Hovmoller diagram for the soil moisture (mm mths<sup>-1</sup>) from TerraClimate for the period 2001-2016 in sub-basin with opposite trend in precipitation and contrasting deforestation loss.

results of the the change point detection analysis of precipitation, evapotranspiration, and soil moisture.

The homogeneity analysis showed a non-abrupt change in the time series of monthly precipitation (homogeneity, class A). However, the change point analysis indicated an abrupt change in 2012 in precipitation for basin N32-44017110 (non-homogeneity, class C). The Pettitt test, the SNHT test, and the Buishand U test indicate that 97.4% of the time series are homogeneous. On the other hand, the Buishand test indicates that 86.8% of the series are homogeneous. The tests coincided with the homogeneity result in 89.4% of the analyzed series.

The change point analysis indicates abrupt changes in approximately 30% of ET series (non-homogeneity, class c), while the remaining can be considered homogeneous. Some of the time series presented significant change points in 2004, 2005, 2009 o 2011, with 2005 as the more frequent year of change. As to the particular result of

each test, Buishand and SNH tests indicate that 68.4% of the evapotranspiration time series are homogenous. Furthermore, the Pettitt and Buishand U test indicate that 73.7% and 65.8% of the series are homogenous, respectively. The tests coincide in the homogeneity result in most of the series analyzed (80%), but for the stations highlighted with blue color, there is a particular discrepancy among test results. A total of 11 (29%) actual evapotranspiration series are considered non-homogeneous (Class C), while the remaining 27 (71%) are considered homogeneous series (Class A).

As to soil moisture time series, 96% of the series indicate homogeneity for 2001-2016. The Pettitt test, the Buishand test, and the Buishand U test indicate that all soil moisture series are homogeneous (100%), but the SNH test indicates that 84.2% are homogeneous. The soil moisture series were classified as homogenous (Class A), where 8 of the time series have at least one test indicating the presence of non-homogeneity.

**Table 3. Results of homogeneity test of climatologic time series (2001 – 2016).**

N°	Estación	Precipitation		Soil Moisture		Evapotranspiration	
		Nature of series	Year of shift	Nature of series	Year of shift	Nature of series	Year of shift
1	11450000	A	-	A	-	C	2004
2	12100000	A	-	A	-	C	2009
3	12360000	A	-	A	-	A	-
4	12370000	A	-	A	-	A	-
5	12500000	A	-	A	-	A	-
6	12650000	A	-	A	-	A	-
7	13180000	A	-	A	-	A	-
8	13450000	A	-	A	-	A	-
9	13470000	A	-	A	-	A	-
10	13550000	A	-	A	-	A	-
11	14260000	A	-	A	-	A	-
12	15120001	A	-	A	-	A	-
13	15130000	A	-	A	-	C	2005
14	15324000	A	-	A	-	A	-
15	15326000	A	-	A	-	A	-
16	15552600	A	-	A	-	C	2005
17	15552700	A	-	A	-	C	2005
18	15560000	A	-	A	-	C	2005
19	15580000	A	-	A	-	C	2005
20	15670000	A	-	A	-	C	2009
21	15750000	A	-	A	-	A	-
22	15800000	A	-	A	-	B	-
23	17095000	A	-	A	-	C	2005
24	17120000	A	-	A	-	A	-
25	17200000	A	-	A	-	A	-
26	17210000	A	-	A	-	A	-
27	17280000	A	-	A	-	A	-
28	18600000	A	-	A	-	C	2011
29	18650000	A	-	A	-	C	2011
30	42077020	A	-	A	-	A	-
31	44017100	A	-	A	-	A	-
32	44017110	C	2012	A	-	A	-
33	44117010	A	-	A	-	A	-
34	46017010	A	-	A	-	A	-
35	46037060	A	-	A	-	A	-
36	46077010	A	-	A	-	A	-
37	47017160	A	-	A	-	A	-
38	47047040	A	-	A	-	A	-

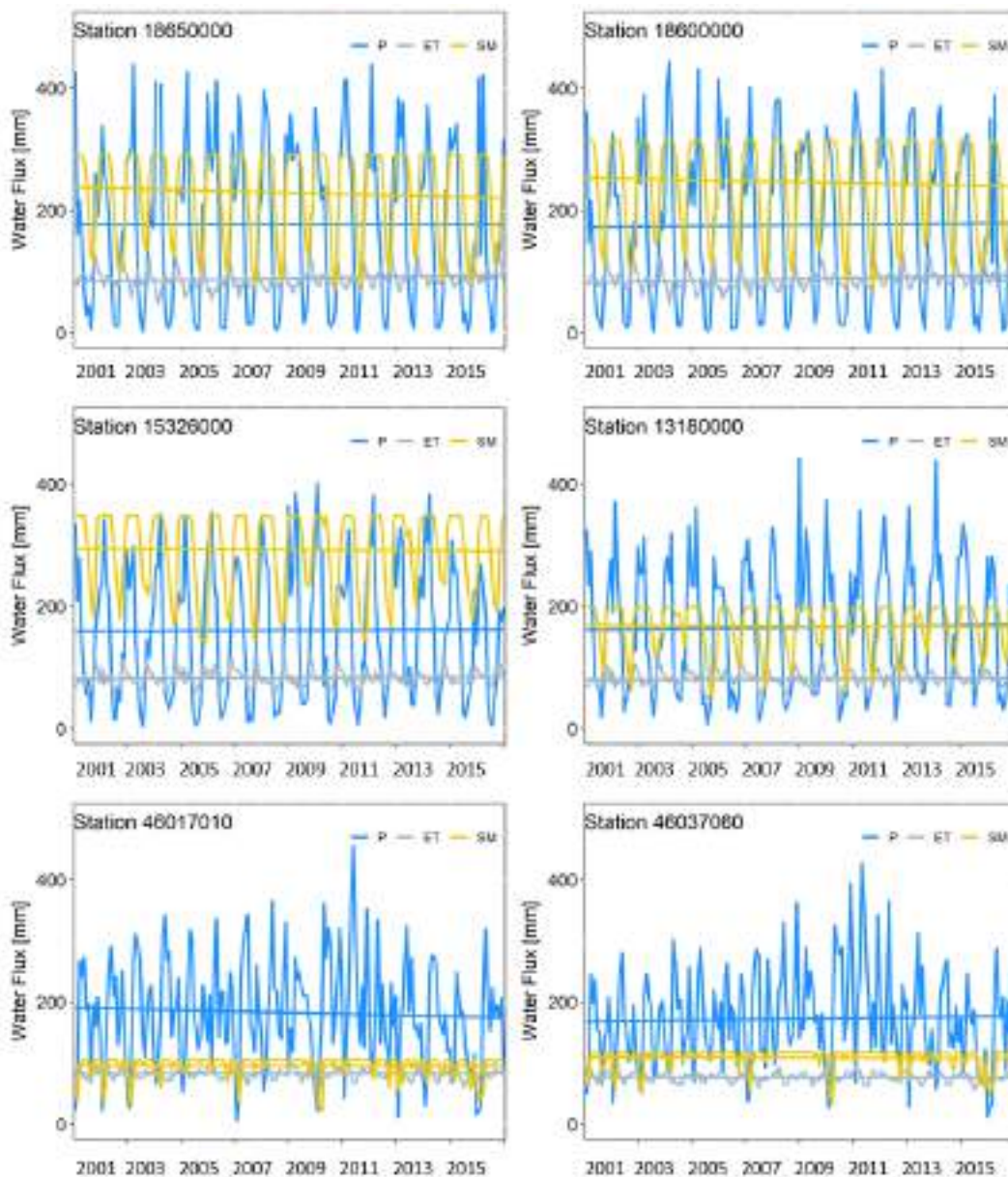
## Trend analysis

The analysis of trends and the associate statistical and physical significance are essential in hydroclimatic research (NCAR, 2014). Changes and trends commonly found in hydroclimatic time series may be the result of natural phenomena such as volcanic eruptions, forest fires, landslides, climate change on a global, regional, or local scale, solar cycles, among others or human interventions, changes of use soil, change in vegetation cover, change of location of measurement instruments, changes in sampling methodologies, changes in the technology of recording instruments, among others. This section presents the result of the non-parametric Mann-Kendall test and the Sen statistical test to the residual of the series of records of

hydro-climatic variables on which the EMD method was applied, isolating the residue of long term of each series.

Figure 6 shows the time series of precipitation, evapotranspiration, and soil moisture with a corresponding trend line for paired sub-basins with contrasting forest loss percentages and trends. Plots in the left panel show the time series of sub-basins whose precipitation had a decreasing trend, while plots at the right of the panel show the time series of sub-basin with an increasing trend. For the case of these stations, we found a negative trend in precipitation when there is a higher percentage of loss.

Table 4 shows the trend of the hydroclimatic variables for all the time series of the sub-basins considered in this study.



**Figure 6.** Time series of hydroclimatic variables from 2001 to 2016 for paired basin with contrasting percentages of loss.

Trend analysis of precipitation, evapotranspiration and soil moisture in regions under different regimes of forest loss in Amazonia



**Table 4. Results of trend analysis of climatologic time series (2001 – 2016).**

N°	Station	Precipitation			Soil Moisture			Evapotranspiration		
		S	Trend (mm mth <sup>-1</sup> )	Trend (mm mth <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	S	Trend (mm mth <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	Trend (mm mth <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	S	Trend (mm/ mth <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	Trend (mm mth <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )
1	11450000	1	-0.2479	-2.9753	1	-0.0069	-0.0824	1	0.0291	0.3490
2	12100000	1	0.3784	4.5410	1	-0.0574	-0.6892	1	0.0263	0.3153
3	12360000	1	0.0171	0.2051	1	0.0014	0.0171	1	0.0192	0.2305
4	12370000	1	0.0448	0.5375	1	0.0018	0.0211	1	0.0046	0.0550
5	12500000	1	0.0483	0.5799	1	-0.0162	-0.1939	1	0.0084	0.1009
6	12650000	1	0.0501	0.6010	1	0.0332	0.3985	1	0.0009	0.0103
7	13180000	1	0.0157	0.1885	1	-0.1395	-1.6734	1	-0.0114	-0.1372
8	13450000	1	0.1368	1.6410	1	-0.0519	-0.6226	0	-0.0013	-0.0152
9	13470000	1	0.1596	1.9156	1	-0.0821	-0.9849	1	-0.0037	-0.0443
10	13550000	1	0.1621	1.9448	1	-0.0458	-0.5493	0	-0.0183	-0.2197
11	14260000	1	-0.0180	-0.2162	1	0.0170	0.2041	1	0.0063	0.0761
12	15120001	1	-0.0283	-0.3396	1	0.0602	0.7222	1	-0.0352	-0.4220
13	15130000	0	-0.0033	-0.0390	0	-0.1187	-1.4248	1	-0.0342	-0.4104
14	15324000	1	0.1476	1.7714	1	-0.0380	-0.4560	1	0.0120	0.1435
15	15326000	1	-0.1109	-1.3308	0	-0.0116	-0.1387	1	0.0020	0.0243
16	15552600	1	-0.2007	-2.4078	1	-0.1249	-1.4986	1	-0.0930	-1.1162
17	15552700	1	-0.1461	-1.7536	1	-0.0848	-1.0179	1	-0.0958	-1.1491
18	15560000	1	-0.3594	-4.3129	1	-0.0049	-0.0584	1	-0.0775	-0.9303
19	15580000	1	-0.3973	-4.7675	0	-0.0101	-0.1217	1	-0.0490	-0.5886
20	15670000	1	-0.4871	-5.8453	0	-0.0033	-0.0395	1	0.0326	0.3917
21	15750000	1	-0.1585	-1.9021	0	0.0061	0.0730	0	-0.0217	-0.2609
22	15800000	1	-0.0826	-0.9912	1	-0.1466	-1.7590	0	-0.0104	-0.1248
23	17095000	1	-0.0574	-0.6885	1	-0.1556	-1.8667	1	-0.0757	-0.9089
24	17120000	1	-0.1578	-1.8932	1	-0.1338	-1.6052	1	-0.1018	-1.2216
25	17200000	1	0.0184	0.2209	1	-0.0187	-0.2241	1	-0.1164	-1.3970
26	17210000	1	0.0461	0.5530	1	0.0316	0.3790	1	-0.0748	-0.8981
27	17280000	1	-0.0460	-0.5520	1	-0.0012	-0.0148	1	-0.1069	-1.2830
28	18600000	0	0.0110	0.1321	1	-0.0731	-0.8769	1	0.0679	0.8151
29	18650000	1	-0.1044	-1.2532	1	-0.1558	-1.8695	1	0.0568	0.6817
30	42077020	1	-0.0216	-0.2586	1	-0.0201	-0.2407	1	0.0062	0.0746
31	44017100	0	0.0120	0.1440	1	0.0181	0.2169	1	0.0311	0.3733
32	44017110	1	-0.3154	-3.7853	1	0.0104	0.1246	1	0.0162	0.1947
33	44117010	1	-0.1704	-2.0447	1	-0.0096	-0.1157	1	0.0227	0.2726
34	46017010	1	-0.1167	-1.4004	0	0.0060	0.0724	1	-0.0044	-0.0524
35	46037060	1	0.1527	1.8322	1	-0.0322	-0.3861	1	-0.0109	-0.1311
36	46077010	1	-0.0601	-0.7211	1	-0.0174	-0.2087	1	0.0032	0.0389
37	47017160	1	-0.0526	-0.6314	1	0.0097	0.1158	1	0.0129	0.1543
38	47047040	1	-0.1652	-1.9822	1	-0.0161	-0.1931	1	0.0263	0.3160

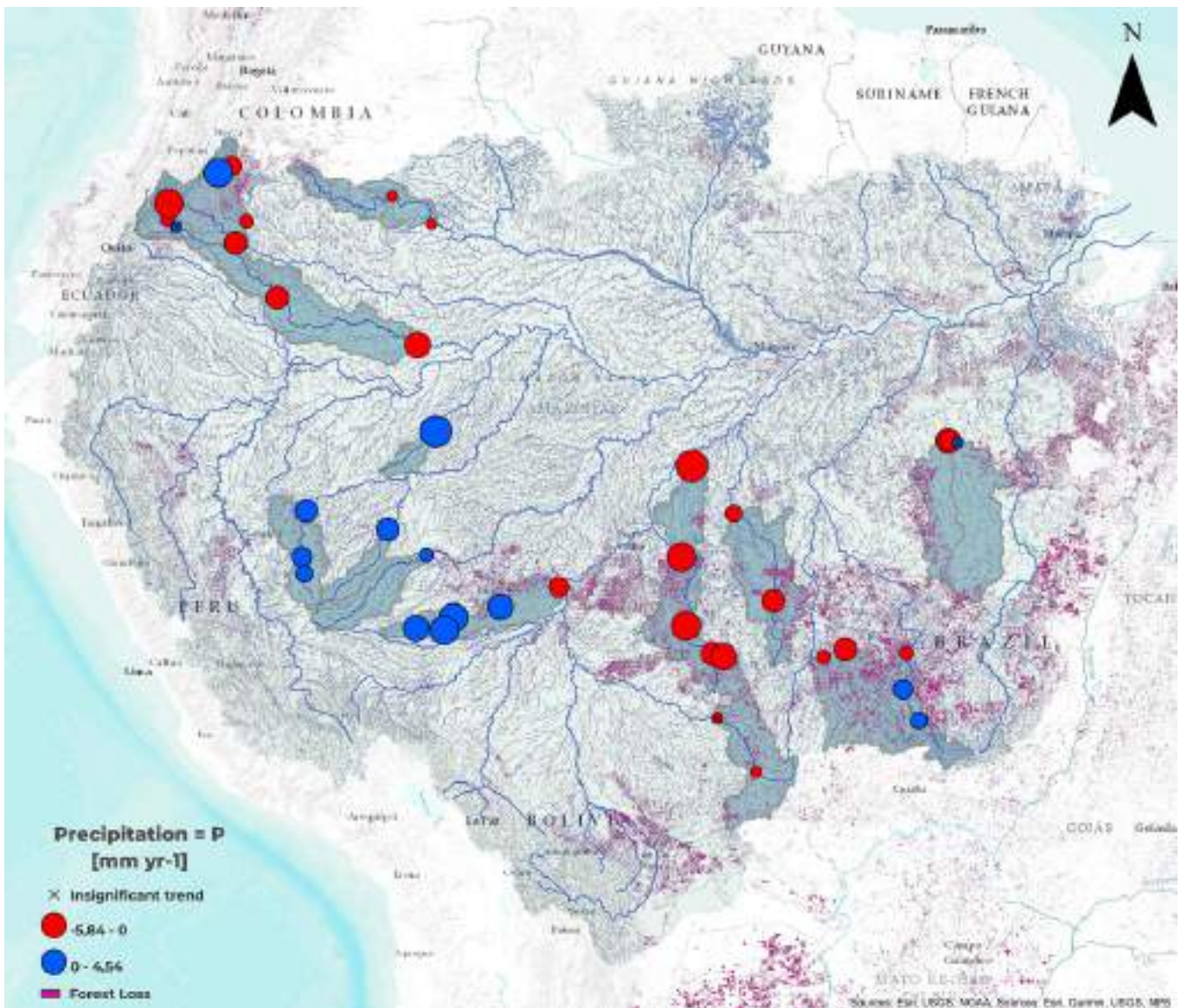
There is evidence of a significant trend in 35 of the 38 monthly precipitation series, with an increasing trend in 13 stations (34.0%); decreasing trends in 22 stations (57.89%), and no trend or non-significant trend in 3 stations (7.89%) for 2001-2016 (Figure 7). The trends of precipitation were mainly negative throughout the basin.

Time series of soil moisture showed predominantly significant trends where 23 (60.53%) correspond to decreasing trend and 9 (23.68%) correspond to increasing trend. Only 6 (15.79%) time series showed no significance. The result indicates a significant decreasing trend in soil moisture in the sub-basin analyzed for 2001-2016 (Figure 8).

When analyzing trends in the monthly evapotranspiration, we found statistically significant increasing trends in 20 (51.3%) time series; statistically significant decreasing trends in 15

(38.5%) time series, and no trend or statistically non-significant trend in 4 (10.3%) time series. There were increasing trends in more than 50% of the monthly actual evapotranspiration series in this period. The increasing trends belong mainly to basins with a loss percentage greater than 10% (Figure 9).

Given the large extension of the Amazon basin, we grouped the sub-basins in three major sub-regions: North, Southwestern, and Southeastern to understand the trends depending on the land cover and magnitude of loss. In Southwestern Amazonia, trends of the hydroclimatic variables were predominately positive: P (90.0%), ET (63%), SM (72.7%). On the contrary, in Southeastern Amazonia, the trend analysis showed decreasing trends for P (81.3%), ET (81.3%), and SM (81.3%). In North Amazonia (Colombian's sub-basins), trends were positive for ET (81.82%), negative for SM (54.5%), and negative for P (81.82%).



**Figure 7.** Distribution of trend in precipitation in 38 the selected sub-basins. The color of the circles denote decreasing trends (red) and increasing trends (blue) and the diameter of the circle is correlative with the magnitude of the identified trend. See the convention at the bottom left.

## DISCUSSION

### Homogeneity analysis

The different tests used present different levels of demand, and therefore differ in some respects. SNHT is sensitive in detecting changes near the beginning and end of the series. The Buis-hand test and the Pettitt test are close to identifying changes in the middle of the series. Furthermore, the SNHT test and the Buishand test assume that the respective variable be normally distributed, while the Pettitt test does not need this assumption because it is a non-parametric range test (Kang & Yusof, 2018). Therefore, results obtained from the homogeneity test can differ; that is, the same climatic series can be considered

simultaneously as homogeneous by one test and non-homogeneous by another.

In general, our results indicate that the series of the hydro-climatic variables evaluated for 2001-2016 are mainly homogeneous, which would indicate that the existing variations are only due to the variability of the natural dynamics of the variable itself. Consequently, seasonal cycles or conditions are not considered; however, the analysis of seasonal periods, such as the dry season, the wet season, or periods of specific interest, could give greater certainty to the results.

In general, homogeneity in time series reflects the use of similar instruments or the same environment when collected. However, it will always be susceptible to change due to



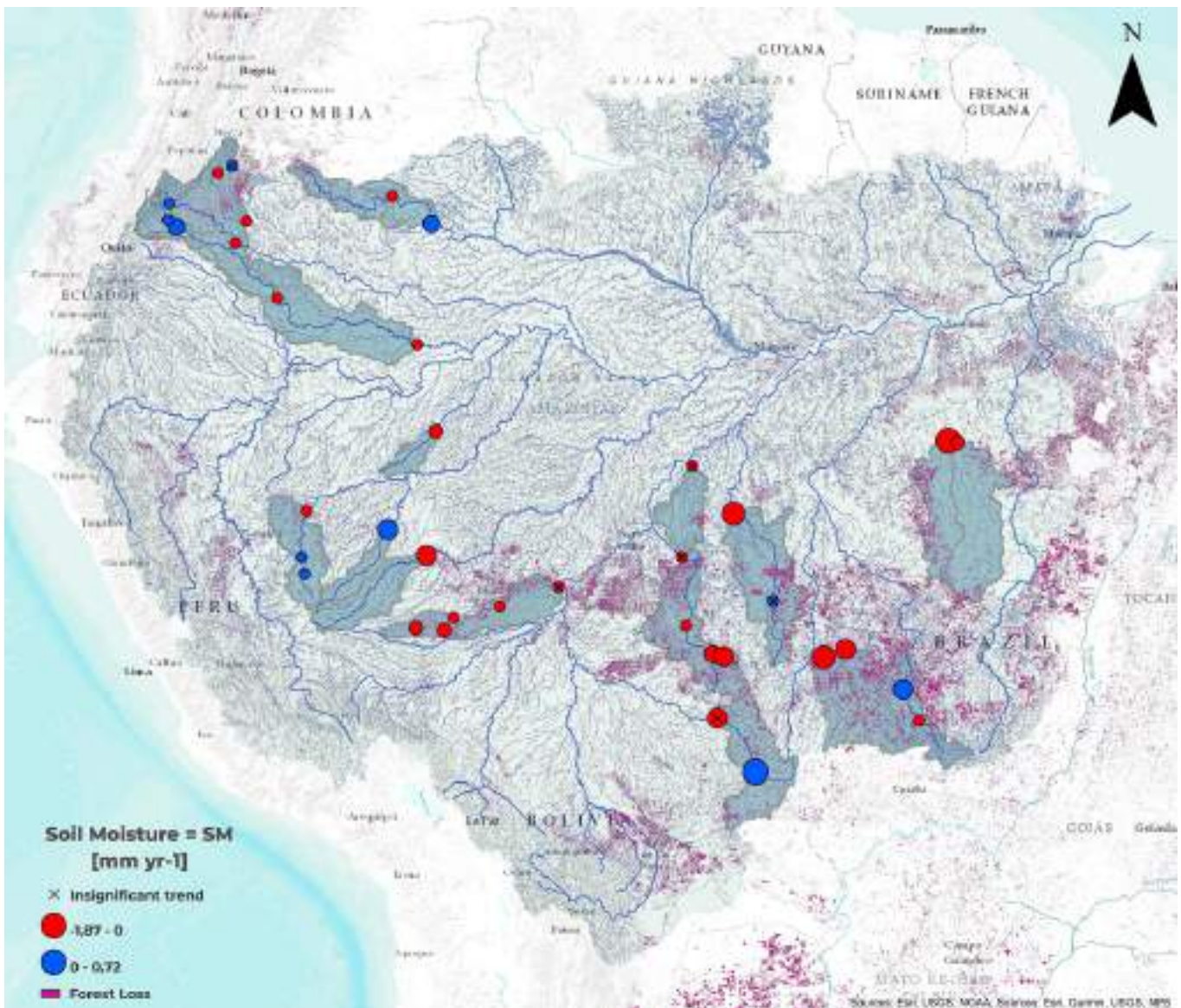


Figure 8. Similar to Fig. 7 for soil moisture trends in the selected sub-basins.

measurement techniques, the observation procedures, the characteristics of the environment, and the location of the stations. Further analysis is required for non-homogenous time series. Abrupt changes in the time series may have a meteorological or climatic origin but may also be due to factors such as spatial location and human or instrumental influence, poor condition, or defects of the observation instruments, change of instrumental type and / or their installation conditions and change in the data purification methods, since it alters them.

For the time series obtained by aggregating satellite information, it is likely that the non-homogeneity is due to issues with the algorithm used to estimate the variable in areas where data is not sufficiently precise in the basin. No homogeneity of time series may be explained by errors of anthropogenic and natural

character, such as land cover and land-use change or climate variability (Kliment et al., 2011).

### Trend analysis

We found mixed trends in the sub-basin that were analyzed with no apparent direct individual influence of loss. An increasing trend in Southwestern Amazonia sub-basins (90% of the time series of P and 63% of ET) show evidence of positive values under the scenario where some forests are still present. The fact that some regions with a higher percentage of loss have a positive trend (and the opposite) has to do with the fact some deforested areas that are found side by side with forested areas generate a breeze from the forest to those deforested during



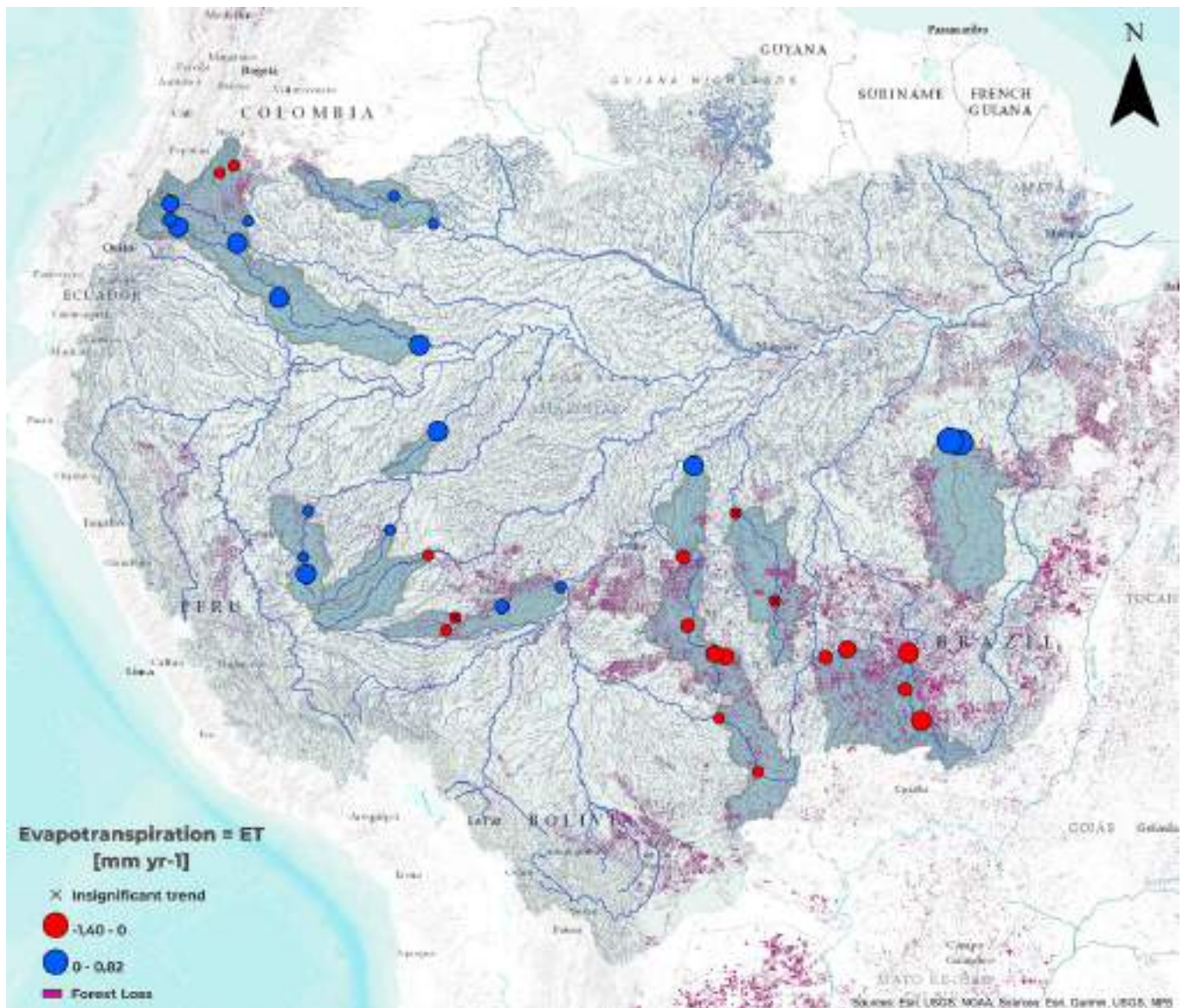


Figure 9. Similar to Fig. 7 for evapotranspiration trends in the selected sub-basins.

the day and in the opposite direction at night, which could explain why sun-basins with a higher percentage of deforestation show positive trends, while those that are deforested negative trends. Some studies have shown that changes in the variables of the hydrological cycle, especially in the rainfall regime, are more noticeable when the percentages of the deforested area are higher than 50% (Sampaio et al., 2007). In this work, the higher percentage of forest loss reaches 19.46%; however, we can see some evidence of the deforestation effect hydroclimatic trends. Aragão (2012) Explained that when rainfall over deforested areas is greater than rainfall over adjacent forests, it is because the increase in surface heat in deforested areas induces the upward movement of air, reducing pressure and dragging air from the areas with forests towards deforested areas, thus generating convective rain.

A predominant negative trend was found in time series of P, ET, and SM of sub-basins located in the “Arc of Deforestation,” a region that experiences high anthropogenic change (Southeastern Amazon). Additionally, this region is characterized by dry seasonality, lower precipitation, where trees lose their leaves by the vegetation as a response to water stress (Da Rocha et al., 2009). A regional level Northern Amazonia was characterized for decreasing trends and positive trends in Southwestern Amazonia; these results are consistent with those found by Marengo (2004).

High precipitation in the Amazon depends upon the water vapor transported from the tropical Atlantic Ocean and evapotranspiration recycling from the forest. Hence, negative trends in precipitation may be associated with decreasing trends in evapotranspiration, associate with forest loss, particularly in the “Arc of Deforestation”. At the same time, evapotranspiration is

determined by the availability of water and energy on the earth's surface (Zhang et al., 2007). Suggested reasons for variations in actual evapotranspiration include changes in precipitation (Zhang et al., 2007), decrease in soil moisture content (Jung et al., 2010), non-opening of stomata due to high concentrations of CO<sub>2</sub> in the atmosphere, decreased in wind speed and changes in land use or land cover (Piao et al., 2007). More importantly, the increase of atmospheric demand (higher vapor pressure deficit) due to deforestation, especially in the Arc of Deforestation that experienced the big anthropogenic change (Barkhordarian et al., 2019), and radiation changes may explain the decrease in ET, taking into account that VPD and radiation as the most important mechanism that controls ET. In any event, the connection between evapotranspiration and precipitation is difficult to establish because it depends on a large number of interacting thermodynamic and dynamic processes, which must be taken into account quantitatively (Shukla & Mintz, 1982).

Higher rates of evapotranspiration can be observed during dry seasons due to the water stored after a wet season. However, in some regions, the precipitation is low and yet ET shows high values during dry season, something that can be explain for radiation, temperature and vapor pressure deficit variations (Guan et al., 2015) canopy photosynthesis of some tropical forests can decline, whereas in others it can be maintained at the same or a higher level than during the wet season. However, it remains uncertain to what extent water availability is responsible for productivity declines of tropical forests during the dry season. Here we use global satellite observations of two independent measures of vegetation photosynthetic properties (enhanced vegetation index from 2002 to 2012 and solar-induced chlorophyll fluorescence from 2007 to 2012).

## CONCLUSIONS

The homogeneity of hydroclimatic times series in sub-basins of the Amazon River basin under different land covers were analyzed using four tests: the Pettit's test, the Buishand's test, and the Standard Normal Homogeneity test. This set of tests allowed us to detect a non-significant year of change in most of the analyzed series.

Decreasing evapotranspiration trends, soil moisture, and precipitation were found mainly over the "Arc of Deforestation" (southeastern Amazonia) and deforested areas of the Colombian Amazon. It is crucial to incorporate in the analysis how trends in water and energy contribute to changes in trend in evapotranspiration.

Results provide evidence of the hydrological impact of deforestation in the Amazon River basin, in particular about the drying out of the atmosphere over southern Amazonian as a result of human activities (Barkhordarian et al., 2019), in association with the identified decreasing trends in precipitation and soil moisture at sub-catchment scales.

Environmental information captured from satellites or generated from models constitutes an essential tool for research in environmental sciences and the study of the effects of global climate change. However, its application must be careful depending on the spatial resolution and the scale at which it is desired to work since otherwise, it can lead to inconsistencies in the results and even erroneous conclusions. For example, low-resolution raster information used in regional analyzes that require more detailed data and detailed analysis leads to errors, whereby detail is lost, and the contribution of the deforested area may not be seen.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The work of GP is supported by Universidad Nacional de Colombia at Medellín, Colombia.

## REFERENCES

- Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., & Hegewisch, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. *Scientific Data*, 5, 1-12. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>
- Adarsh, S., & Shyma, M. (2017). Analyzing the non-linear trend and multiscale teleconnections of regional monsoon indices using empirical mode decomposition. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(2), 669-682. <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0325-9>
- Ahmad, N. H., & Deni, S. M. (2013). Homogeneity Test on Daily Rainfall Series for Malaysia. *Matematika*, 29(1), 141-150. <http://www.matematika.utm.my/index.php/matematika/article/view/586>
- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6(6), 661-675. <https://doi.org/10.1002/joc.3370060607>
- Alexandersson, H., & Moberg, A. (1997). Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 17(1), 25-34. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0088\(199701\)17:1<25::aid-joc103>3.3.co;2-a](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0088(199701)17:1<25::aid-joc103>3.3.co;2-a)
- Almeida, C. T., Oliveira-Júnior, J. F., Delgado, R. C., Cubo, P., & Ramos, M. C. (2017). Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973-2013. *International Journal of Climatology*, 37(4), 2013-2026. <https://doi.org/10.1002/joc.4831>
- Alves, L. M., Marengo, J. A., Fu, R., & Bombardi, R. J. (2017). Sensitivity of Amazon Regional Climate to Deforestation. *American Journal of Climate Change*, 06(01), 75-98. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2017.61005>
- Aragão, L. E. O. C. (2012). The rainforest's water pump. *Nature*, 489, 217-218.
- Artaxo, P., Almeida-Val, P.V., Bilbao, B., Brando, P., Bustamante, M., Coe, M.T., Correa, S.B., Cuesta, F., Costa, M.H., Miralles-Wilhelm, F., Salinas, N., Silvério, D.V., and Val, A.L., (2021). Impacts of climate change on biodiversity, ecological processes, and environmental adaptation. Science Panel for the Amazon. Chapter 8. In the press.




- Barkhordarian, A., Saatchi, S. S., Behrangi, A., Loikith, P. C., & Mechoso, C. R. (2019). A Recent Systematic Increase in Vapor Pressure Deficit over Tropical South America. *Scientific Reports*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51857-8>
- Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), 1444–1449. <https://doi.org/10.1126/science.1155121>
- Braun, S. A., Stocker, E., & Marius, J. (2011). *Tropical Rainfall Measuring Mission*. 1–58.
- Buishand, T. A. (1984). "Test for Detecting a Shift in the Mean of Hydrological Time Series." *Journal of Hydrology*, 73, 51–69.
- Carmona, A. M., & Poveda, G. (2014). Detection of long-term trends in monthly hydro-climatic series of Colombia through Empirical Mode Decomposition. *Climatic Change*, 123(2), 301–313. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-1046-3>
- Da Rocha, H. R., Manzi, A. O., Cabral, O. M., Miller, S. D., Goulden, M. L., Saleska, S. R., Coupe, N. R., Wofsy, S. C., Borma, L. S., Artaxo, R., Vourlitis, G., Nogueira, J. S., Cardoso, F. L., Nobre, A. D., Kruijt, B., Freitas, H. C., Von Randow, C., Aguiar, R. G., & Maia, J. F. (2009). Patterns of water and heat flux across a biome gradient from tropical forest to savanna in Brazil. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 114(1), 1–8. <https://doi.org/10.1029/2007JG000640>
- Foley, A., Fealy, R., & Sweeney, J. (2013). Model skill measures in probabilistic regional climate projections for Ireland. *Climate Research*, 56(1), 33–49. <https://doi.org/10.3354/cr01140>
- Guan, K., Pan, M., Li, H., Wolf, A., Wu, J., Medvigy, D., Caylor, K. K., Sheffield, J., Wood, E. F., Malhi, Y., Liang, M., Kimball, J. S., Saleska, S. R., Berry, J., Joiner, J., & Lyapustin, A. I. (2015). Photosynthetic seasonality of global tropical forests constrained by hydroclimate. *Nature Geoscience*, 8(4), 284–289. <https://doi.org/10.1038/ngeo2382>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Huffman, G. J., Adler, R. F., Bolvin, D. T., Gu, G., Nelkin, E. J., Bowman, K. P., Hong, Y., Stocker, E. F., & Wolff, D. B. (2007). The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of Hydrometeorology*, 8(1), 38–55. <https://doi.org/10.1175/JHM560.1>
- Jung, M., Reichstein, M., Ciais, P., Seneviratne, S. I., Sheffield, J., Goulden, M. L., Bonan, G., Cescatti, A., Chen, J., De Jeu, R., Dolman, A. J., Eugster, W., Gerten, D., Gianelle, D., Gobron, N., Heinke, J., Kimball, J., Law, B. E., Montagnani, L., ... Zhang, K. (2010). Recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. *Nature*, 467(7318), 951–954. <https://doi.org/10.1038/nature09396>
- Kliment, Z., Matoušková, M., Ledvinka, O., & Kráľovec, V. (2011). Trend analysis of rainfall-runoff regimes in selected headwater areas of the Czech Republic. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 59(1), 36–50. <https://doi.org/10.2478/v10098-011-0003-y>
- Marengo, J. A. (2004). Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theoretical and Applied Climatology*, 78(1–3), 79–96. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0045-8>
- Pettitt. (1979). A Non-parametric to the Approach Problem. *Applied Statistics*, 28(2), 126–135.
- Phillips, O. L., Malhi, Y., Higuchi, N., Laurance, W. F., Núñez, P. V., Vásquez, R. M., Laurance, S. G., Ferreira, L. V., Stern, M., Brown, S., & Grace, J. (1998). Changes in the carbon balance of tropical forests: Evidence from long-term plots. *Science*, 282(5388), 439–442. <https://doi.org/10.1126/science.282.5388.439>
- Piao, S., Friedlingstein, P., Ciais, P., De Noblet-Ducoudré, N., Labat, D., & Zaehle, S. (2007). Changes in climate and land use have a larger direct impact than rising CO2 on global river runoff trends. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(39), 15242–15247. <https://doi.org/10.1073/pnas.0707213104>
- Posada-Gil, D. and Poveda, G. (2015). Tendencias de largo plazo en los caudales de la cuenca amazónica y su relación con el área de la cuenca. *Revista Colombia Amazónica*, No. 8, Segunda Época, 123-136.
- Poveda, G. (2020). Garantizar la integridad de los ecosistemas de Colombia: condición básica para preservar la biodiversidad y desarrollar la bioeconomía. En: *Ciencia y tecnología: fundamento de la bioeconomía. Propuestas del Foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente*. Volumen 3. Misión Internacional de Sabios. Vicepresidencia de la República de Colombia. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, pp. 55-97.
- Rao, A. R., & Hsu, E.-C. (2008). Hilbert-Huang Transform Analysis Of Hydrological And Environmental Time Series. In *Hydrology and Water Resources of Africa* (Issue map C). <https://doi.org/10.1007/0-306-48065-4>
- Sampaio, G., Nobre, C., Costa, M. H., Satyamurty, P., Soares-Filho, B. S., & Cardoso, M. (2007). Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters*, 34(17). <https://doi.org/10.1029/2007GL030612>
- Sayemuzzaman, M., & Jha, M. K. (2014). Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States. *Atmospheric Research*, 137, 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.10.012>
- Shukla, J., & Mintz, Y. (1982). Influence of land-surface evapotranspiration on the earth's climate. *Science*, 215(4539), 1498–1501.
- Zhang, X., Zwiers, F. W., Hegerl, G. C., Lambert, F. H., Gillett, N. P., Solomon, S., Stott, P. A., & Nozawa, T. (2007). Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature*, 448(7152), 461–465. <https://doi.org/10.1038/nature06025>





Raudal de Jirijirimo-Vaupés. Foto: Diana Mora



# Consistencia de las tendencias de largo plazo y el balance hídrico en la Amazonia

Daniela Posada-Gil <sup>1,2</sup> Germán Poveda <sup>1\*</sup>

## Resumen

Se estudió la consistencia de las tendencias de largo plazo en el balance hídrico de 63 sub-cuencas del Río Amazona. Se usaron series de precipitación, evaporación, escorrentía y almacenamiento de agua en el suelo obtenidas a partir de información de sensores remotos y estaciones de caudal. Las series se completaron aplicando una adaptación de la metodología propuesta por Kondrashov & Ghil (2006) para el periodo comprendido entre febrero de 1995 y febrero de 2015. Sobre las series se aplicó la descomposición en modos empíricos para filtrar la variabilidad natural y aislar el residuo que representa la tendencia media de las series. Se aplicaron las pruebas Mann-Kendall y Sen para determinar el signo y la magnitud de las tendencias. No se encontró una tendencia unidireccional generalizada para la cuenca amazónica en ninguna de las variables estudiadas. Se evaluó la consistencia de la ecuación de balance hídrico general en las condiciones de corto plazo y su aproximación al largo plazo, encontrando que en el largo plazo el error en el balance tiende asintóticamente a un valor constante, diferente de cero. Esto indica que en el periodo de 20 años estudiado sí se cumple la condición de largo plazo, pero no cierra el balance. Se estudió la consistencia del balance de las tendencias, encontrando que en el 51%(32) de las cuencas estudiadas los signos de las tendencias presentaron valores que no son consistentes con la ecuación de balance hídrico.

**Palabras clave:** Consistencia, Descomposición en modos empíricos, Tendencias de largo plazo

## Abstract

We study the consistency of long-term trends in the surface water balance of 63 sub-catchments of the Amazon River basin. Monthly time series of precipitation, evaporation, runoff and soil water storage are obtained from remote sensors and flow stations (CHIRPS, ETR-Amazon, ANA-Brazil and JPL-GLDAS). Missing data during the period 1995-2015 are reconstructed applying an adaptation of the methodology proposed by Kondrashov & Ghil (2006). Empirical Mode Decomposition (Huang et al., 1998) is applied to filter out different modes of natural variability, with the aim to isolate the long-term trend of time series. The Mann-Kendall and Sen tests are applied to identify the sign and magnitude of the identified. No generalized unidirectional trends were found for the Amazon basin for any of the variables studied. The consistency of the general water balance equation [ $dS/dt=P(t)-E(t)-R(t)$ ], and its long-term approximation [ $\bar{R} = P - \bar{E}$ ] were evaluated. The long-term the error in the balance equation tends asymptotically to a constant value, different from zero, which indicates that in the period of 20 years studied the long-term condition is fulfilled, but there is no closure for the long-term water balance. The consistency of the surface water balance equation was also studied regarding the signs of the trends, finding that in 32 (51%) of sub-catchments studied the trend signs are not consistent with the water balance equation.

**Keywords:** Consistency, Empirical mode decomposition, Long-term trends

<sup>1</sup> Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

<sup>2</sup> Gotta Ingeniería, Medellín, Colombia

\* dposadag@unal.edu.co, gpoveda@unal.edu.co

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo busca realizar un aporte al entendimiento de los impactos del cambio climático y la deforestación en la cuenca amazónica, mediante el estudio de las tendencias de largo plazo de las diferentes variables del balance, a diferentes escalas espaciales y en las diversas condiciones geográficas que se pueden encontrar en la Amazonia. Principalmente se busca aportar al entendimiento de la relación de las tendencias en las series mensuales de las variables hidrológicas, y del conjunto acoplado en consistencia con la ecuación de balance hídrico.

El conocimiento de la relación entre las diferentes variables del ciclo hidrológico en la cuenca amazónica es fundamental, ya que la Amazonia juega un rol importante en el funcionamiento del clima en la tierra, ya que la Amazonia es uno de los puntos críticos del sistema climático del planeta (Lenton, y otros, 2008). La Amazonia es uno de los tres principales centros de convección cuasi-permanentes dentro de la zona ecuatorial. Regula el clima a nivel regional y global mediante la evapotranspiración (Nobre, Obregón, Marengo, Fu, & Poveda, 2009), enfriando la baja atmósfera y enviando calor latente, que en el verano del hemisferio sur se distribuye a las zonas templadas; y balanceando la fuerte radiación de calor de la superficie (Nobre, Marengo, & Artaxo, 2009). Los cambios en la dinámica de la Amazonia tienen efectos importantes a escala global, por ejemplo, cambios en el uso del suelo de una pequeña porción del territorio Amazónico ocasionaría una reducción en la disponibilidad del recurso hídrico en el continente asiático (Rockström, Steffen, Noone, Persson, & Stuart Chapin III, 2009).

Se han realizado numerosos trabajos que estudian la dinámica hidrológica, climática, biogeoquímica y ecológica de la cuenca amazónica; cada uno de estos estudios revela nuevos descubrimientos sobre el funcionamiento del sistema complejo y las tendencias de largo plazo de las diferentes variables del ciclo hidrológico en la Amazonia (Nobre, Obregón, Marengo, Fu, & Poveda, 2009) (Nobre, Marengo, & Artaxo, 2009). Ejemplos de esfuerzos realizados sobre la porción de la Amazonia ubicada en Brasil son el Experimento de Gran Escala de la Biosfera-Atmósfera en la Amazonia (LBA por sus siglas en inglés; <http://www.lba.cnpm.embrapa.br/>), así como por el programa de investigación AMAZALERT (<http://www.eu-amazalert.org/>), y más recientemente por el Panel Científico por la Amazonia (<https://www.theamazonwewant.org/>). Y aunque la mayoría de la cuenca está ubicada en territorio brasileño, en la porción de la cuenca amazónica localizada en Colombia no se ha hecho ningún esfuerzo de investigación semejante. En el capítulo 27 del último reporte del IPCC se aduce que aún existen muchos vacíos en el conocimiento sobre cómo la región amazónica se ve afectada por el cambio climático, y que se encuentran inconsistencias entre los resultados de los estudios realizados, que hasta ahora han concluido que no existe una tendencia generalizada

unidireccional hacia un estado más seco o más húmedo en la Amazonia; (Marengo, 2004) (Satyamurty, de Castro, Tota, da Silva Gularte, & Manzi, 2010).

En el marco del programa WEB (*Water, Earth, Biota*) del *Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences* (CIRES) de la Universidad de Colorado se identificaron vacíos existentes en el estudio del acoplamiento del ciclo del agua con el sistema terrestre, y la biota. Las conclusiones de dicha discusión se recopilaron en el documento realizado por Gupta (2000) *A Framework for Reassessment of Basic Research and Educational priorities in Hydrologic Science*. Como parte del resultado de este programa se enumeraron varios puntos específicos sobre los cuales se debería priorizar la investigación y los estudios de las ciencias hidrológicas. Este trabajo pretende abordar algunos de esos temas usando el enfoque que se describe a continuación:

**Escalamiento:** El ciclo hidrológico opera a múltiples escalas, uno de los retos a los que se enfrenta la hidrología actualmente es conocer cuáles escalas son importantes al momento de entender un fenómeno hidrológico en particular. Adicionalmente es necesario entender los efectos que tienen a mayores escalas los fenómenos microscópicos, y cómo se manifiestan a escalas menores los efectos de fenómenos a escala planetaria (Gupta, 2000).

**Acoplamiento:** El ciclo hidrológico está ampliamente relacionado con muchos otros procesos terrestres, y a su vez involucra la interacción compleja de procesos individuales que funcionan de acuerdo con fenómenos físicos diferentes, pero que están ampliamente relacionados como es el caso de las variables del ciclo hidrológico (Gupta, 2000).

Particularmente, en la cuenca amazónica son preocupantes los efectos del cambio climático, así como la deforestación y los cambios en los usos del suelo sobre el balance de los ciclos del agua, energía y carbono en la Amazonia (D'Almeida, y otros, 2006) (Yadvinder & Davidson, 2009). Todo este panorama da origen a los interrogantes que serán abordados en este trabajo:

¿Cuál es el efecto que tiene la variabilidad climática natural en cada una de las variables del ciclo hidrológico, y cuál el que se podría asociar con el cambio climático y/o la deforestación? ¿Cómo se manifiestan en el balance hídrico los efectos individuales de las variables del ciclo hidrológico? ¿Qué describe la relación que existe entre los efectos de las tendencias de largo plazo sobre las variables del ciclo hidrológico en la Amazonia a diferentes escalas espaciales?, y si existe, ¿cómo puede usarse dicha relación para profundizar nuestro entendimiento sobre la dinámica del acoplamiento de las diferentes variables del ciclo hidrológico?

Las variables hidrológicas en un volumen de control definido cumplen con las leyes de conservación de masa que dan lugar a la ecuación de balance hídrico. Las variables del balance hídrico han sido sujeto de estudio para la evaluación de tendencias de largo plazo en la Amazonia, sin embargo, la mayor parte de los



estudios evaluaron las tendencias en cada variable por separado. Costa & Foley (1999) reconstruyeron las variables del balance hídrico atmosférico (precipitación, evapotranspiración, escorrentía, entrada y salida de vapor de agua) en la cuenca amazónica a resolución anual para el periodo comprendido entre 1976 y 1996 usando la información del reanálisis NCEP/NCAR, y calcularon para ellas las tendencias de largo plazo, sin encontrar tendencias significativas para la precipitación, la evapotranspiración y la escorrentía, pero encontrando un decrecimiento de la entrada de vapor de agua. Marengo (2009) estudió las tendencias de largo plazo y los ciclos en la precipitación de la cuenca amazónica desde 1920, usando series de índices de precipitación, concluyendo que no se encontraron tendencias de largo plazo unidireccionales en las series hidrometeorológicas. Debortoli et al. (2017) estudiaron la relación de la precipitación con las la cobertura de bosque para una porción del bosque amazónico y el Cerrado de Brasil que incluyen parte del el arco de deforestación. Encontraron para la zona de estudio tendencias negativas en la precipitación en el 60% de las estaciones seleccionadas ubicadas predominantemente en la cuenca del Tocantins, y las tendencias positivas se ubicaron predominantemente en la parte sur de la zona de estudio, sobre el Cerrado de Brasil. Oliveira et al. (2014) estudiaron las tendencias en las variables del balance hídrico, usando información satelital de precipitación (TRMM3B42), evapotranspiración (MOD16) y almacenamiento de agua en el suelo (GRACE). Para la escorrentía usaron la información de caudal de las tres principales cuencas del Cerrado. Encontraron aumentos significativos en la evapotranspiración de alrededor de 51 mm/año en la parte noreste del Cerrado, aumentos en el almacenamiento de agua en el suelo de alrededor de 11 mm/año y una disminución de alrededor de 72 mm/año de la escorrentía.

Entre los estudios citados se resaltan los de Oliveira et al. (2014) y Costa & Foley (1999) que hacen un esfuerzo por considerar el balance de las variables hidrológicas estudiadas. Sin embargo, en ninguno de los dos estudios se llega a conclusiones sobre la consistencia de las tendencias a la luz de las ecuaciones de balance que relacionan las variables estudiadas. Esto puede deberse a que el cierre de las ecuaciones de balance usando información de sensores remotos es todavía un reto debido a la incertidumbre de los datos (Oliveira et al., 2014). En este estudio se propone evaluar la consistencia de las ecuaciones de balance hídrico general y de largo plazo evaluando para el primero el cierre del balance, y para el balance hídrico de largo plazo la consistencia de las tendencias a la luz de la ecuación de balance.

Existe un número considerable de pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas para detectar tendencias de largo plazo en series de tiempo de cualquier naturaleza. Las pruebas paramétricas son potentes, pero requieren que los valores estudiados sigan una distribución normal y sean independientes, mientras que las pruebas no paramétricas en general sólo requieren que los valores sean independientes. Una de las

pruebas no paramétricas más usada para estimar tendencias es la prueba estadística Mann-Kendall (Kendall, 1957), que considera en la hipótesis nula que los datos son independientes y están ordenados aleatoriamente, por lo que no hay tendencia o una estructura de correlación en las observaciones. Esto significa que la hipótesis nula no sólo asevera que no hay tendencias en los datos, sino también que no existe correlación entre ellos. En hidrología frecuentemente es necesario estudiar tendencias de largo plazo en variables autocorrelacionadas en el tiempo. Éste es el caso de las variables analizadas en este estudio. El uso de la prueba para sustentar la existencia de tendencias en las variables puede llevar a malas interpretaciones en los resultados, ya que se puede rechazar la hipótesis nula debido a la existencia de la autocorrelación y no debido a la existencia de una tendencia significativa.

Hirsch, Alexander, & Smith (1991) desarrollaron una modificación a la prueba original, que es conocida como la prueba Mann-Kendall estacional. Esta modificación tiene en cuenta la presencia de un ciclo estacional en la serie, y la divide en un número de clases de acuerdo con la discretización de las fases del ciclo. En esta prueba se calcula el estadístico por separado para cada fase del ciclo y se elimina así el efecto de la correlación debida a la periodicidad en la prueba Mann-Kendall. Este método tiene varias limitaciones. No tiene en cuenta el efecto de la correlación que puede estar presente aún entre mediciones que se encuentran en la misma fase estacional, y la estimación y discretización es subjetiva y limitada a un solo ciclo, cuando es conocido que en las variables hidrológicas la influencia de varios modos de variabilidad, que influyen a diferentes frecuencias y amplitudes se superponen (Hamed & Rao, 1998). En este estudio se usa la modificación para datos autocorrelacionados de la prueba Mann-Kendall desarrollada por Hamed & Rao (1998), que es no paramétrica, apropiada para datos autocorrelacionados y además estima la significancia de acuerdo con la autocorrelación calculada de la serie. Hamed & Rao (1998) comprobaron mediante numerosas simulaciones que la potencia de esta prueba es similar a la de la prueba Mann-Kendall original cuando esta se usa en datos que son independientes. La prueba Mann Kendall estima el signo, pero no la magnitud de la tendencia. Para estimar la magnitud de la tendencia, en este estudio se usó el estadístico  $\beta$  de la regresión lineal estimado sobre la serie con sus modos de variabilidad filtrados, usando el estimador de Sen (1968), que está basado en el coeficiente de correlación de rango Tau, desarrollado por Kendall (1957). Sen (1968) propone un estimador puntual y sus intervalos de confianza, y demuestra que tanto el estimador puntual como sus bandas de confianza son invariantes, no sesgados, válidos para dos variables aun cuando hay un componente aleatorio de error en ellas.

Hirsch et al. (1991) recomiendan no aplicar las dos pruebas estadísticas sobre las series crudas, sino, aplicando un filtro previamente para reducir la variabilidad, ya que la potencia y

eficiencia de cualquier procedimiento para estimar la magnitud de una tendencia aumenta si la variabilidad de los datos se puede reducir. Muchas de las técnicas utilizadas para el filtrado de variabilidad o ruido en señales están fundadas en presuposiciones matemáticas sobre la naturaleza de los datos que no siempre son satisfechas por los datos de naturaleza hidrológica. Por ejemplo, el análisis espectral de Fourier requiere que los datos sean estacionarios y lineales, y basa la descomposición en funciones trigonométricas. Huang et al. (1998) desarrollaron la descomposición en modos empíricos (DME), un método de base adaptativa adecuado para series de tiempo no estacionarias y no lineales, que es ampliamente usado en el análisis de series de tiempo hidroclimáticas, y es el usado en este estudio para remover la variabilidad natural, y encontrar la tendencia media de las series.

## MÉTODOS

Para realizar el análisis de la consistencia de los cambios en las variables del ciclo hidrológico es necesario contar con información de cada una de ellas. Las fuentes principales de información que se usaron en este trabajo como estimaciones de escorrentía superficial (R), precipitación (P), evapotranspiración real (ETR), y agua almacenada en el suelo (dS) para la estimación de su cambio temporal ( $dS/dt$ ) obedecen a mediciones remotas y en tierra de dichas variables. Las series de escorrentía media mensual se calcularon al dividir las series de caudal entre el área de la cuenca. Las series de precipitación, evapotranspiración real y cambio en el almacenamiento se estimaron al calcular el promedio espacial en cada cuenca de los mapas mensuales.

La escorrentía superficial es una variable que rara vez se mide directamente debido a que muchas veces es más fácil y útil medir el caudal, como el efecto acumulativo de la escorrentía superficial en el área de drenaje de una cuenca. En este estudio se usó la información de caudal suministrada por la Agencia Nacional de Aguas del Brasil (ANA) (<https://www.ana.gov.br/>). Aunque la base de datos proporcionada por la ANA contaba con información de muchas más estaciones que las usadas en este estudio, y con largos periodos de registro en algunas estaciones (más de 100 años), se realizó un primer filtro de calidad de información en el que se preseleccionaron las estaciones y periodo de registro de tal forma que en ningún mes hubiese más del 50% de las estaciones con información faltante. Como resultado de la preselección de estaciones se escogieron las 109 estaciones con información mensual en el periodo enero 1979 a diciembre de 2015 (36 años) que se muestran en la Figura 1. Las cuencas aferentes a estas estaciones son el objeto de este estudio.

Como estimación de la precipitación se usó la base de datos del *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station*

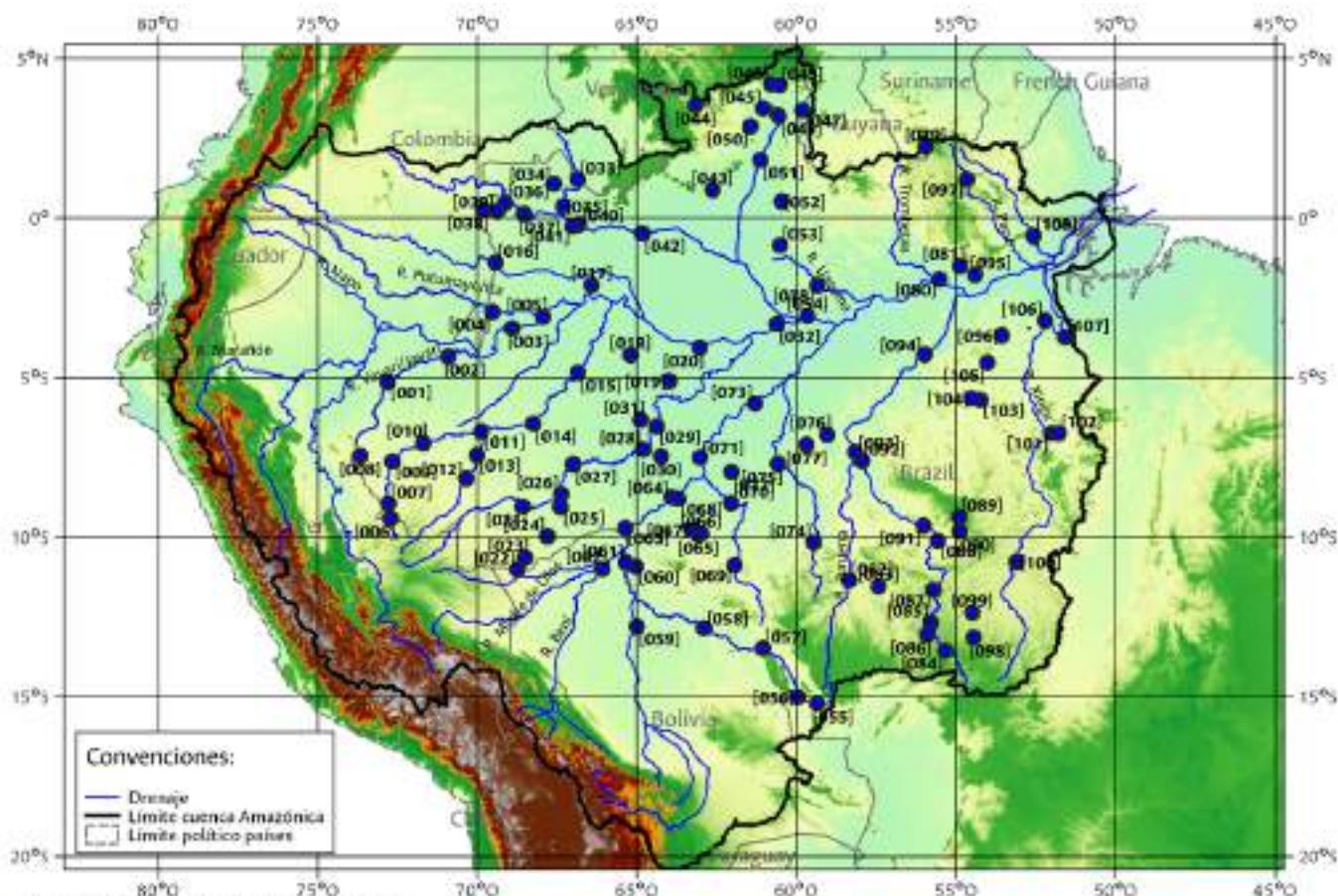
*data* (CHIRPS) desarrollada por Funk et al. (2014) a resolución mensual. Esta información tiene un periodo de registro desde enero de 1981 hasta diciembre de 2017 (37 años) y una resolución espacial de  $0.05^\circ$  (aproximadamente 5km en el Ecuador). El campo medio de largo plazo en la Amazonia se muestra en la Figura 2.

CHIRPS reúne diferentes fuentes de datos para la estimación del campo de precipitación. Inicialmente estima la precipitación infra roja con base en información satelital, mediante la detección de picos de frío en el techo de las nubes. Luego, ésta información asimila datos de las estaciones en tierra y completa los datos faltantes para dar lugar a su producto final (Funk et al., 2014).

La información de evapotranspiración real en la Amazonia que fue usada en este estudio es el producto del trabajo de Paca et al. (2019), a una resolución espacial de  $0.0025^\circ$  (aproximadamente 300m en el Ecuador), en el periodo comprendido entre enero de 2003 y diciembre de 2013. Este producto es resultado de la unión de diferentes productos satelitales de evapotranspiración seleccionados, y de una posterior validación usando torres de medición atmosférica. El valor medio de largo plazo de la evapotranspiración real estimada usando este campo se puede observar en la Figura 3. A pesar de la información faltante en la zona cercana los  $0^\circ$  Norte y  $50^\circ$  Oeste, la base de datos cuenta con información suficiente para el cálculo de la evapotranspiración en todas las cuencas aferentes a las estaciones de caudal.

La base de datos de agua en el suelo seleccionada para este estudio es la de anomalías en el almacenamiento de agua en el suelo (*Land Water Storage Anomalies*) estimadas por JPL Tellus Nivel-3 (*Jet Propulsion Laboratory*) al agregar la información del modelo NOAA del GLDAS (*Global Data Assimilation System*). Esta información se encuentra disponible a una resolución espacial de  $1^\circ$  (aproximadamente 110km en el Ecuador), entre enero de 2001 y diciembre de 2014.

Las estimaciones de anomalías de agua almacenada en el suelo son obtenidas respecto a la media del periodo 2003-2007 y son comparables en resolución espacial y temporal a la lámina de agua equivalente de GRACE. Los almacenamientos que se incluyen en las anomalías son las cantidades de agua presentes en el suelo, la nieve y el follaje de los árboles. Una limitación de la información de GRACE, que calcula directamente las anomalías, es que no es posible diferenciar qué parte de la masa de agua se mueve en superficie, en la atmósfera o al interior del suelo, y es común en trabajos de investigación considerar que, por los tiempos de residencia de la masa de agua de la atmósfera y el agua superficial, que esos cambios medios ocurren por cambios en la masa de agua del suelo. Por esta razón se seleccionó la información de GLDAS, ya que asimila la información de varias fuentes de datos.

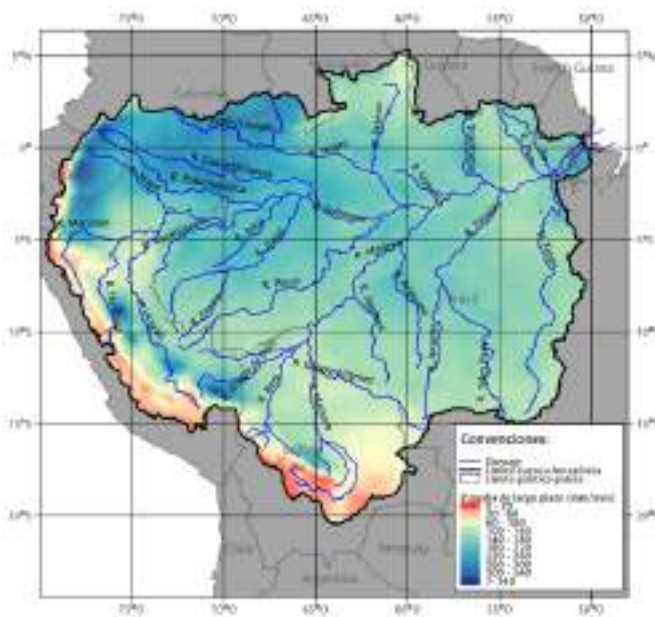


[ID] - Código - Nombre de la estación

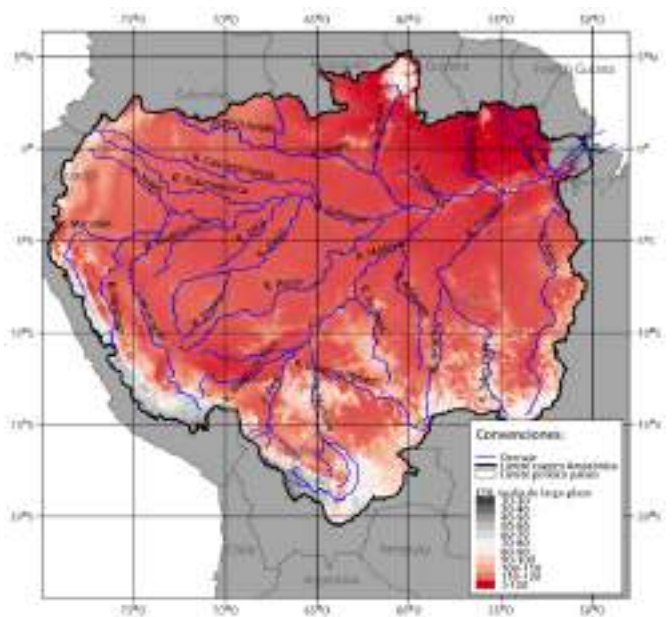
● [001]-1020000-PALMEIRAS DO JAVARI	● [037]-1428000-TARAQUIA	● [074]-1575000-HUMBOLDT
● [002]-1050000-ESTIRAO DO REPOUSO	● [038]-1430000-PARI CACHOEIRA	● [075]-1580000-BOCA DO GUARIBA
● [003]-1140000-SAO PAULO DE OLIVENCA	● [039]-1431000-CUNURI	● [076]-1591000-SANTAREM SUCUNDURI
● [004]-1145000-IPIRANGA VELHO	● [040]-1433000-CURICURIARI	● [077]-1593000-ACARI BR-230
● [005]-1150000-SANTO ANTONIO DO ICA	● [041]-1435000-JUSANTE DA CACHOEIRA DO CAJU	● [078]-1610000-CACHOEIRA MORENA
● [006]-1236000-FOZ DO BREU	● [042]-1442000-SERRINHA	● [079]-1670000-TIRIOS
● [007]-1237000-THAUMATURGO	● [043]-1444000-POSTO AJURICABA	● [080]-1705000-OBIDOS
● [008]-1240000-SERRA DO MOA	● [044]-14488000-UAICAS	● [081]-1709000-BOCA DO INFERNO
● [009]-1250000-CRUZEIRO DO SUL	● [045]-14495000-FAZENDA CAJUPIRANGA	● [082]-17093000-FONTANILHAS
● [010]-1252000-IPXUNA	● [046]-14515000-FAZENDA PASSARAO	● [083]-1712000-PORTO DOS GAUCHOS
● [011]-1255000-ERUNEPE - MONTANTE	● [047]-14526000-BONFIM	● [084]-1720000-PORTO RONCADOR
● [012]-1265000-FEIJÓ	● [048]-14530000-VILA SURUMU	● [085]-1721000-TELES PIRES
● [013]-1268000-ENVIRA	● [049]-14550000-MALOCA DO CONTRAO	● [086]-1723000-FCH CANOA
● [014]-1270000-SANTOS DUMONT	● [050]-14680001-FE E ESPERANCA	● [087]-1728000-CACHOEIRAO
● [015]-1284000-GAVIAO	● [051]-14710000-CARACARA	● [088]-1734000-INDECO
● [016]-12845000-VILA BITTENCOURT	● [052]-14845000-FAZENDA SAO JOSE	● [089]-17345000-BASE DO CACHIMBO
● [017]-12870000-BARREIRINHA	● [053]-14850000-BASE ALALAU	● [090]-17350000-CACHIMBO
● [018]-12880000-ESTIRAO DA SANTA CRUZ	● [054]-15030000-JATUARANA	● [091]-17380000-JUSANTE FOZ PEIXOTO DE AZEVEDO
● [019]-13100000-SERINGAL MOREIRA	● [055]-15050000-PONTES E LACERDA	● [092]-17420000-TRES MARIAS
● [020]-13150000-ITAPEUA	● [056]-15120001-MATO GROSSO	● [093]-17430000-BARRA DO SAO MANUEL
● [021]-13410000-SERINGAL DA CARIDADE	● [057]-15130000-PIMENTEIRAS	● [094]-17730000-ITAITUBA
● [022]-13470000-BRASILEIA	● [058]-15150000-PEDRAS NEGRAS	● [095]-1820000-ARAPARI
● [023]-13550000-XAPURI	● [059]-15242000-PUERTO SILES	● [096]-18250000-URUARA
● [024]-13600002-RIO BRANCO	● [060]-15248010-BOCA DO POMPEU - JUSANTE	● [097]-18280000-APALAI
● [025]-13650000-FLORIANO PEIXOTO	● [061]-15250000-GUAJARA-MIRIM	● [098]-18420000-FAZENDA ITAGUACU
● [026]-13710001-VALPARAISO - MONTANTE	● [062]-15292000-RIBERALTA	● [099]-18423000-CONSUL
● [027]-13750000-SERINGAL FORTALEZA	● [063]-15320000-ABUNA	● [100]-18430000-PASSAGEM BR-080
● [028]-13870000-LABREA	● [064]-15400000-PORTO VELHO	● [101]-18460000-BOA SORTE
● [029]-13880000-CANUTAMA	● [065]-15430000-ARIQUEMES	● [102]-18500000-BOA ESPERANCA
● [030]-13885000-CRISTO	● [066]-15431000-FAZENDA RIO BRANCO	● [103]-18600000-LARANJEIRAS
● [031]-13886000-BACABA	● [067]-15432000-MINERACAO PONTE MASSANGANA	● [104]-18650000-CAJUEIRO
● [032]-14100000-MANACAPURU	● [068]-15550000-SANTA ISABEL	● [105]-18700000-PEDRA DO D
● [033]-14110000-LUCUI	● [069]-15560000-JI-PARANA	● [106]-18850000-ALTAMIRA
● [034]-14230000-MISSAO ICANA	● [070]-15580000-TRAJAJARA	● [107]-18880000-FAZENDA CIPALUBA
● [035]-14250000-SAO FELIPE	● [071]-15630000-HUMAITA	● [108]-19100000-IRATAPURU
● [036]-14260000-IARACU	● [072]-15650000-MALOCA TENHARIM	● [109]-19150000-SAO FRANCISCO
	● [073]-15700000-MANKORE	

Figura 1. Estaciones de caudal (ANA, 2014). Flow stations (ANA, 2014)

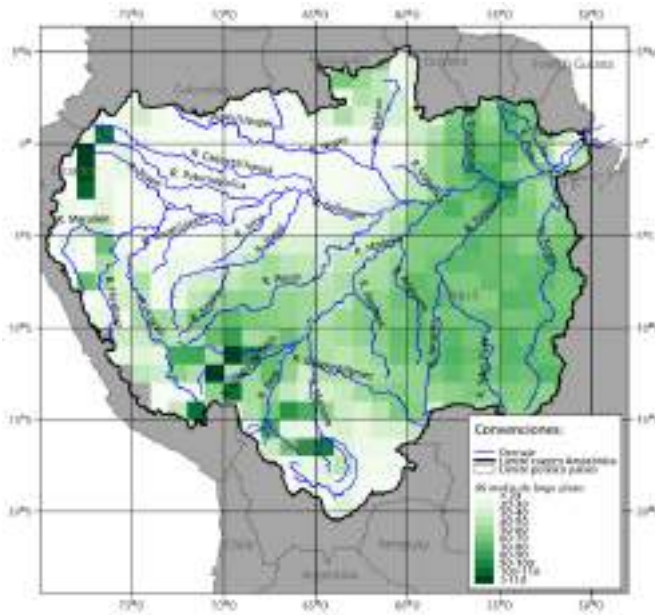




**Figura 2.** Precipitación media de largo plazo de CHIRPS (Funk et al., 2014). Precipitation average calculated with CHIRPS (Funk et al., 2014)

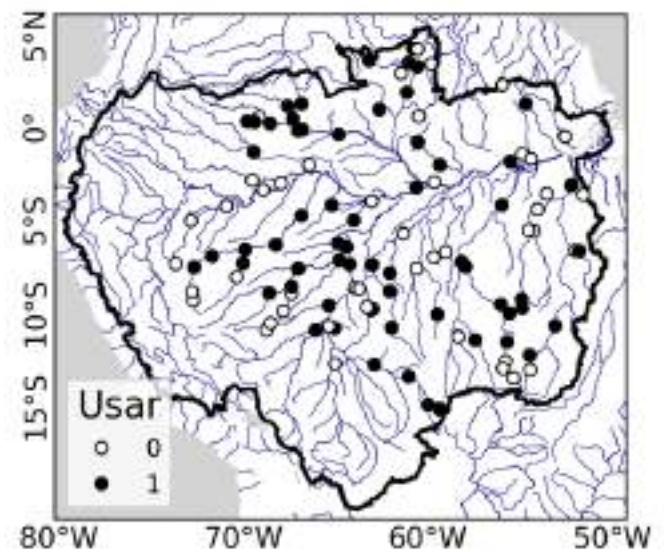


**Figura 3.** Evapotranspiración real media de largo plazo (Paca et al., 2019).



**Figura 4.** Anomalías en el agua almacenada en el suelo en el largo plazo (Rodell et al., 2004). Average Soil Water Storage Variation (Rodell et al., 2004)

Como se explicó anteriormente, las anomalías en el almacenamiento representan la cantidad de agua almacenada en el suelo en un mes menos la cantidad almacenada en el periodo 2003 – 2007. La cantidad total de agua almacenada en el suelo se podría obtener si existiera una estimación del almacenamiento medio en dicho periodo, sin embargo, no es posible conocer dicha cantidad. Esto no representa un inconveniente para este



**Figura 5.** Sitios de cierre de la ecuación de balance hídrico para las distintas sub-cuencas estudiadas.

estudio puesto que para verificar la consistencia de la ecuación de balance hídrico es necesario conocer el cambio en el almacenamiento, que se calculó como la derivada de la serie de anomalías en el almacenamiento usando la ecuación [1].

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_i = \frac{dS_{i+1} - dS_i}{t_{i+1} - t_i} \quad [1]$$

Las series de tiempo fueron reconstruidas para lograr un periodo de información sin faltantes desde 1995 hasta 2015. La ausencia de información faltante es necesaria para la aplicación de la metodología de filtrado de variabilidad natural para la detección de tendencias de largo plazo. Para la reconstrucción se usó la metodología presentada por Kondrashov & Ghil (2006). Luego de validar la bondad de la reconstrucción se seleccionaron 64 cuencas con resultados de reconstrucción favorables, cuyos sitios de cierre que se muestran en la Figura 5.

La descomposición en modos empíricos (DME) es una técnica desarrollada por Huang et al. (1998) que busca encontrar las funciones de modo intrínsecas (FMI) dentro de las series de tiempo, como funciones de frecuencia con el fin de calcular en ellas el espectro de Hilbert. Una FMI representa un modo de oscilación que está embebido en los datos. Es una función que satisface dos condiciones: (1) el número de extremos y el número de cruces por cero debe ser igual o diferir a lo sumo por uno; y (2) la línea media entre las dos envolventes, formadas al unir los puntos de inflexión máximos y los mínimos es la recta igual a cero en cualquier punto. Una FMI no está restringida a una

sola amplitud o frecuencia, es decir, puede ser una función con amplitud y frecuencia modulada.

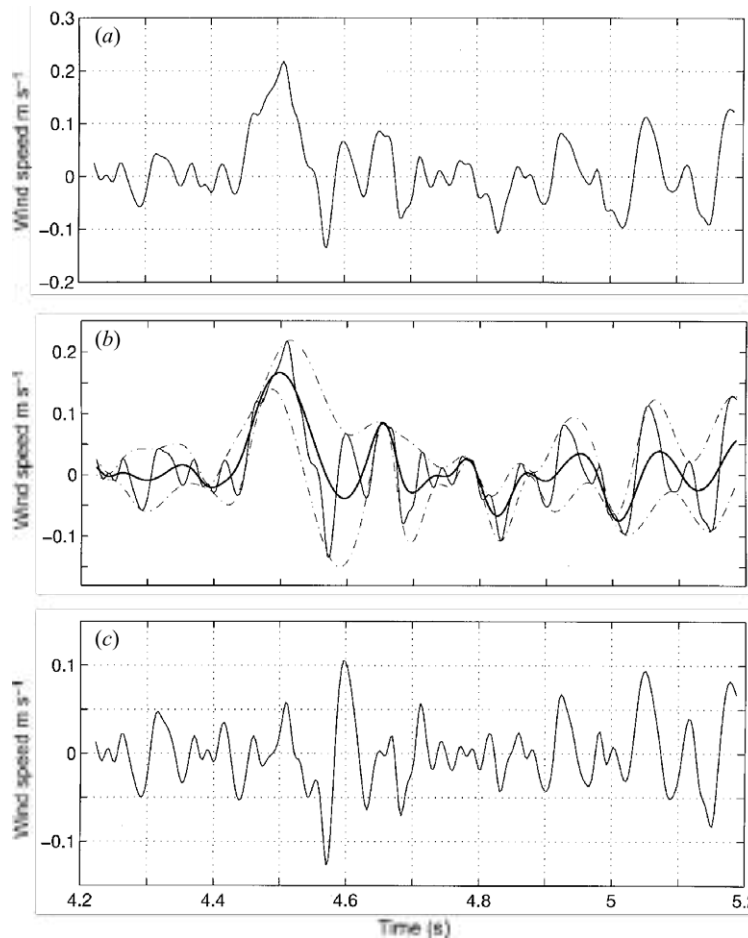
Como una serie natural  $X(t) = x_1, x_2, \dots, x_n$  tiene embebidas una cantidad finita de FMI, el proceso iterativo empírico para encontrarlas es la DME. Para encontrar una FMI se sigue el siguiente procedimiento:

Paso 1: calcular las envolventes de los máximos y mínimos como splines cúbicos que conectan los máximos y mínimos locales de la serie, respectivamente. Paso 2: Calcular la línea media entre las 2 envolventes  $m_0$  (ver Figura 6 a y b). Paso 3: Calcular la primera iteración  $h_1$  al restarle  $m_0$  a la serie  $X(t)$  (ver ecuación [2]). Paso 4: Repetir los pasos 1, 2 y 3 nuevamente sobre  $h_1$ , para calcular  $h_2$  (ver ecuación [3]) y repetir  $k$  veces hasta que  $h_k$  cumpla las 2 condiciones para ser considerada una FMI (ver ecuación [4]).

$$X(t) - m_0 = h_1 \quad [2]$$

$$h_1 - m_1 = h_2 \quad [16]$$

$$h_{k-1} - m_{k-1} = h_k = FMI_1 \quad [17]$$



**Figura 6.** Proceso iterativo para el cálculo de la primera FMI. Tomado de Huang et al. (1998). Iterative process for calculating Intrinsic Mode Functions. Taken from Huang et al. (1998)

El cálculo de cada FMI es un proceso iterativo que requiere un criterio de parada. Huang et al. (1998) proponen parar cuando la desviación estándar entre dos iteraciones consecutivas  $SD$  (ver ecuación [5]) alcance un valor definido previamente, que ellos proponen que esté entre 0.2 y 0.3.

$$SD = \sum_{t=0}^T \left[ \frac{|h_{k-1}(t) - h_k(t)|^2}{h_{k-1}(t)^2} \right] \quad [5]$$

La primera función de modo intrínseca  $FMI_1$  es el modo de oscilación de menor escala de tiempo, o de periodo más corto. El primer residuo  $r_1$  resulta de filtrar (restar) de la serie original a  $FMI_1$  (ver ecuación [6]). Este procedimiento remueve la variabilidad asociada al primer modo de oscilación, pero  $r_1$  aún contiene información de la variabilidad a escalas mayores de tiempo. Luego de aplicar el procedimiento iterativo descrito anteriormente sobre  $r_1$  se encuentran las sucesivas  $FMI_2, \dots, FMI_n$ , y los sucesivos residuos  $r_2, \dots, r_n$ , hasta que el último residuo  $r_n$  es una función monótonica de la que ya no se pueden extraer más FMI. Aun cuando la media de la serie original sea igual a cero es posible que el residuo  $r_n$  no sea igual a cero, sin embargo, en las series con tendencia el residuo final es la tendencia media de la serie, puesto que las  $FMI_n$  filtradas están centradas en cero por definición, y la serie original es la suma de todas las  $FMI_n$  y el residuo final  $r_n$  (ver ecuación [7] y Figura 32).

$$X(t) - FMI_1 = r_1 \quad [6]$$

$$X(t) = \left( \sum_{i=1}^n FMI_i \right) + r_n \quad [7]$$

La descomposición sirve entonces para separar el residuo de la variabilidad natural, que representa la tendencia de la media, y tener una serie filtrada sobre la cuál aplicar la prueba de tendencia.

Para calcular la prueba de tendencia no paramétrica original, desarrollada por Kendall (1957), para 2 conjuntos de observaciones  $X = x_1, x_2, \dots, x_n$  y  $Y = y_1, y_2, \dots, y_n$  se calcula el estadístico  $S$  como se muestra en la ecuación [8]: Donde  $a_{ij}$  se calcula como se muestra en la ecuación [9] y  $b_{ij}$  de manera similar para las observaciones en  $Y$ :

$$S = \sum_{i < j} a_{ij} b_{ij} \quad [8]$$

$$a_{ij} = \text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & x_j < x_i \\ 0 & x_j = x_i \\ -1 & x_j > x_i \end{cases} \quad [9]$$

Bajo la hipótesis nula de que  $X$  y  $Y$  son independientes y están ordenados aleatoriamente, condición que no se cumple para las variables analizadas este estudio, el estadístico tiende a la normalidad para tamaños de muestra grandes, con media y varianza dadas por las ecuaciones [10] y [11].

$$E(S) = 0 \quad [10]$$

$$\text{var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18 \quad [11]$$

Si se considera que el conjunto de observaciones  $Y$  es el tiempo en que fueron tomadas las observaciones  $X$ , la expresión para calcular el estadístico se reduce a lo que se muestra en la ecuación [12], con la misma media y varianza que se muestra

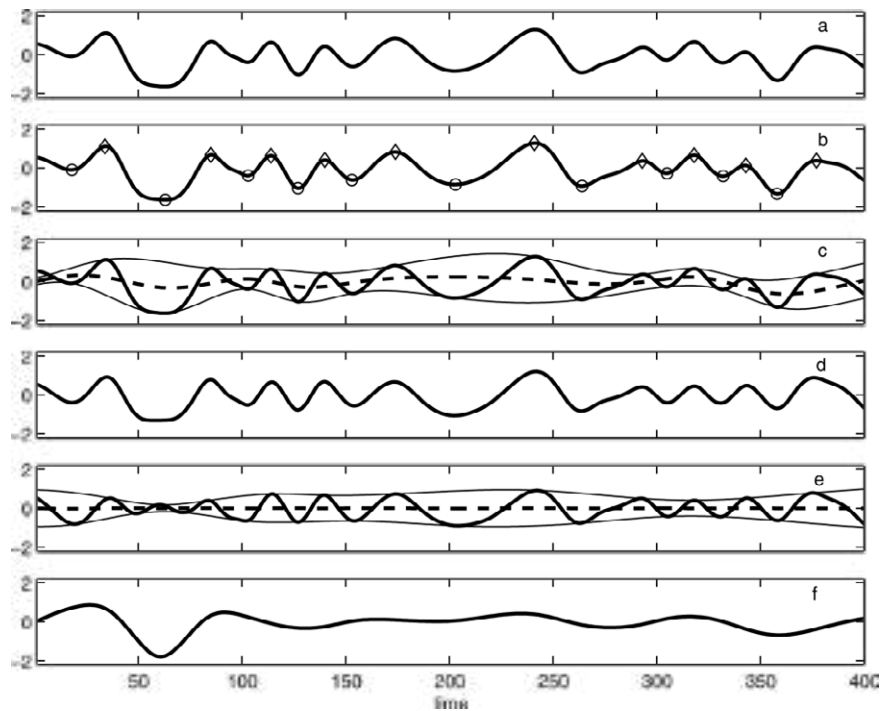


Figura 7. Ejemplo de DME en una serie (a), con las  $FMI_1$  a  $FMI_6$  (b,c,d,e,f y g) y  $r_n$  (h). Tomado de Huang & Wu (2008).



en las ecuaciones [10] y [11] y la prueba puede usarse como una prueba de tendencia.

$$S = \sum_{i < j} a_{ij} \quad [12]$$

La significancia de las tendencias se pone a prueba al comparar el estadístico  $S$ , que resulta de estandarizar  $S$ , como se muestra en la ecuación [13], con la variable normal estándar al nivel de significancia deseado.

$$Z = S / [\text{var}(S)]^{0.5} \quad [13]$$

Como se discutió anteriormente, la suposición de la que se deriva el cálculo de la media y varianza de no es válida para las variables analizadas en este estudio. Hamed & Rao (1998) abordaron la prueba desarrollada por Kendall (1957) desde un enfoque diferente, que corrige el efecto de la autocorrelación en el cálculo de la varianza. Para abordar el enfoque que considera la autocorrelación, Hamed & Rao (1998) reescriben la expresión usada para calcular  $\text{var}(S)$  en términos de  $a_{ij}$ , como se muestra en la ecuación [14], donde  $E(a_{ij}a_{kl})$  se calcula como se muestra en la ecuación [15], y  $r_{ijkl}$  se calcula como se muestra en la ecuación [16].

$$\text{var}(S) = E(S^2) = E\left(\sum_{i < j, k < l} E(a_{ij}a_{kl})\right) \quad [8]$$

$$E(a_{ij}a_{kl}) = \frac{2}{\pi} \text{sen}^{-1}(r_{ijkl}) \quad [9]$$

$$r_{ijkl} = \frac{\rho(j-l) - \rho(i-l) - \rho(j-k) + \rho(i-k)}{2\sqrt{[1 - \rho(j-i)][1 - \rho(l-k)]}} \quad [10]$$

Hamed & Rao (1998) proponen una aproximación a la ecuación [14] en la que se usa un factor de corrección del tamaño de muestra  $n$ , por el efecto de la autocorrelación. La expresión que calcula la varianza aproximada se presenta en la ecuación [17], donde la corrección  $(n/n_s^*)$  se calcula como se muestra en la ecuación [18], en la que  $\rho_s(i)$  es la función de autocorrelación de los rangos de las observaciones.

$$V^*(S) = \text{var}(S) \frac{n}{n_s^*} = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \left(\frac{n}{n_s^*}\right) \quad [17]$$

$$\left(\frac{n}{n_s^*}\right) = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(n-i-1)(n-i-2)\rho_s(i) \quad [18]$$

De acuerdo con los resultados obtenidos por Hamed & Rao (1998) la aproximación es más potente cuanto más grande es el tamaño de muestra  $n$ . El resultado de la prueba y su significancia se determina usando esta varianza modificada en el cálculo del estadístico de la prueba estandarizado, reemplazando la ecuación [17] en la ecuación [13].

Sen (1968) presentó un estimador no sesgado del coeficiente  $\beta$  de la regresión lineal, basado en el coeficiente de correlación

de Kendall. Este coeficiente sirve como estimador de la magnitud de la tendencia media de una serie de tiempo cuando se toma como variable de la regresión el tiempo. Supóngase que se tiene un conjunto de observaciones  $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ , tomadas en tiempos  $Y = y_1, y_2, \dots, y_n$ . Si es el número de tiempos diferentes para los que se tomaron las observaciones  $(t_i \neq t_j)$ , el estimador de  $\beta$  es la mediana de las pendientes entre cada par de datos correspondientes a tiempos diferentes y se calcula como se muestra en las ecuaciones [19] y [20].

$$b_i = \left(\frac{x_j - x_i}{y_j - y_i}\right) \quad 1 \leq i < j \leq n \quad [19]$$

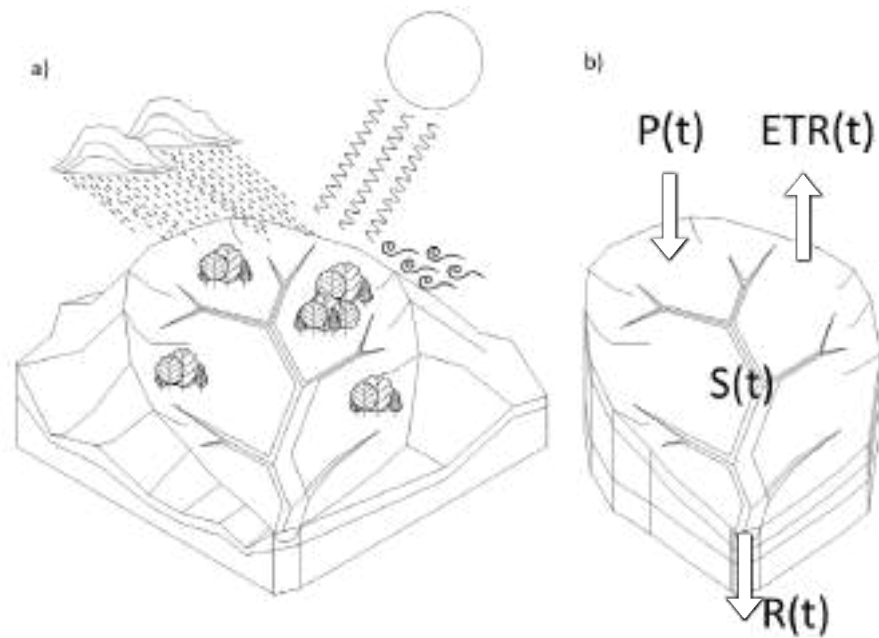
$$\beta = \begin{cases} b_{m+1} & , m = \frac{N-1}{2} \\ \frac{1}{2}(b_m + b_{m+1}) & , m = \frac{N}{2} \end{cases} \quad [20]$$

Una vez calculadas las tendencias, para evaluar la consistencia con el balance hídrico consideremos una cuenca como la que se presenta en la Figura 8 (a) hasta un punto de cierre ubicado en el cauce principal, como es natural con sus límites definidos por la línea divisoria de aguas. La cuenca interactúa con la atmósfera recibiendo y entregando agua que es transportada por el viento en forma de vapor de agua. Parte del agua llega a la cuenca en forma de nubes de las que se precipita en forma de lluvia. Parte del agua de la cuenca se evapora usando la energía de la radiación que recibe del sol, la energía cinética del viento y la actividad vegetal de las plantas que tiene en su superficie que toman del agua que está almacenada en el suelo para sobrevivir.

Supongamos que podemos aislar el volumen de control comprendido entre la superficie del suelo de la cuenca y la roca impermeable, y delimitarlo haciendo una prolongación vertical de las divisorias de aguas. Este volumen de control que representa el suelo de la cuenca de manera aislada se muestra en la Figura 8 (b), donde  $S(t)$  es el volumen de agua almacenada en el volumen de control por unidad de área.  $S(t)$  comprende tanto el agua almacenada en el suelo, como el agua que se encuentra en la superficie en un determinado intervalo de tiempo, y los intercambios de agua descritos anteriormente están representados por las flechas, que indican el ingreso de agua al volumen de control por cuenta de la precipitación  $P(t)$ , y la salida por cuenta de la evapotranspiración  $ETR(t)$  y la escorrentía a la salida de la cuenca  $R(t)$ .

Se debe considerar la siguiente hipótesis sobre la definición del volumen de control de la que se deriva la ecuación [21] del balance hídrico. El volumen de control definido en la Figura 8 (b) no tiene intercambio de agua a nivel subterráneo. Es posible que esta consideración no se cumpla para cuencas de gran tamaño como las consideradas en este estudio, en las que las discontinuidades de la roca en los bordes de la cuenca pueden estar orientadas de tal forma que haya flujos a través de las superficies definidas por la prolongación vertical de la divisoria de aguas.

$$\frac{dS(t)}{dt} = P(t) - ETR(t) - R(t) \quad [21]$$



**Figura 8.** Volumen de control definido en la cuenca hidrográfica para la aplicación de la ecuación de balance hídrico.

Consideremos la ecuación [21] de balance hídrico. Dicha ecuación puede integrarse en un intervalo de tiempo igual a  $y$  se puede multiplicar a ambos lados por  $T$ , lo que hace que pueda ser escrita como la ecuación [22].

$$\frac{1}{T} \int_0^T \frac{dS(t)}{dt} dt = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt - \frac{1}{T} \int_0^T ETR(t) dt - \frac{1}{T} \int_0^T R(t) dt$$

$$\frac{[S(T) - S(0)]}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt - \frac{1}{T} \int_0^T ETR(t) dt - \frac{1}{T} \int_0^T R(t) dt \quad [22]$$

si  $T \rightarrow \infty$

$$0 = \bar{P} - \overline{ETR} - \bar{R} \quad [23]$$

Cuando la expresión [22] se evalúa en un lapso de tiempo muy largo, es decir  $T \rightarrow \infty$ , el término de la parte izquierda de la ecuación tiende a cero y la expresión se transforma en la ecuación [23] de balance hídrico de largo plazo.

Existe un tamaño crítico para el intervalo de tiempo  $T$  que separa la condición de largo plazo del balance hídrico general. Se evaluará si el periodo de 20 años considerado en este estudio es suficiente para considerar que se cumple el largo plazo evaluando el lado derecho (expresión [24]) y el lado izquierdo (expresión [25]) para aumentos progresivos de  $T$ , y verificando que en el corto plazo los valores sean iguales, pero además que al final ambos tiendan a cero de manera asintótica.

$$\frac{[S(T) - S(0)]}{T} \quad [24]$$

$$\frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt - \frac{1}{T} \int_0^T ETR(t) dt - \frac{1}{T} \int_0^T R(t) dt \quad [25]$$

Se cuenta en este estudio con información reconstruida de cada una de las variables de la ecuación [22] de balance hídrico, para los 20 años de periodo de registro comprendidos entre febrero de 1995 y febrero de 2015. La longitud de las series reconstruidas se considera suficiente para que las aproximaciones de las que se deriva esa ecuación sean válidas.

Se evaluó en este estudio la consistencia de la ecuación [23] calculando el error de cierre en el balance hídrico de largo plazo como la magnitud de la resta  $\bar{P} - \overline{ETR} - \bar{R}$ . Para esto se usaron los valores medios de las variables en el periodo de tiempo de estudio.

También se consideró que las medias de las variables del balance hídrico ( $\bar{P}$ ,  $\overline{ETR}$  y  $\bar{R}$ ) cambian en el tiempo. Para esto, se tomó como base la suposición de que, aunque no se conocen, existen valores medios de largo plazo estimados ( $\bar{P}_0$ ,  $\overline{ETR}_0$  y  $\bar{R}_0$ ) para un periodo lo suficientemente largo, justo antes de iniciar el periodo de tiempo que se considera en este estudio ( $\Delta T$ ), de tal forma que dichos valores cumplen el balance de masa estimado para el largo plazo planteado en la ecuación [23]. Al final del periodo de tiempo se puede escribir la ecuación [23] como se muestra en la ecuación [26], donde  $\Delta \bar{P} / \Delta T$ ,  $\Delta \overline{ETR} / \Delta T$  y  $\Delta \bar{R} / \Delta T$ , y son las tendencias o cambios de la media para el periodo de tiempo  $\Delta T$ .

$$0 = \left( \bar{P}_0 + \frac{\Delta \bar{P}}{\Delta T} \Delta T \right) - \left( \overline{ETR}_0 + \frac{\Delta \overline{ETR}}{\Delta T} \Delta T \right) - \left( \bar{R}_0 + \frac{\Delta \bar{R}}{\Delta T} \Delta T \right) \quad [26]$$

reescribiendo la ecuación [26] se tiene que:

$$0 = (\bar{P}_0 - \overline{ETR}_0 - \bar{R}_0) + \Delta T \left( \frac{\Delta \bar{P}}{\Delta T} - \frac{\Delta \overline{ETR}}{\Delta T} - \frac{\Delta \bar{R}}{\Delta T} \right)$$

y de la ecuación [26] obtenemos que:

$$0 = \frac{\Delta \bar{P}}{\Delta T} - \frac{\Delta \overline{ETR}}{\Delta T} - \frac{\Delta \bar{R}}{\Delta T} \quad [27]$$

La ecuación [27] es la de balance hídrico de largo plazo para las tendencias medias de las variables. Inicialmente se verificó que los signos de las tendencias de largo plazo, estimados mediante la prueba Mann-Kendall tuvieran consistencia. La evaluación de la consistencia de los signos del balance verifica que, para los signos de las tendencias (positivas, negativas o cero) existan magnitudes tales que la igualdad propuesta en la ecuación [27] se cumpla.

Se evaluó la consistencia en las tendencias del balance hídrico a la luz de la ecuación [27]. Se evaluó inicialmente sólo la consistencia en los signos de las tendencias calculados con la prueba Mann-Kendall, para saber si los resultados de la prueba son consistentes para las cuencas seleccionadas.

Para que la ecuación [27] se cumpla debe cumplirse una de las condiciones lógicas que se muestra en la ecuación [28], donde la función signo (*sgn*) es la que se definió en la ecuación [3]. Esto es que si el signo de  $\Delta\bar{P}/\Delta T$  es positivo, entonces alguno de los signos de  $\Delta\overline{ETR}/\Delta T$  o  $\Delta\bar{R}/\Delta T$  también debe ser positivo. Si el signo  $\Delta\bar{P}/\Delta T$  de es negativo, entonces la suma de los signos de  $\Delta\overline{ETR}/\Delta T$  y  $\Delta\bar{R}/\Delta T$  debe ser cero. Y si el signo de  $\Delta\bar{P}/\Delta T$  es negativo, entonces alguno de los signos de  $\Delta\overline{ETR}/\Delta T$  o  $\Delta\bar{R}/\Delta T$  también debe ser negativo.

$$0 = \frac{\Delta\bar{P}}{\Delta T} - \frac{\Delta\overline{ETR}}{\Delta T} - \frac{\Delta\bar{R}}{\Delta T} \text{ si y sólo si } \begin{cases} \text{sgn}\left(\frac{\Delta\bar{P}}{\Delta T}\right) = 1 \wedge \left(\text{sgn}\left(\frac{\Delta\overline{ETR}}{\Delta T}\right) = 1 \vee \text{sgn}\left(\frac{\Delta\bar{R}}{\Delta T}\right) = 1\right) \\ \text{sgn}\left(\frac{\Delta\bar{P}}{\Delta T}\right) = 0 \wedge \left(\text{sgn}\left(\frac{\Delta\overline{ETR}}{\Delta T}\right) + \text{sgn}\left(\frac{\Delta\bar{R}}{\Delta T}\right) = 0\right) \\ \text{sgn}\left(\frac{\Delta\bar{P}}{\Delta T}\right) < 0 \wedge \left(\text{sgn}\left(\frac{\Delta\overline{ETR}}{\Delta T}\right) = -1 \vee \text{sgn}\left(\frac{\Delta\bar{R}}{\Delta T}\right) = -1\right) \end{cases} \quad [28]$$

## RESULTADOS

Se calcularon las FMI para las series de las variables hidrológicas en las cuencas seleccionadas para este estudio. Para las FMI de los residuos se evaluó la existencia de tendencias significativas y en los casos en que resultaron tendencias se calculó la magnitud.

La descomposición en modos empíricos separa los modos de oscilación de la serie original de la tendencia media. En la Figura 9 se muestran las series originales, los modos de oscilación y el residuo de las variables del ciclo hidrológico para la cuenca afe-rente a la estación Ipixuna que está ubicada sobre el río Jurua.

Se puede observar que el residuo representa adecuadamente la tendencia media de la serie, y que la DME logra filtrar la variabilidad natural de la serie. Se espera que la aplicación de la DME aumente la potencia de la prueba estadística Mann-Kendall.

En cada cuenca y variable hidrológica se calculó la prueba estadística de tendencia Mann-Kendall aplicada sobre el residuo de largo plazo, que se muestra en la Figura 9 como una línea roja en el gráfico superior, para determinar si existía sobre él una tendencia significativa creciente o decreciente.

En la Figura 10 se muestra la distribución de los valores de tendencias obtenidos para cada variable hidrológica. Todas las variables presentan con una alta frecuencia tendencias no significativas o iguales a cero. En el caso de las tendencias significativas (diferentes de cero) las mayores frecuencias se presentan en las tendencias positivas, para todas las variables.

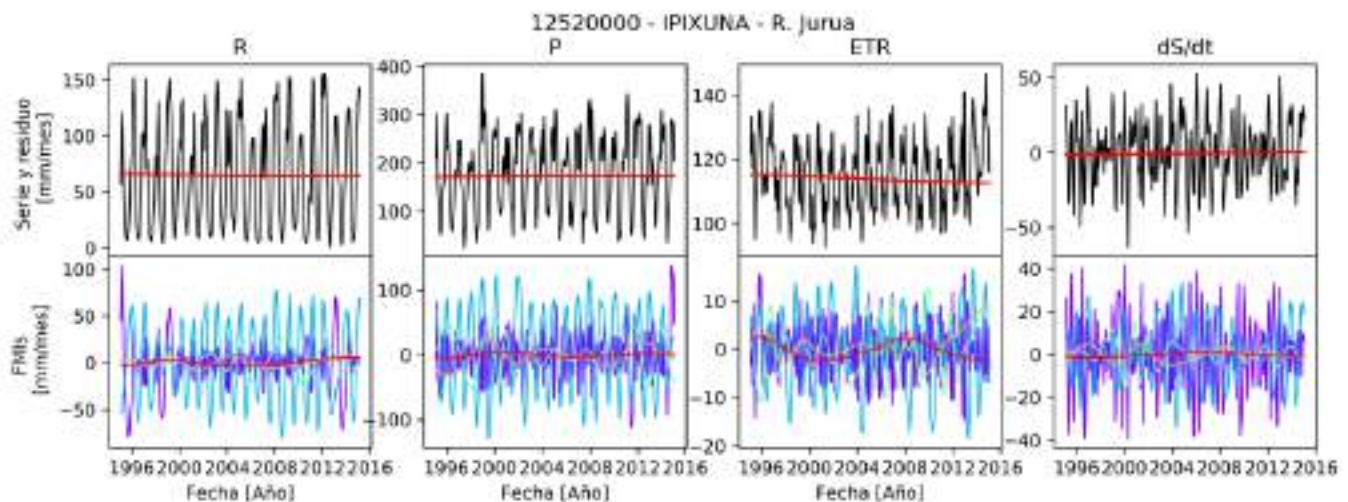


Figura 9. Descomposición en modos empíricos en la cuenca afe-rente a la estación Ipixuna.

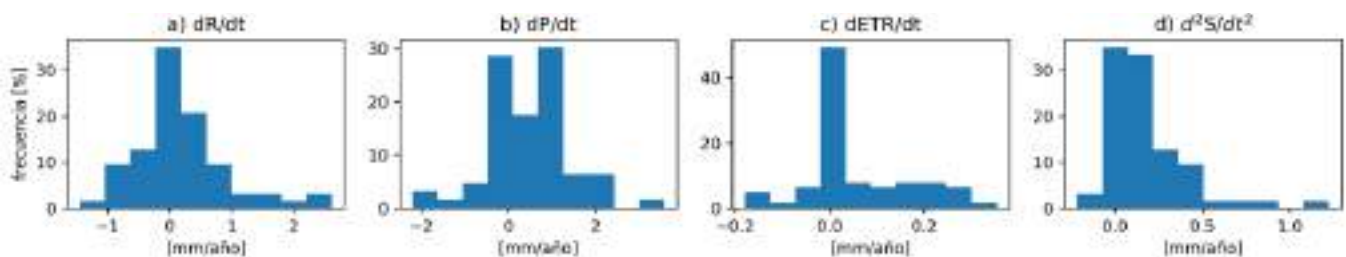


Figura 10 Histogramas de las tendencias de largo plazo. Histogram of the Long-Term Trends

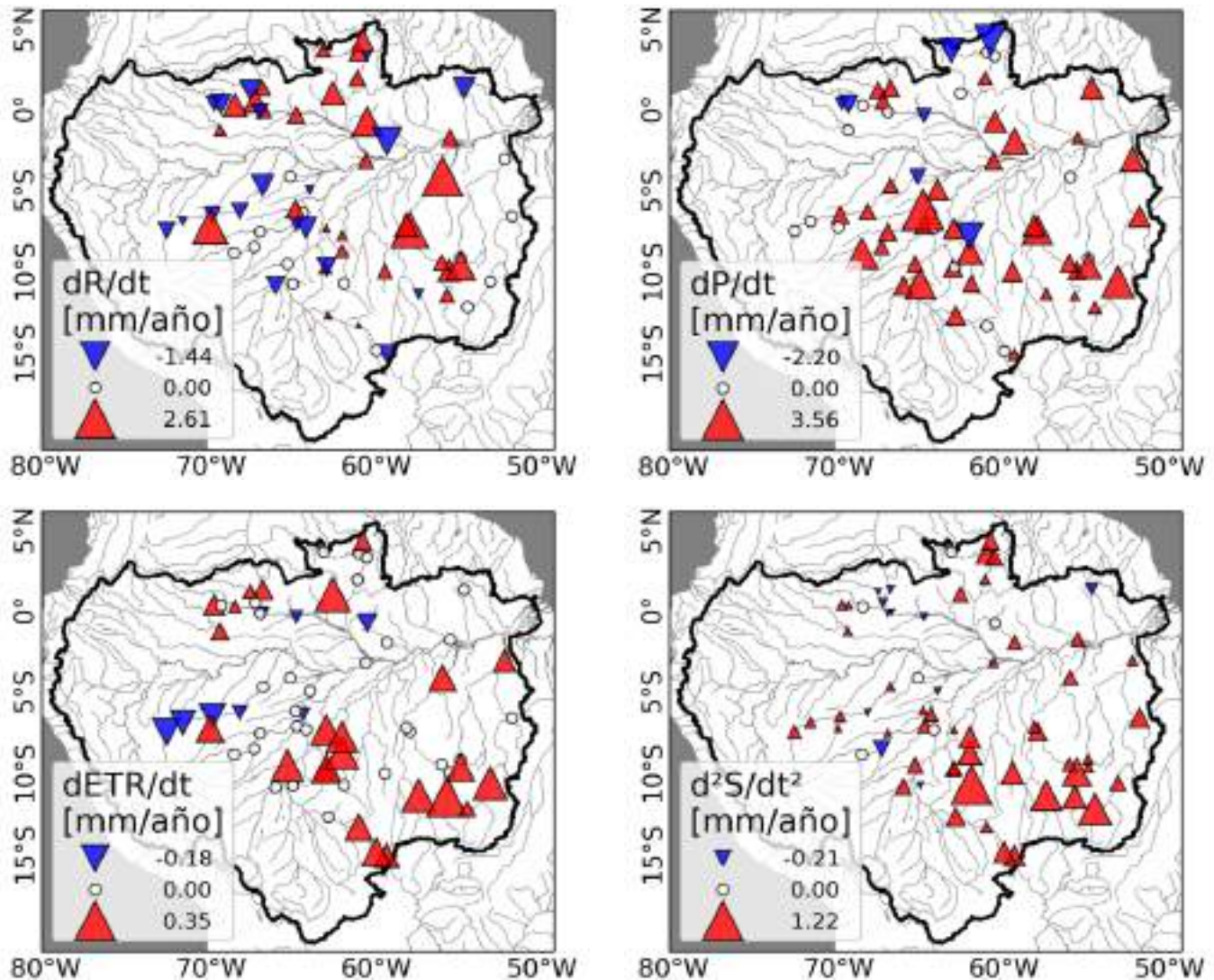


En la Figura 11 se muestran los mapas de tendencias de largo plazo. La existencia de las tendencias se verificó usando la prueba Mann–Kendall, y las magnitudes de las tendencias significativas fueron calculadas usando la prueba Sen sobre el residuo de las series de variables hidrológicas en los puntos de cierre de las cuencas estudiadas.

Se confirmó en este estudio lo concluido por los anteriores autores sobre la falta de homogeneidad de las tendencias encontradas en las variables hidrológicas. No existe unanimidad en el signo de las tendencias encontradas en ninguna de las variables en la cuenca amazónica (Costa & Foley, 1999; Debortoli et al., 2017; Marengo, 2009; Oliveira et al., 2014).

Se encontraron en toda la cuenca tendencias crecientes, decrecientes y no significativas para la escorrentía (ver Figura 11). A continuación, se analizan los resultados de las tendencias de la escorrentía para las corrientes principales de la cuenca amazónica.

En ninguna subcuenca del río Xingu se obtuvieron tendencias significativas en la escorrentía. En las subcuencas del río Tapajós las tendencias en la escorrentía fueron en su gran mayoría crecientes. En todas las subcuencas del río Juruá se encontraron tendencias decrecientes en la escorrentía. En los ríos Branco y Negro, que se unen antes de llegar al río Amazonas la mayoría de las tendencias en la escorrentía fueron crecientes. En las subcuencas del río Madeira y Purus el comportamiento de las tendencias no fue homogéneo, y se presentaron tendencias de todos los signos sin seguir un patrón espacial aparente. En las cuencas de las estaciones sobre el río Amazonas se encontraron tendencias crecientes en la escorrentía. Los resultados obtenidos para la escorrentía se compararon con los resultados obtenidos para el caudal en Posada-Gil & Poveda (2015) encontrando coincidencia de las tendencias crecientes detectadas en las cuencas de los ríos Branco y Negro, y las decrecientes en las cuencas del río Juruá.



**Figura 11** Tendencias de largo plazo [mm/año] en las variables del balance hídrico en las cuencas de estudio. Los triángulos rojos muestran las tendencias crecientes, y los azules las decrecientes en la escala de tamaños que se muestra en la leyenda. Las tendencias no significativas se muestran como círculos de relleno blanco.

Para el caso de la precipitación también se encontraron en todas las cuencas tendencias crecientes, decrecientes y no significativas (ver Figura 11). A continuación, se analizan los resultados para las cuencas de las corrientes principales. En las subcuencas del río Xingu se obtuvieron tendencias positivas de la precipitación. También en las subcuencas del río Tapajós las tendencias de la precipitación fueron crecientes. En las subcuencas del río Madeira se encontraron principalmente tendencias crecientes en la precipitación. En las subcuencas del río Purus la mayoría de las tendencias de la precipitación fueron crecientes. En las cuencas de la parte alta del río Juruá no se encontraron tendencias significativas, mientras que en la parte baja se encontraron tendencias crecientes. En las cuencas de las estaciones sobre el río Amazonas se encontraron tendencias crecientes en la precipitación.

La evapotranspiración presentó en su mayoría tendencias no significativas (ver Figura 11). Un análisis para las cuencas de las principales corrientes se hace a continuación. En las subcuencas sobre el río Xingu para esta variable se presentaron sólo tendencias crecientes y no significativas. En las subcuencas del río Tapajós también se presentaron sólo tendencias crecientes y no significativas en la evapotranspiración, al igual que en las subcuencas del río Madeira. En las subcuencas del río Purus la gran mayoría de las tendencias de esta variable fueron no significativas. Mientras que en las subcuencas del río Juruá la mayoría fueron decrecientes. En las cuencas de los ríos Negro y Branco, que se unen antes de desembocar al río Amazonas se presentaron tendencias en la evapotranspiración de todo tipo que no obedecen a un patrón espacial aparente. Las subcuencas de las estaciones ubicadas sobre la corriente principal del río Amazonas no tuvieron en tendencias significativas.

Las anomalías en el almacenamiento de agua presentaron tendencias de los tres tipos (positivas, negativas y no significativas) (ver Figura 11). Un análisis de los resultados para las cuencas de las principales corrientes se presenta a continuación. Para el río Xingu se presentaron tendencias crecientes en el almacenamiento, al igual que para los ríos Tapajós y Madeira. En el Río Purus no se identificó un comportamiento uniforme de las tendencias de esta variable. En el río Juruá Las tendencias del almacenamiento fueron positivas. El río Negro presentó tendencias negativas y el Branco positivas en su mayoría. Las tendencias en el almacenamiento en las subcuencas de las estaciones de la corriente principal del río Amazonas fueron positivas.

Se analizaron las relaciones de las tendencias encontradas con el valor medio de cada variable y con el área de la cuenca de estudio. Los resultados se muestran en la Figura 12, donde se presentan diagramas de dispersión con ambos ejes en escala logarítmica, para las tendencias positivas y negativas (en valor absoluto) encontradas en cada variable del balance hidrológico con el valor medio de cada variable (Figura 12 a–h) y con el área de la cuenca (Figura 12 i–p). Se realizaron ajustes potenciales

para las dispersiones graficadas y en la mayoría de los casos no se encuentra una relación significativa entre las tendencias y el valor medio o entre las tendencias y el área. Sin embargo, para las tendencias de algunas variables se encontraron relaciones con ajustes que son muy bajos para construir un modelo estadístico, pero no se deben ignorar porque indican que no hay total independencia de las variables, y son susceptibles de un mayor análisis en trabajo futuro.

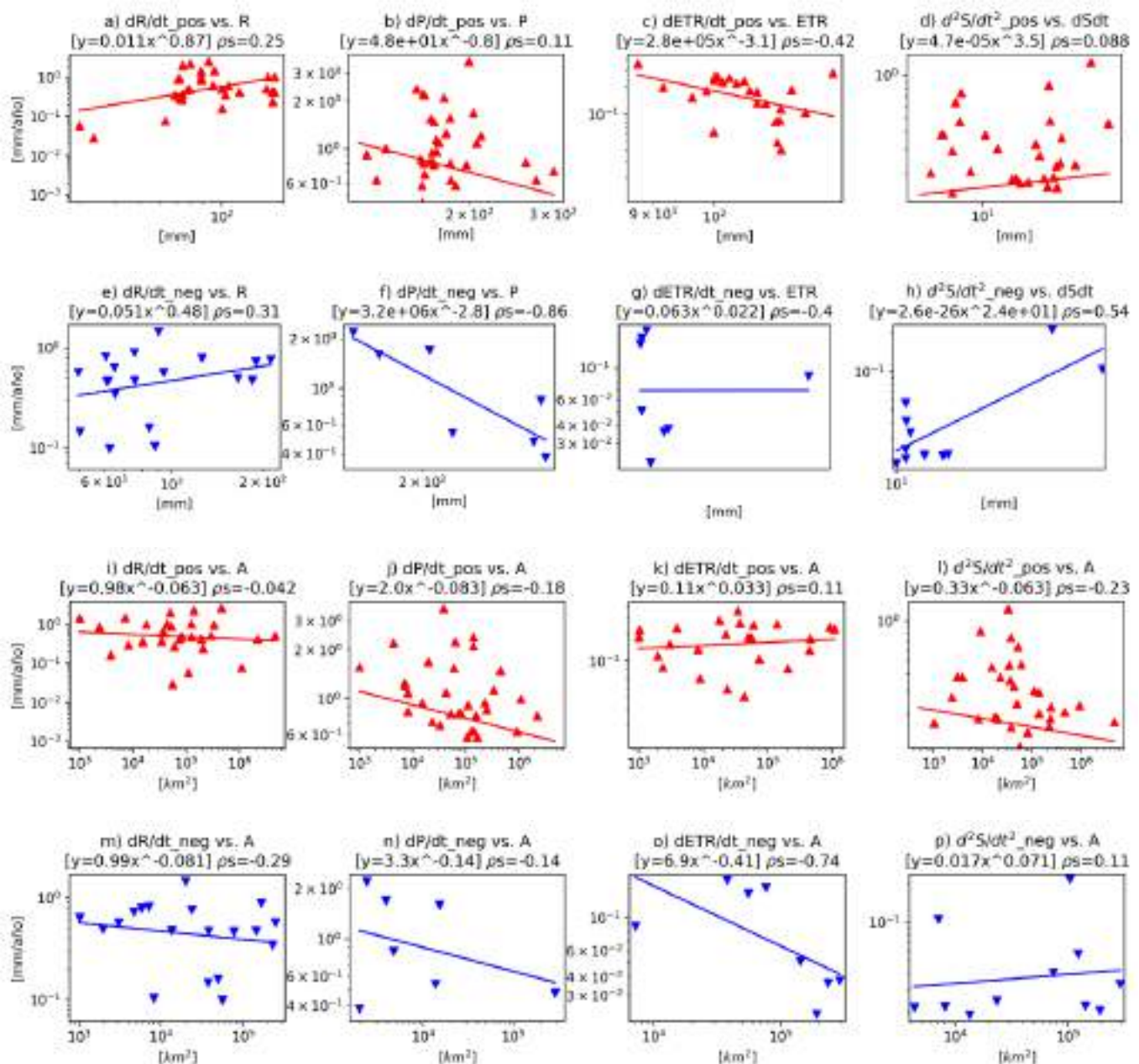
Para todos los ajustes presentados se debe considerar que en la mayoría de los casos el tamaño de muestra de las tendencias negativas es mucho menor que el de las tendencias positivas, por lo que las relaciones encontradas para las tendencias negativas tienen una menor significancia estadística.

Se evaluó la consistencia de la ecuación de balance hídrico general y su aproximación a la condición de largo plazo. Se evaluó el error en el cierre del balance hídrico de largo plazo, y por último, se verificó la consistencia de las tendencias para los signos (calculadas usando la prueba estadística Mann- Kendall) y las magnitudes (calculadas usando la prueba estadística Sen) de las tendencias a la luz de la ecuación de balance hídrico de largo plazo.

En la Figura 13 se muestra la evolución del balance hídrico general hacia la condición de largo plazo para las cuencas aferentes a las estaciones Apalai (18280000), Passagem BR-080 (18430000), Pontes e Lacerda (15050000) e Ipixuna (12510000). Se encontró que el lado izquierdo de la ecuación de balance general (expresión [23]) tiende rápidamente cero, tomando valores muy cercanos en el intervalo propuesto de 20 años (ver Figura 13). El valor máximo de la expresión [23] en el periodo de 20 años fue de 0.66mm/mes y se obtuvo al evaluar la expresión para la cuenca aferente a la estación Apalai con código 18280000.

Cuando se evaluó el lado derecho de la ecuación de balance general (expresión [24]) se encontró que, en el corto plazo los valores son muy diferentes a los que resultaron de evaluar el lado derecho de la ecuación del balance. En el largo plazo se encontró que para casi todas las cuencas la expresión tiende asintóticamente a un valor constante, pero dicho valor es en la mayoría de cuencas muy diferente de cero, llegando algunas veces al 60% del valor de la escorrentía media. Esto permite concluir que se cumple la condición de largo plazo al existir una aproximación asintótica a un valor constante (ver Figura 13), pero el balance en el largo plazo no cierra para la mayoría de las variables de estudio.

Se calculó el error en el cierre del balance hídrico como el resultado de evaluar el lado derecho de la ecuación [23]. Los resultados del error en el balance, presentados como un porcentaje del valor medio de la escorrentía se presentan en la Figura 14. Los resultados muestran que aunque con mayor frecuencia los resultados del error en el balance son menores al 10% de la escorrentía media, hay cuencas para las que se alcanzan valores cercanos al 60% de la escorrentía media.



**Figura 12** Diagramas de dispersión en escala logarítmica de tendencia vs. valor medio de la variable (a – h) y tendencia vs. Área (i – p). Los triángulos rojos son las tendencias decrecientes, y los triángulos azules los valores absolutos de las decrecientes.

Los errores en el balance pueden deberse a las incertidumbres asociadas con la estimación de las variables a partir de sensores remotos que provienen de bases de datos a resoluciones espaciales diferentes (desde tamaño de pixel de 300m en la ETR hasta 110km en dS). La variable con mayor incertidumbre en la estimación es la evapotranspiración, ya que usualmente se tienen pocas mediciones en tierra de evaporación para comparar las estimaciones remotas, y la transpiración de las plantas es muy difícil de estimar, aun cuando se conoce que en zonas boscosas como la cuenca amazónica la transpiración representa un porcentaje importante (Carmona, Poveda, Sivapalan, Vallejo-Bernal, & Bustamante, 2016).

Se evaluó la consistencia en las tendencias del balance hídrico a la luz de la ecuación [28]. Se evaluó inicialmente sólo la consistencia en los signos de las tendencias calculados con la prueba Mann-Kendall, para saber si los resultados de la prueba son consistentes para las cuencas seleccionadas. En la Figura 15 se muestra la localización de las estaciones en cuyas cuencas se encontraron signos consistentes (verde) e inconsistentes (naranja) con la ecuación de balance hídrico de largo plazo. El 51% de las cuencas estudiadas presentaron inconsistencias.

Se encontró que en las subcuencas de los ríos Xingu, Tapajos, Madeira y Purus el desbalance de tendencias es positivo. Mientras que en las cuencas de los ríos Negro y Branco el desbalance es



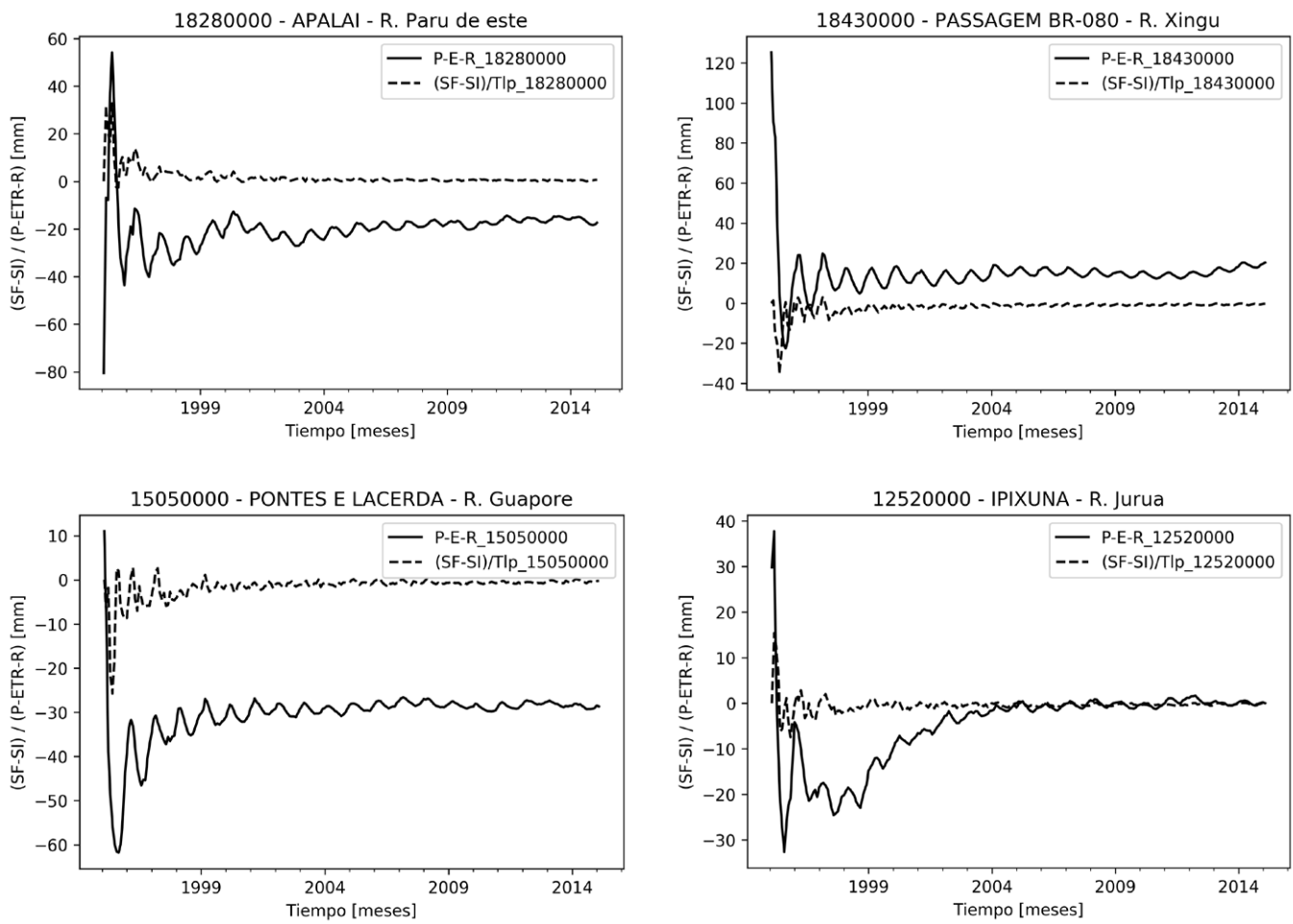


Figura 13 Ejemplo de la aproximación a la condición de largo plazo ( $dS/dt \rightarrow 0$ ) de las cuencas aferentes a las estaciones Apalai, Passagem BR-080, Pontes e Lacerda e Ipixuna.

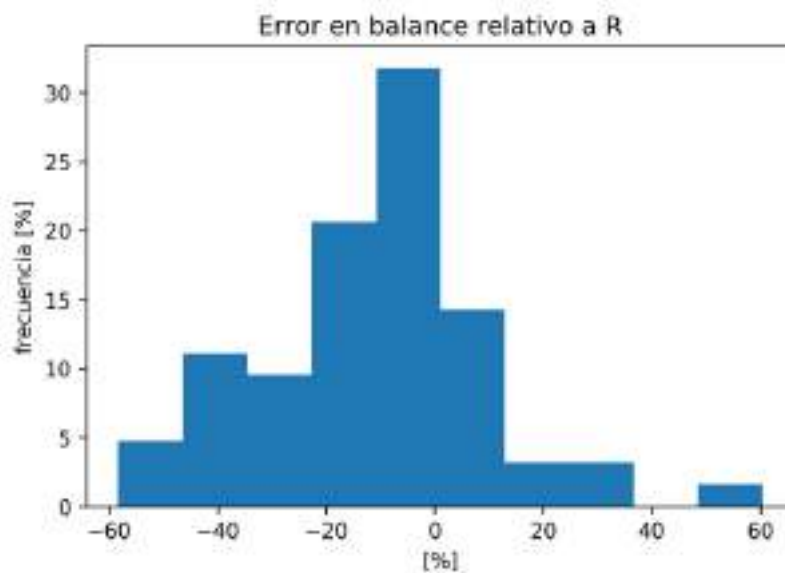
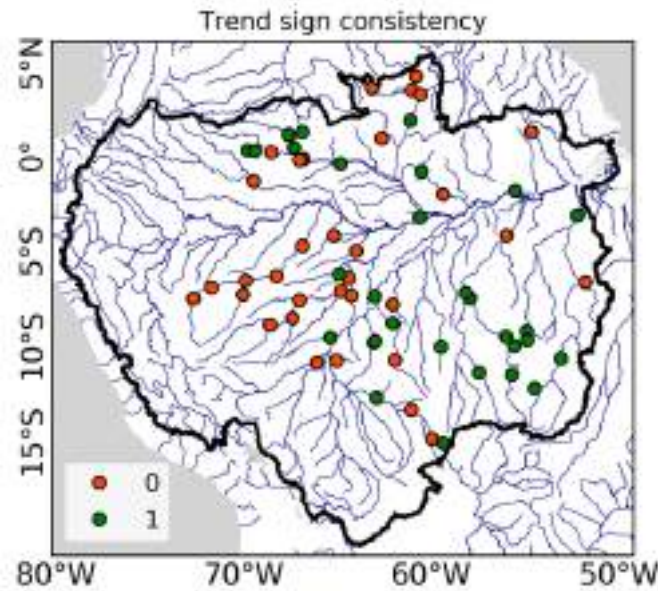


Figura 14 Error en el balance de largo plazo relativo a la escorrentía media de largo plazo.

Consistencia de las tendencias de largo plazo y el balance hídrico en la Amazonia



**Figura 15** Estaciones cuyas cuencas tienen consistencia en los signos de las tendencias.

negativo. No se encontró homogeneidad de los resultados para las dos subcuencas aferentes a las estaciones sobre la corriente principal del río Amazonas.

## DISCUSIÓN

Se considera que una de las mayores limitaciones de este estudio está en la información disponible de evapotranspiración, ya que proviene de la unión de diferentes estimaciones satelitales y la validación en tierra realizada por Paca et al. (2019). Esta información cuenta con una resolución espacial fina y ningún faltante en el periodo de registro. A pesar de que el periodo de registro de la información de ETR era muy corto (enero de 2003 a diciembre de 2013), la ausencia de faltantes ayudó para la reconstrucción en todo el periodo de estudio (febrero de 1995 a febrero de 2015). En toda la extensión de la cuenca amazónica, Paca et al. (2019) contaron con información de sólo 7 torres de medición para la validación de su estimación. Encontraron entre la ETR promedio estimada con balance hídrico y la estimada con sus datos un error medio en la cuenca de aproximadamente 5.33mm/mes. Si se compara esta magnitud con la magnitud del promedio de los errores obtenidos en el cierre del balance hídrico de largo plazo (14.6 mm/mes), es aproximadamente el 30%.

La información de almacenamiento de agua en el suelo también es una gran fuente de incertidumbre. Se usaron los datos del laboratorio JPL Tellus Level-3 (GLDAS/NOAH) como estimación de las anomalías en el almacenamiento de agua en el suelo. Esta información tiene una resolución espacial muy gruesa (pixel de 110km de lado aprox.) y un periodo muy corto de registro

(enero de 2001 a diciembre de 2014) con una gran cantidad de información faltante en ese periodo en la cordillera de los Andes. La información faltante se presentaba periódicamente. Esto dificultó la reconstrucción ya que la naturaleza periódica de los faltantes elimina los modos oscilatorios que ocurren con la misma frecuencia, y es justamente en la estimación de esos modos en los que se basa la reconstrucción.

Los resultados de la reconstrucción reflejaron las limitaciones de la información disponible de ETR y dS. Para el método de reconstrucción implementado en este trabajo se encontró para todas las cuencas que las variables caudal y precipitación tienen menor dispersión y valores reconstruidos más cercanos a los medidos, las bandas de confianza de la reconstrucción son más estrechas y cercanas a la serie medida. Estos resultados se deben a que para todas las estaciones las series de tiempo de las variables ETR y dS/dt son muy cortas, y contienen muchos faltantes en el periodo de registro. Por esta razón se seleccionaron para este estudio sólo las cuencas en las que se demostró que la probabilidad de que la reconstrucción obtenga series con resultados favorables para los tres indicadores principales en al menos 3 variables es mayor al 70%.

La aplicación de la descomposición en modos empíricos constató que el residuo es capaz de representar adecuadamente la tendencia media de la serie, y que la DME logra filtrar la variabilidad natural de la serie. Para aumentar la potencia de la prueba Mann-Kendall se aplicó dicha prueba sobre el residuo y se encontró que todas las variables (P, R, ETR y dS/dt) presentan con mayor frecuencia tendencias no significativas o iguales a cero. En el caso de las tendencias significativas (diferentes de cero) las

mayores frecuencias se presentaron para las tendencias positivas. Se confirmó en este estudio lo concluido por los anteriores autores sobre la falta de homogeneidad de las tendencias encontradas en las variables hidrológicas. No existe unanimidad en el signo de las tendencias encontradas en ninguna de las variables en la cuenca amazónica (Costa & Foley, 1999; Debortoli et al., 2017; Marengo, 2009; Oliveira et al., 2014).

Sin embargo, en algunas de las subcuencas principales sí se encontró unidireccionalidad en los resultados de las tendencias de caudal. En ninguna subcuenca del río Xingu se obtuvieron tendencias significativas en la escorrentía. En las subcuencas del río Tapajós las tendencias en la escorrentía fueron en su gran mayoría crecientes. En todas las subcuencas del río Juruá se encontraron tendencias decrecientes en la escorrentía. En los ríos Branco y Negro, que se unen antes de llegar al río Amazonas la mayoría de las tendencias en la escorrentía fueron crecientes. En las subcuencas del río Madeira y Purus el comportamiento de las tendencias no fue homogéneo, y se presentaron tendencias de todos los signos sin seguir un patrón espacial aparente. En las cuencas de las estaciones sobre el río Amazonas se encontraron tendencias crecientes en la escorrentía. Los resultados obtenidos para la escorrentía se compararon con los resultados obtenidos para las series mensuales de caudales estudiados por Posada-Gil & Poveda (2015), encontrando coincidencia de las tendencias crecientes detectadas en las cuencas de los ríos Branco y Negro, y las decrecientes en las cuencas del río Juruá.

También para la precipitación se encontraron valores unidireccionales de las tendencias para algunas de las subcuencas principales. En todas las subcuencas del río Tapajós las tendencias de la precipitación fueron crecientes. En las subcuencas del río Madeira se encontraron principalmente tendencias crecientes en la precipitación. En las subcuencas del río Purus la mayoría de las tendencias de la precipitación fueron crecientes. En las cuencas de la parte alta del río Juruá no se encontraron tendencias significativas, mientras que en la parte baja se encontraron tendencias crecientes. En las cuencas de las estaciones sobre el río Amazonas se encontraron tendencias crecientes en la precipitación.

La evapotranspiración presentó, en su mayoría, tendencias no significativas. Sin embargo, un análisis de la homogeneidad de las tendencias en las cuencas de las principales corrientes se hace a continuación. En las subcuencas sobre el río Xingu se presentaron sólo tendencias crecientes y no significativas. En las subcuencas del río Tapajós también se presentaron sólo crecientes y no significativas, al igual que en las subcuencas del río Madeira. En las subcuencas del río Purus la gran mayoría de las tendencias fueron no significativas. Mientras que en las subcuencas del río Juruá la mayoría de las tendencias fueron decrecientes. En las cuencas de los ríos Negro y Branco, que se unen antes de desembocar al río Amazonas se presentaron tendencias de todo tipo que no obedecen a un patrón espacial aparente. Las

subcuencas de las estaciones ubicadas sobre la corriente principal del río Amazonas no tuvieron en tendencias significativas.

Para el río Xingu se presentaron tendencias crecientes en el almacenamiento, al igual que para los ríos Tapajós y Madeira. En el Río Purus no se identificó un comportamiento uniforme de las tendencias. En el río Juruá las tendencias del almacenamiento fueron positivas. El río Negro presentó tendencias negativas y el Branco positivas en su mayoría. Las tendencias en el almacenamiento en las subcuencas de las estaciones de la corriente principal del río Amazonas fueron positivas.

Se analizaron las relaciones de las tendencias encontradas con el valor medio de cada variable y con el área de la cuenca de estudio. En la mayoría de los casos no se encuentra una aparente relación entre las tendencias y el valor medio o entre las tendencias y el área. Sin embargo, para algunas tendencias se encontraron relaciones con ajustes que son muy bajos para construir un modelo estadístico, pero no se deben ignorar porque indican que no hay total independencia de las variables, y son susceptibles de un mayor análisis en trabajo futuro. Se debe considerar que en la mayoría de los casos el tamaño de muestra de las tendencias negativas es mucho menor que el de las tendencias positivas, por lo que las relaciones encontradas para las tendencias negativas tienen una menor significancia estadística.

Se estudió la evolución de la ecuación general del balance hídrico a la condición de largo plazo, encontrando que el lado izquierdo de la ecuación de balance general tiende rápidamente a cero, tomando valores muy cercanos a cero al final del intervalo propuesto de 20 años, para mostrar un ejemplo, el valor máximo al final del intervalo de 20 años fue de 0.66mm/mes y se obtuvo al evaluar la expresión para la cuenca aferente a la estación Apalai con código 18280000. Sin embargo, cuando se evaluó el lado derecho de la ecuación de balance general se encontró que aunque ambos lados de la ecuación deben tener valores similares en el corto plazo, los valores son muy diferentes a los que resultaron de evaluar el lado derecho de la ecuación del balance. Y en el largo plazo se encontró que para casi todas las cuencas la expresión tiende asintóticamente a un valor constante, pero dicho valor es en la mayoría de cuencas muy diferente de cero, llegando algunas veces al 60% del valor de la escorrentía media. Esto permite concluir que se cumple la condición de largo plazo al existir una aproximación asintótica a un valor constante, pero el cierre del balance no se da para la mayoría de las variables de estudio.

Como se verificó que la condición de largo plazo se cumple, debido a la aproximación asintótica a un valor constante de las expresiones, pero el balance hídrico no cierra, se calculó el error en el cierre del balance hídrico. Los resultados del error en el balance, evidenciaron que aunque los resultados del error en el balance menores al 10% de la escorrentía media concentran la mayor frecuencia, hay cuencas para las que se alcanzan valores cercanos al 60%. Se encontró que la mayoría de las cuencas estudiadas presentan un comportamiento homogéneo en el error en



el balance de naturaleza negativa, a excepción de las cuencas del río Xingu y la parte alta del río Tapajos.

En términos del balance hídrico de las tendencias los resultados indican que el 51% de las cuencas estudiadas presentaban inconsistencias. Y tomando únicamente las cuencas en las que se verificó la consistencia de los signos se encontró que los errores en el balance de tendencias son mayoritariamente positivos. Se hizo también un análisis de esos resultados sobre las corrientes principales, y se encontró que en las subcuencas de los ríos Xingu, Tapajos, Madeira y Purus el desbalance es positivo. Mientras que en las cuencas de los ríos negro y Branco el desbalance es negativo. No se encontró homogeneidad de los resultados para las dos subcuencas aferentes a las estaciones sobre la corriente principal del río Amazonas.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo de G.P. es apoyado por la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

## REFERENCIAS

- ANA. (2014). *HydroWeb*. <http://hidroweb.ana.gov.br/>
- Costa, M. H., & Foley, J. A. (1999). Trends in the hydrologic cycle of the Amazon basin. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. <https://doi.org/10.1029/1998JD200126>
- Debortoli, N. S., Dubreuil, V., Hirota, M., Filho, S. R., Lindoso, D. P., & Nabucet, J. (2017). Detecting deforestation impacts in Southern Amazonia rainfall using rain gauges. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.4886>
- Funk, C. C., Peterson, P. J., Landsfeld, M. F., Pedreros, D. H., Verdin, J. P., Rowland, J. D., Romero, B. E., Husak, G. J., Michaelsen, J. C., & Verdin, A. P. (2014). A Quasi-Global Precipitation Time Series for Drought Monitoring. *U.S. Geological Survey Data Series*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/110.3133/ds832>
- Hamed, K., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)
- Hirsch, R. M., Alexander, R. B., & Smith, R. A. (1991). Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality. *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/91WR00259>
- Huang, N. E., Shen, Z., Long, S. R., Wu, M. C., Snin, H. H., Zheng, Q., Yen, N. C., Tung, C. C., & Liu, H. H. (1998). The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rspa.1998.0193>
- Huang, N. E., & Wu, Z. (2008). *A review on Hilbert-Huang transform: Method and its applications*. 2007, 1-23. <https://doi.org/10.1029/2007RG000228.1.INTRODUCTION>
- Kendall, M. G. (1957). Rank Correlation Methods. *Biometrika*. <https://doi.org/10.2307/2333282>
- Kondrashov, D., & Ghil, M. (2006). Spatio-temporal filling of missing points in geophysical data sets. *Nonlinear Processes in Geophysics*. <https://doi.org/10.5194/npg-13-151-2006>
- Marengo, J. A. (2009). Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s. *Hydrological Processes*. <https://doi.org/10.1002/hyp.7396>
- Oliveira, P. T. S., Nearing, M. A., Moran, M. S., Goodrich, D. C., Wendland, E., & Gupta, H. V. (2014). Trends in water balance components across the Brazilian Cerrado. *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1002/2013WR015202>
- Paca, V. H. da M., Espinoza-Dávalos, G. E., Hessels, T. M., Moreira, D. M., Comair, G. F., & Bastiaanssen, W. G. M. (2019). The spatial variability of actual evapotranspiration across the Amazon River Basin based on remote sensing products validated with flux towers. *Ecological Processes*. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0158-8>
- Rodell, M., Houser, P. R., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C. J., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., Entin, J. K., Walker, J. P., Lohmann, D., & Toll, D. (2004). The Global Land Data Assimilation System. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(3), 381-394. <https://doi.org/10.1175/BAMS-85-3-381>
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>

# Influencia de la deforestación y el cambio climático en la formación de los “ríos voladores de la Amazonia” y su impacto en la disponibilidad hídrica de Bogotá y la región circundante

Alejandra Cifuentes Guerrero<sup>1\*</sup>

Mauricio Cote Alarcón<sup>2</sup>

## Resumen

El transporte de humedad por medio de los “ríos voladores de la Amazonia” y su papel en la formación de precipitaciones en regiones localizadas a kilómetros de distancia del bosque amazónico es uno de los ejemplos más notorios de las teleconexiones entre los Sistemas de la Tierra para su adecuado funcionamiento. Los impactos de la posible sabanización de la Amazonia, -inducida por la deforestación e intensificada por el cambio climático-, en la prestación de servicios ecosistémicos de alcance global y regional, como la regulación climática e hídrica, ha sido objeto de diversos estudios que aplican complejos modelos matemáticos para predecir el comportamiento de variables como la evapotranspiración y la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera; sin embargo, estas relaciones no se han estudiado con la suficiente profundidad en zonas como Bogotá D.C. y la región circundante, a pesar de que se conoce que la recarga de agua de los páramos de Sumapaz y Chingaza, de los cuales depende su abastecimiento hídrico, está influenciada por la cantidad de humedad que llega del Océano Atlántico a la Orinoquía y a la Amazonia y de ellas a la región Andina. Este artículo presenta algunas reflexiones sobre los efectos de la deforestación y la posible sabanización de la Amazonia en la formación de los “ríos voladores” y su influencia en la disponibilidad hídrica de Bogotá D.C. y la región circundante, con el fin de mostrar que la pérdida del bosque amazónico representa un

riesgo para el abastecimiento de agua de la ciudad de Bogotá y los municipios colindantes y, por tanto, para la calidad de vida de sus habitantes.

**Palabras clave:** Amazonia, cambio climático, deforestación, regulación hídrica, sabanización.

## Abstract

The transport of moisture through the “Amazon flying rivers” and its role in the formation of precipitation in regions located kilometers away from the Amazon Forest is one of the most notorious examples of teleconnections between Earth Systems for their proper functioning. The impacts of the possible savanization of the Amazon, -induced by deforestation and intensified by climate change-, on the provision of ecosystem services of global and regional scope, such as climate and water regulation, has been the subject of several studies that apply complex mathematical models to predict the behavior of variables such as evapotranspiration and the release of Greenhouse Gases (GHG) into the atmosphere; however, these relationships have not been studied in sufficient depth in areas such as Bogotá D.C. and the surrounding region, despite the fact that it is known that the water recharge of the Sumapaz and Chingaza paramos, on which their water supply depends, is influenced by the amount of moisture that reaches the Atlantic Ocean to the Orinoquia and the Amazon and from them to the Andean region. This article presents some reflections on the effects of deforestation

<sup>1</sup> Miembro del Consejo Directivo del colectivo de pensamiento para la investigación, reflexión y acción política ambiental Voces 2030 Colombia. Correo electrónico: jalejacg2@gmail.com

<sup>2</sup> Miembro del Consejo Directivo del colectivo de pensamiento para la investigación, reflexión y acción política ambiental Voces 2030 Colombia. Correo electrónico: mauriciocote@gmail.com

and the possible sabanization of the Amazon on the formation of the “flying rivers” and their influence on the water availability of Bogotá D.C. and the surrounding region, in order to show that the loss of the Amazon forest represents a risk to the water supply of the

city of Bogotá and the surrounding municipalities and, therefore, for the quality of life of its inhabitants.

**Keywords:** Amazonia, climate change, deforestation, water regulation, sabanization.

## INTRODUCCIÓN

La región amazónica es uno de los puntos críticos del planeta<sup>3</sup> (Poveda, 2011) para la prestación de servicios ecosistémicos indispensables para el bienestar humano. La degradación de su cobertura vegetal puede perturbar significativamente el sistema climático global, ya que el bosque amazónico juega un papel fundamental en su regulación, al ser proveedor de calor troposférico, necesario para la circulación atmosférica general (Nobre, et al., 2009). Además, el régimen hidrológico de la selva tropical hace que la región sea una fuente imprescindible de humedad (Builes-Jaramillo, et al., 2018), que es transportada a regiones remotas a través de lo que Makarieva y Gorshkov (2007), investigadores del Instituto de Física Nuclear de San Petersburgo, denominaron “bio-bomba amazónica”, es decir, el proceso por el cual flujos masivos de agua en forma de vapor, que vienen del océano Atlántico tropical y se cargan de humedad con la evapotranspiración del bosque amazónico, son transportados a través del aire hacia otras regiones y alimentan importantes zonas hídricas, como la cuenca del río de la Plata, a la cual la Amazonia aporta casi el 20% de su precipitación media anual (Martínez y Domínguez, 2014), el norte de Sudamérica (Hoyos, et al., 2018), el sureste de América del Sur y los Andes orientales (Ampuero, et al., 2020).

Estos flujos también son llamados “ríos voladores” o “ríos del aire” del Amazonas y se encuentran a una altura de hasta 15 kilómetros, que son transportados por las corrientes de viento húmedo, que, al chocar con la cordillera de los Andes ascienden, se enfrían y se condensan, generando precipitaciones sobre el piedemonte andino que alimentan las corrientes de agua superficiales, de las cuales depende el abastecimiento hídrico de ciudades ubicadas a kilómetros de distancia de la región (Poveda, 2011). Es importante señalar que, el proceso descrito solo funciona en los bosques naturales prístinos; los bosques plantados u otro tipo de vegetación como los pastizales, no son capaces de activar la bio-bomba amazónica y generar el vapor de agua suficiente para que se formen los ríos voladores. Sobre este proceso, el climatólogo brasileño Antonio Nobre (2017), señala que los árboles de la cuenca amazónica transpiran diariamente 20 billones de litros de agua hacia las regiones como el sureste de

América del Sur y los Andes orientales (Ampuero, et al., 2020), lo que muestra las delicadas y profundas interconexiones entre el bosque amazónico y la estabilidad global del ciclo del agua, pues como lo señala el citado investigador “*sin los ríos del cielo se secan los de la tierra*” (Nobre, 2017).

La importancia hidroclimatológica de la cuenca del río Amazonas a escala global, regional y local ha sido objeto de diversos estudios, que han buscado analizar las teleconexiones entre el bosque amazónico y la regulación del ciclo hidrológico, a partir del comportamiento de variables como la precipitación, la humedad, la evapotranspiración, el balance hídrico superficial, la circulación del viento, entre otros. Algunos ejemplos son las investigaciones de Marengo (2004); Carmona (2016); Poveda, et al., (2016); Mallick, et al., (2016) y Ruiz-Vásquez, et al., (2020). En cualquiera de los casos, los resultados de los modelos aplicados, que cada vez se robustecen más al incluir nuevas variables, tienen un alto grado de incertidumbre, como es el caso de los que analizan la evapotranspiración, que es la variable más incierta, debido a las dificultades para obtener mediciones precisas in situ y estimaciones regionales (Builes-Jaramillo y Poveda, 2018).

El cambio climático y la deforestación son dos importantes motores de transformación de la Amazonia que conducen a cambios en las teleconexiones señaladas, además de impactos que pueden ser irreversibles, como la reducción de la biodiversidad y la pérdida de funciones clave del ecosistema (Haddad, et al., 2015). Los efectos de dichas transformaciones pueden alterar el flujo de humedad entre la Amazonia y ciudades ubicadas gran distancia como Bogotá, Quito, Lima y La Paz (Poveda, 2011), lo que se refleja en la reducción de las precipitaciones y, por tanto, en la generación de riesgos para la seguridad hídrica de sus habitantes

Si bien, el cambio climático puede afectar, en el largo plazo, la función que desempeña la Amazonia para el reciclaje de lluvias, a través de la evapotranspiración; la deforestación de grandes áreas de la región representa una amenaza más inmediata para que el bosque amazónico continúe prestando servicios de regulación hídrica y climática de alcance regional y global. Diversos estudios que analizan múltiples escenarios de deforestación en la región, como los de Bonan (2008) y Alvez, et al., (2017), indican que, si a la pérdida del bosque amazónico por deforestación se le añaden los efectos del cambio climático, es muy probable que se altere la retroalimentación atmosférica positiva de la cual depende la regulación del ciclo del agua global y regional, como lo muestran los resultados de (Spracklen y García-Carreras, 2015), que encontraron que la deforestación producida en 2010, disminuyó la precipitación media anual en

<sup>3</sup> Otros lugares incluyen (i) la meseta tibetana, (ii) la región donde se forma el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés), (iii) los bosques y tundra siberianos, (iv) la válvula del Mediterráneo y su conexión con el océano Atlántico, (v) la Antártica y el hueco en su capa de ozono, entre otros (Poveda, 2011).



toda la cuenca del Amazonas en  $1,8 \pm 0,3\%$ , una tendencia menor que la variabilidad interanual en las precipitaciones analizadas, como consecuencia de un menor reciclaje de humedad.

En Colombia, el análisis de las dinámicas ecológicas de la Amazonia tiene importantes interrelaciones con el resto del país, pese a que la región, en el imaginario colectivo de los colombianos, se concibe como remota, uniforme, deshabitada, desconocida y hostil (Guhl y Cifuentes, 2020). La conexión de sus procesos hidrológicos con los de los Andes y la Orinoquía, constituye uno de los principales servicios ecosistémicos que presta el bosque amazónico; su alteración se refleja en factores indispensables para el bienestar de los habitantes de lugares localizados a kilómetros de distancia, como la disponibilidad hídrica para los bogotanos y los territorios aledaños al Distrito Capital, puesto que, la pérdida de cobertura boscosa puede perturbar el circuito de retroalimentación entre los Andes y la Amazonia (Poveda, 2011) y por tanto, reducir las precipitaciones que alimentan los páramos de Chingaza y Sumapaz, de los cuales depende el abastecimiento de agua de Bogotá D.C. y la región circundante (Guhl, 2012).

Lo anterior, no ha sido analizado con la suficiente profundidad para determinar, por ejemplo, el grado de reducción de los niveles de precipitación en Bogotá D.C. y la región circundante y los efectos que esto conlleva en el ciclo hidrológico de los páramos mencionados. La escasa información disponible sobre precipitación en los Andes y la Orinoquía es insuficiente para aplicar modelos robustos que permitan comprender plenamente los impactos del cambio climático y la deforestación en la Amazonia en el abastecimiento de agua para cerca de 12 millones de personas que habitan la capital del país y los municipios aledaños.

Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación que se presenta en este artículo tuvo como objetivo analizar, a partir de información secundaria, los efectos de la sabanización de la Amazonia -es decir, el cambio de la vegetación del ecosistema de bosque hacia llanuras con pocos árboles aislados, característicos de un ecosistema de sabana-, inducida por la deforestación e intensificada por el cambio climático, en las dinámicas hidrológicas de los ríos voladores de la Amazonia y su influencia en la disponibilidad hídrica de Bogotá D.C. y la región circundante. Esto, con el fin de mostrar que se puede llegar a un punto de inflexión, causado por los factores señalados, que pone en peligro los ecosistemas amazónicos y su capacidad para prestar servicios ambientales indispensables para el bienestar humano en zonas ubicadas a considerable distancia.

Para abordar dicho objetivo, en primer lugar, se explican las dinámicas atmosféricas y físicas que influyen en la formación de los ríos voladores de la Amazonia y las teleconexiones entre estos y los niveles de precipitación en regiones como los Andes Tropicales del Norte, la cuenca del Río Magdalena y la Cuenca del Orinoco. Posteriormente, se analizan los efectos de la deforestación en el proceso de reciclaje de lluvias que realiza el bosque amazónico y el transporte de humedad a través del aire. A continuación, se

describen los principales efectos del cambio climático en la región que, sumado a la deforestación, intensifica y acelera el proceso de sabanización y, por tanto, la pérdida de los servicios ecosistémicos mencionados y se presentan algunas aproximaciones a los impactos de esta situación en la regulación de los sistemas hídricos de los cuales depende el abastecimiento de agua para Bogotá D.C. y la región circundante. Finalmente, se concluye con algunas consideraciones para tener en cuenta para el análisis profundo de las teleconexiones entre la Amazonia y el interior del país.

## METODOLOGÍA

Este artículo es el resultado de una investigación cualitativa, crítica y analítica, realizada a partir de la aplicación de la técnica de análisis documental, con el fin de mostrar los efectos de la sabanización de la Amazonia, como consecuencia de la deforestación y el cambio climático, en las dinámicas hidrológicas de los ríos voladores y su influencia en la disponibilidad hídrica de Bogotá D.C. y la región circundante.

La investigación se elaboró por medio de reflexiones teóricas, en las que se abordó el tema de manera deductiva, es decir, con la descripción de las variables antes mencionadas en un contexto global y regional, para luego analizarlas en el caso puntual de Bogotá D.C. y la región circundante. De esta manera, a partir de un enfoque propositivo, las reflexiones presentadas en el texto permiten identificar las decisiones estratégicas de política pública que deberían tomarse para la Amazonia, con el fin de garantizar la regulación del ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua en la capital del país, reconociendo las dinámicas de degradación actuales y futuras que se presentan en la región amazónica, así como aquellas que trascienden sus fronteras físicas y requieren de esfuerzos globales, como el cambio climático.

Las principales fuentes de información se obtuvieron de artículos científicos obtenidos en bases de datos como Science Direct, Jstor, Web of Science, entre otras, así como en literatura nacional. Las palabras claves utilizadas para filtrar la información fueron cambio climático, deforestación, evapotranspiración, regulación hídrica, sabanización y región amazónica. El proceso de selección de la información se basó, principalmente, en los análisis en la región de los Andes y la Orinoquía, que corresponden a los territorios que influyen en el ciclo hidrológico en Bogotá D.C. y la región circundante.

## LOS RÍOS VOLADORES DE LA AMAZONIA: REGULADORES HÍDRICOS REGIONALES, CONTINENTALES Y GLOBALES.

Las complejas y dinámicas interrelaciones entre la Amazonia y la prestación de servicios ecosistémicos de alcance regional, continental y global (Marengo et al, 2002), es quizás uno de los ejemplos más dicientes de la hipótesis Gaia, propuesta por

James Lovelock, que establece que los Sistemas de la Tierra están interconectados y se autorregulan para mantener un estado de homeostasis propicio para el desarrollo de la vida (Lovelock, 1983).

Poveda (2011), señala que es crucial ver el bosque amazónico como un mecanismo global y regional de reciclaje de las lluvias, a través de la evapotranspiración. Según el autor, la mitad de la lluvia que cae en la cuenca amazónica se genera por la evapotranspiración del bosque, en cuyo suelo se almacenan alrededor de 7.000 km<sup>3</sup> de agua. Al respecto, Boers, et al., (2017) señalan que la entrada de humedad en vastas zonas de América del Sur depende de las dinámicas de los ríos voladores; allí el agua es transportada por los vientos alisios que vienen de los centros de altas presiones del Atlántico Norte Tropical y pasan por el mar Caribe o, de los vientos que vienen de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur, los cuales, una vez atraviesan la cuenca amazónica, son bloqueados por las montañas de los Andes hacia el oeste y canalizados hacia el sur, siendo una fuente importante de humedad en zonas como Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia, el sur del Brasil, Uruguay, Paraguay y el norte de Argentina. En este proceso, la evapotranspiración de la selva amazónica recarga el contenido de humedad de la atmósfera de bajo nivel y resulta en humedad adicional disponible para la generación de precipitación hacia los Andes. El proceso descrito se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Proceso de formación de los ríos voladores de la Amazonia

Fuente: Iglesias P. (Marzo 17 de 2021). Ríos Voladores en Amazonia: Sin bosques, no hay lluvias. LATFEM. Periodistas por el Planeta (PxP) en América Latina. Disponible en: <https://latfem.org/rios-voladores-en-amazonia-sin-bosques-no-hay-lluvias/>

De esta manera, los Andes juegan un rol fundamental en el balance hídrico de toda la cuenca (McClain y Naiman, 2008), al impulsar la circulación del viento desde la Amazonia hacia las zonas altoandinas e influir en su convección a lo largo de las laderas de la cordillera de los Andes (Poveda et al., 2013). Lo anterior, indica que las regiones altoandinas<sup>4</sup> y la zona baja de la Amazonia constituyen dos subsistemas conectados; el primero importa agua atmosférica de los bosques del segundo a través de los vientos alisios, y a su vez, exporta agua, incluyendo sedimentos y nutrientes. Así, la cuenca amazónica actúa como una fuente de agua indispensable para la región andina, que se utiliza no solo para la generación de evapotranspiración, sino para mantener la escorrentía (Builes-Jaramillo et al, 2018) que alimenta las fuentes de agua superficiales.

La formación de precipitación a través de los ríos voladores requiere que confluyan al menos tres condiciones fundamentales: las dinámicas atmosféricas como el aumento y descenso de la temperatura y los vientos que se producen para compensar las diferencias de presión; la generación de vapor de agua producto de la evapotranspiración del bosque amazónico, debido a su alto índice de área foliar, y la presencia de aerosoles como polvo, material particulado, o compuestos orgánicos emitidos por las plantas, que actúan como núcleos de condensación de las nubes.

El análisis de dichas condiciones muestra las teleconexiones entre los Sistemas de la Tierra para su funcionamiento. Sobre las condiciones atmosféricas, la región se considera por autores como (Faus da Silva, 2008), como una fuente importante de calor tropical durante las temporadas de lluvia, debido a que, como resultado de la condensación, se libera calor latente que calienta el aire y se generan corrientes ascendentes que se elevan hasta la tropopausa, a unos 15 kilómetros de altitud. Estas corrientes, se propagan por toda la atmósfera global, gracias a las células de Hadley que operan sobre los hemisferios Norte y Sur e influyen en el transporte de vapor de agua hacia latitudes extratropicales (Raupp y Dias, 2004).

En cuanto a la advección de humedad gracias a la selva tropical, Makarieva y Gorshkov (2007) afirman que los bosques naturales son la esencia para la formación de los ríos voladores de la Amazonia, al ser los responsables del mantenimiento de altos flujos de evaporación, que apoyan el movimiento ascendente del aire sobre la vegetación y “aspiran” el aire húmedo que proviene del océano. Este proceso, que como se mencionó, puede ser interpretado como una especie de reciclaje de las lluvias, fue analizado profundamente por Ampuero et al, (2020), a partir de la composición isotópica de las precipitaciones durante los últimos 10.000 años, que sirve para comprender la “huella digital” de la humedad de aire transportada. Sus resultados indican que, durante diciembre-enero-febrero, el reciclaje de humedad en la zona norte y sur de la Amazonia es notable,

<sup>4</sup> Según Builes-Jaramillo et al., 2018, los Andes comprenden aquellas regiones ubicadas por encima de los 500 msnm, mientras que la Amazonia baja se define como las áreas por debajo del mismo umbral.

particularmente en Bolivia y Perú, que son las regiones con mayor riesgo de deforestación.

Con respecto a la concentración de aerosoles en la atmósfera, Faus da Silva (2008), indica que cuando ésta aumenta, por causas como los incendios forestales, que en la Amazonia han incrementado su magnitud y ocurrencia para el desarrollo de actividades agrícolas, la tala y quema de bosques, la expansión de la ganadería, las sequías prolongadas, etc. (Otavo y Murcia, 2018); la cantidad de núcleos de condensación de las nubes también se incrementa y la humedad disponible es compartida por un número mayor de partículas que en una atmósfera más “limpia”, lo que genera que la nube se evapore rápidamente sin producir lluvia, reduciendo la precipitación local.

De esta manera, la formación de los ríos voladores de la Amazonia constituye un mecanismo de retroalimentación positiva entre la atmósfera, el océano Atlántico y el bosque amazónico, que es indispensable para mantener en el largo plazo las tasas de evapotranspiración, necesarias para la recarga de humedad y la liberación de calor latente para la formación de cascadas de precipitación a escala local y regional, especialmente en América del Sur (Staal et al, 2018). Las interacciones entre dichas variables, sigue siendo un tema abierto de investigación, que permita un mayor entendimiento sobre los límites que se deben respetar para no alterar la advección de humedad atmosférica y, por tanto, las tasas de agua precipitable en regiones lejanas de la Amazonia e incluso al interior de la cuenca, ya que este reciclaje de humedad puede representar más del 50% de la precipitación en la misma región (Marengo et al, 2017).

## **EFFECTOS DE LA DEFORESTACIÓN SOBRE LOS RÍOS VOLADORES DE LA AMAZONIA**

La integridad ecológica de la cuenca amazónica está amenazada por varios impulsores del cambio ambiental global, que operan simultáneamente e interactúan de manera no lineal con los componentes del ecosistema, amenazando su capacidad para prestar servicios ecosistémicos. Dentro de estos, se destacan los cambios en el uso del suelo y el cambio climático, que actúan sinérgicamente e inciden en la estructura, función y conectividad del bosque amazónico. Al respecto, Nobre, et al., (2016), concluyen que el modelo de desarrollo que se ha implementado en la gran cuenca amazónica durante más de 50 años, basado principalmente en la deforestación, no ha generado el aumento en la riqueza de los países o el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes; por el contrario, ha conducido al uso intensivo de sus recursos y como consecuencia a cambios irreversibles que impactan a todo el planeta, como la pérdida de biodiversidad, la alteración en la regulación del clima y el ciclo hidrológico.

En la región amazónica colombiana, entre 1970 y 2000, la huella humana se concentró en los departamentos de Caquetá y Putumayo (Correa, et al., 2020), principalmente

como consecuencia de los nuevos desarrollos agrícolas de gran escala e intensidad tecnológica, la expansión de la ganadería, la explotación de hidrocarburos y de los cultivos de uso ilícito. A partir de 2015, en un escenario de implementación del Acuerdo de Paz, como lo afirman Botero y Rojas (2018), la destrucción del bosque se ha intensificado y expandido hacia nuevas zonas, como el Área de Manejo Especial de la Macarena (ANEM), que abarca el sur oeste del departamento del Meta y el norte del Guaviare, y recientemente, en paisajes hasta ahora preservados como el Escudo Guayanés en Chiribiquete, los Parques Nacionales Naturales (PNN) y los resguardos indígenas.

Lo anterior, es principalmente consecuencia de políticas públicas erráticas que impulsan la explotación del potencial minero energético, el desarrollo agroindustrial y la expansión de una red vial, entre otras actividades que contradicen el uso de conservación del suelo que se le debería dar a la región y que no siempre han contado con una planeación y evaluación previa adecuada; lo que sumado a los complejos problemas sociales que se presentan en la Amazonia, como el dominio territorial de las zonas de frontera de deforestación por nuevos grupos armados ilegales desertores de las FARC y las BACRIM, genera un panorama de aceleración en la fragmentación del bosque y con ello, la pérdida de su potencial para prestar servicios ecosistémicos (Botero y Rojas, 2018). En síntesis, la actual situación de deforestación en la Amazonia, como lo afirma Botero, (2020), muestra que la deforestación neta en la región es cada vez más amplia y el bosque remanente se reduce a áreas protegidas, resguardos indígenas y a zonas del Escudo Guayanés, lo que pone en evidencia la necesidad de aumentar los esfuerzos para frenar la deforestación y desarrollar procesos de restauración.

Diversos autores: Soares-Filho, et al., (2006); Nepstad, et al., (2008); Marengo et al., (2011); Lovejoy y Nobre, (2018) han analizado la posibilidad que la región alcance el “punto de no retorno” (*Amazon dieback o tipping point*), es decir, el umbral crítico en el que una pequeña perturbación puede alterar, de forma irreversible, el equilibrio y funcionamiento de la Amazonia. Dichas investigaciones, señalan que en 2050 el bosque amazónico habría perdido su capacidad para prestar servicios ecosistémicos, con los consecuentes efectos ambientales a escala global, como la liberación del carbono almacenado en él o, como se ha descrito, en la alteración del ciclo del agua. Según Nepstad, et al., (2008), si a los procesos de fragmentación del bosque, en especial a la deforestación, se añaden los impactos del cambio climático, se producirá un deterioro ecológico irreversible en la región en menos de 100 años, dando paso a su sabanización.

Sobre este asunto, Sampaio, et al., (2007), señalan que si el área deforestada en la Amazonia excede el 40% de su extensión total o si el aumento de la temperatura global es superior a 3.5–4 °C (Cox, et al., 2000), se puede llegar al punto de no retorno. Los efectos de dichas transformaciones conducen a cambios que alteran el flujo de humedad hacia la Amazonia y pueden reflejarse en la reducción de las precipitaciones e



intensas sequías. Aunque autores como Marengo, et al., (2011), señalan que la existencia del punto de inflexión todavía requiere mayor investigación, las interacciones entre el cambio climático y la deforestación aumentan la probabilidad que este ocurra, puesto que la deforestación induce a cambios en el clima, que pueden inhibir la regeneración del bosque.

Con respecto a las proyecciones de deforestación en la cuenca amazónica, Alvez, et al., (2017), indican que para 2030, la pérdida de bosque alcanzará aproximadamente el 28% del área total de la cuenca, mientras que en 2050 aumentará al 38%. Teniendo en cuenta dichos escenarios hipotéticos, Marengo et al., (2011), señalan que casi todos los modelos que relacionan la deforestación con la precipitación muestran una reducción significativa en las lluvias, así como la disminución del flujo de corrientes de viento y un aumento de la temperatura del aire.

A nivel global, Molina et al, (2019), encontraron que la pérdida de bosques puede tener impactos generalizados en las precipitaciones continentales, relacionados con cambios en la distribución del viento. Al respecto, uno de los resultados de la investigación de Ruiz et al, (2020), es que a medida que las áreas deforestadas aumentan sobre la cuenca del Amazonas, se inducen cambios en el transporte de vapor de agua sobre América del Sur, debido a que el flujo transecuatorial hacia el norte observado durante el verano boreal se debilita; mientras que, el flujo transecuatorial hacia el sur durante el verano austral se mejora, lo que afecta el transporte de humedad atmosférica entre los dos hemisferios y, por tanto, en el inicio y la desaparición de los monzones americanos, especialmente el monzón sudamericano, que depende de dicha circulación.

A pesar de lo anterior, los citados autores, advierten que se necesitan estudios más rigurosos para evaluar la influencia de la deforestación en el flujo transecuatorial en América del Sur, ya que este proceso forma parte de mecanismos complejos a gran escala como la circulación meridional de la célula de Hadley continental.

A nivel regional, el ciclo hidrológico en la cuenca del Amazonas puede verse alterado por diversas causas, como eventos extremos impulsados por forzamientos macroclimáticos como el Niño-Oscilación del Sur (ENOS) (Xavier, et al., 2010); altas temperaturas anómalas en el Atlántico Norte Tropical asociadas con el aumento del transporte de humedad hacia la cuenca; inundaciones relacionadas con la influencia de eventos de La Niña; anomalías de la temperatura superficial marina del Atlántico Sur Tropical e Indo-Pacífico (Cavalcanti, et al., 2016) y, de especial importancia para el análisis que se presenta en este documento, por la pérdida de la cobertura boscosa, al causar respuestas no lineales del régimen de circulación atmosférica y alteraciones en el proceso de retroalimentación entre la evapotranspiración y la precipitación, asociadas con un debilitamiento de la convergencia de la humedad y la célula regional de Walker sobre el noreste de América del Sur y el suroeste del Atlántico Norte Tropical (Ruiz, et al., 2020).

El modelo no lineal construido por Boers, et al., (2017), para analizar los efectos en cascada de la deforestación en la generación de humedad en la cuenca amazónica, muestra que la pérdida de bosque en la región conduce a la disminución de la evapotranspiración y a una retroalimentación positiva asociada con la liberación atmosférica de calor latente. El modelo analizó estas dos variables en temporada de monzones (diciembre a febrero), con el fin de mostrar resultados en un ambiente “conservador”, ya que los efectos de la deforestación sobre el ciclo del agua pueden ser más severos durante la estación seca. Los resultados de la investigación indican que reemplazar el bosque amazónico por tierras de cultivo o por pastos, conduce al aumento del albedo y, en consecuencia, a la reducción de la radiación superficial. Lo anterior, genera una disminución de la evapotranspiración en al menos un 20%, pasando de 0.16 mm/h a 0.13 mm/h.

De esta manera, el citado estudio concluye que a nivel regional para el escenario de deforestación a 2030 propuesto por Alvez, et al., (2017), las estaciones secas largas aumentarán su frecuencia de ocurrencia en un 29% con respecto al escenario de referencia, mientras que, la frecuencia de las estaciones secas cortas se reducirá en un 20%. Para el escenario 2050, las estaciones secas largas aumentarán a 57%. En síntesis, los resultados indican que los mayores impactos asociados con la reducción de la advección de humedad se observan en la Amazonia occidental y la región de transición Amazonia-Andes, con mayor intensidad en Perú, Bolivia y Ecuador (Ruiz, et al., 2020).

En la escala local, algunos estudios indican que la deforestación podría generar el aumento de las precipitaciones a través de lo que da Silva, et al., (2008) llaman “brisa forestal”; proceso en el que los bosques crean un efecto de convergencia entre las zonas boscosas y deforestadas, dando origen a aumentos en las precipitaciones impulsadas por la convección en los límites de la región deforestada. Sin embargo, el análisis de estas respuestas locales a la pérdida de cobertura vegetal depende de la escala en la que se presenten.

Al respecto, D´Almeida, et al., (2007), encontraron que, para pequeños parches de deforestación en zonas extensas de bosques, se presenta un aumento de la precipitación en áreas deforestadas y cambios menores en la evapotranspiración, la temperatura media y la frecuencia de precipitaciones. Sin embargo, esta relación entre el aumento de las precipitaciones y pequeñas áreas deforestadas se podría revertir, cuando la pérdida de bosque alcance un nivel de deforestación mayor (en parcelas de 30-50 km) (Debortoli, et al., 2016), lo que llevaría a la reducción de las precipitaciones y al aumento de las sequías, al alterar el proceso de reciclaje del agua a través del bosque (Dubreuil, et al, 2021).

De esta manera, es claro que la deforestación genera una ruptura de la retroalimentación atmosférica descrita en la sección anterior y tiene marcadas consecuencias en la formación de los ríos voladores de la Amazonia. Cuando se cambia el uso del suelo de la región, se reduce el vapor de agua que produce y hace que el calentamiento atmosférico total caiga a niveles en los que se

disminuye la formación de precipitación entre un 30%-40% en zonas que no presentan deforestación y un déficit hídrico en áreas del sureste de América del Sur, en las que se presenta alta densidad poblacional (Boers, et al., 2017).

Lamentablemente, estudios como el de Boers, et al., (2017), señalan que, incluso después de una reforestación completa de las zonas de bosque que se han perdido en la región, el sistema no podría volver a recuperar el proceso de retroalimentación que ha permitido la regulación del ciclo del agua, puesto que, la vegetación que reemplazaría el bosque natural nunca tendrá la capacidad para generar la transpiración necesaria para que la humedad atmosférica libere el calor latente requerido para mantener la retroalimentación atmosférica positiva.

Así las cosas, la Amazonia no puede soportar una mayor deforestación; se requiere frenar los motores que inducen a los cambios en el uso del suelo, que permitan conservar el bosque que aún queda para garantizar que continúe siendo la base fundamental para la regulación del ciclo hidrológico, como lo ha hecho durante milenios (Lovejoy y Nobre, 2019).

## **EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO IMPULSOR DE LA SABANIZACIÓN DE LA AMAZONIA**

Algunos fenómenos de transición lentos e irreversibles, con impactos a escala global, representan fuerzas transformadoras de los sistemas socioecológicos. Estos son conocidos como megatendencias y deben ser vistas desde una perspectiva multidimensional y compleja; es decir, su impacto no solo afecta condiciones ambientales y ecosistémicas, sino que genera presiones sociales, políticas y económicas. Una de las principales megatendencias del cambio ambiental global es el cambio climático, que afecta multidimensionalmente las sociedades y los ecosistemas. En el último informe del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), se indica que una variación de más de 1,5°C en la Temperatura Media Global (TMG), desencadenará procesos que llevarán principalmente a la biósfera, la hidrósfera y la antropósfera hacia un nuevo estado, alterando el equilibrio global que se ha mantenido en los últimos 11.000 años aproximadamente (IPCC, 2021).

De esta variación en la TMG, se esperan, entre otros, alteraciones en las dinámicas ecosistémicas, aumento en el nivel del mar, eventos extremos de lluvia o sequías, migraciones de poblaciones, entre otros. A nivel político, estos posibles cambios futuros han generado movimientos dentro de la “emergencia climática mundial”, y han llamado a los países a la acción, para que, a partir de un trabajo colectivo y sinérgico, se contrarresten los potenciales efectos del cambio climático en las décadas venideras (IPCC, 2021).

Partiendo de esta perspectiva, los procesos de transición que tendrá la Amazonia como consecuencia del cambio climático se enmarcan en un sistema dinámico, complejo e integrado con ciclos de retroalimentación positivas y negativas. Los resultados

de la investigación de Marengo (2009), en la que se aplicaron complejos modelos climáticos regionales, sugieren que la región amazónica oriental puede volverse más seca en el futuro, y que este proceso de pérdida de humedad podría verse exacerbado por retroalimentaciones positivas con la vegetación. De otro lado, desde una perspectiva temporal y espacial más amplia, la mayoría de los Modelos de Circulación Global predicen que la acumulación de emisiones de GEI, y los aumentos asociados en el forzamiento aditivo de la atmósfera, causarán una disminución sustancial, de cerca del 20% de las precipitaciones en el este de la Amazonia para fines de siglo, con las mayores disminuciones hacia el final de la temporada de lluvias y en la estación seca. Estos cambios heterogéneos en el tiempo y el espacio tendrán impactos significativos y variables en los procesos ecológicos del bosque amazónico (Dubreuil, et al., 2021).

De esta forma, la Amazonia puede verse seriamente transformada, dejando de cumplir funciones regulatorias en los ciclos naturales, como el ciclo hidrológico, el ciclo de carbono, el de nitrógeno, entre otros. Dichas variaciones, como se ha mencionado, crean nuevas dinámicas que se expresan en cambios de cobertura vegetal, aumento de aridez del suelo, o variaciones en los tiempos y duración de las temporadas de lluvia, como concluyen las investigaciones de Debortoli, et al., (2015), al señalar que, en algunas zonas al sur del Amazonas, se ha percibido una extensión de la temporada seca en casi una semana por década.

Según Kruijt, et al., (2014), los impactos del cambio climático se amplifican con factores antropogénicos como el cambio de uso del suelo y la quema de biomasa. Estos efectos pueden favorecer la transformación de la vegetación del bosque en sabana. A pesar que algunos modelos acoplados que analizan las relaciones entre el cambio climático y la deforestación, muestran que si la pérdida de bosques es baja, es poco probable que se presente una sabanización generalizada causada solamente por el cambio climático para 2100, no se puede descartar un rápido declive de la biomasa en la región, puesto que aún existe incertidumbre respecto de la sensibilidad de los bosques amazónicos a las variaciones climáticas y los efectos del cambio de uso del suelo, particularmente en relación con la fertilización, las dinámicas del fuego, la incidencia de la sequía y el desarrollo socioeconómico. Por otro lado, los efectos no serán generalizados en toda la región amazónica, dadas las dinámicas y características particulares de cada zona. Sobre lo anterior, el proyecto AMAZALERT<sup>5</sup>, que investiga los impactos del cambio climático y los cambios en el uso del suelo en la región, concluyó que las regiones sur y este de la cuenca amazónica son más vulnerables al cambio climático que el norte y el noroeste (AMAZALERT, 2014).

En lo que respecta al impacto del cambio climático en la precipitación en la región, Poveda (2011) señala que como consecuencia del incremento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en

<sup>5</sup> Más información disponible en <http://www.eu-amazalert.org/publications/deliveryreports>

la atmósfera, es posible que las lluvias sobre la cuenca amazónica se reduzcan entre 1 a 2 mm por día, lo que probablemente indicaría a un proceso de sabanización de la región. De forma similar, Betts, et al., (2004), indican que el aumento de la concentración de GEI podría afectar el clima regional del Amazonas al reducir el retorno de humedad a la atmósfera por la evapotranspiración.

De esta manera, los impactos previstos por el cambio climático, sumados a la deforestación, aumentan la probabilidad de que cerca del 50% del área total de la gran cuenca de la Amazonia se transforme en sabana en los próximos 100 años (IPCC, 2021). Sobre estas proyecciones, Cox, et al., (2004), señalan que determinar el efecto agregado del cambio climático a gran escala y de la deforestación local es un asunto complejo; sin embargo, la fragmentación de los bosques amazónicos y la vegetación que crece después de la deforestación, son factores que inciden en la intensidad del cambio climático futuro. Esta hipótesis, fue analizada por Sampaio, et al., (2007), y su trabajo concluyó que el impacto de la deforestación sobre el clima a largo plazo podría depender del umbral de las áreas deforestadas y de la organización espacial de los parches de bosque remanentes, pero, en todo caso, la sabanización de la región es un riesgo latente.

Adicionalmente a lo anterior, la deforestación del bosque amazónico reduce la capacidad de captura de carbono en la biomasa, debido al cambio de densidad en la cobertura y los cambios en el uso del suelo. Según Gatti, et al., (2021), la Amazonia se ha convertido en una fuente de emisiones de GEI en vez de mantener su estatus como sumidero de carbono, como lo ha hecho durante milenios. En otras palabras, su capacidad de regulación del balance global de carbono ha sido alterada y el balance neto es considerado hoy día como una fuente adicional de GEI en la atmósfera. Dichas emisiones contribuyen a que el sistema amazónico adquiera una dinámica nueva, generando, como se ha expresado anteriormente, un proceso de retroalimentación positiva dentro del ciclo global de carbono y efectos en la reducción de las precipitaciones. Si se mantiene el ritmo actual de deforestación de la región, sumado a los efectos del cambio climático, se podría acelerar la llegada del punto de no retorno de 2050 a 2030.

## **INFLUENCIA DE LOS RÍOS VOLADORES DE LA AMAZONIA EN LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE BOGOTÁ Y LA REGIÓN CIRCUNDANTE: ALGUNAS APROXIMACIONES INICIALES.**

Para entender los efectos de la “deforestación de los ríos voladores de la Amazonia” en la disponibilidad hídrica de Bogotá D.C. y la región circundante, lo primero es comprender el proceso de formación de la precipitación en dicho territorio.

En Colombia, el régimen de lluvias está fuertemente determinado por las interacciones entre el océano, la atmósfera y el relieve. Gan cantidad de la humedad que recibe el país proviene

del Océano Atlántico y del reciclaje terrestre de agua, siendo las cuencas del Orinoco y Amazonas importantes proveedoras regionales de humedad atmosférica (Hoyos, et al., 2018). Además, la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), los vientos alisios y el sistema montañoso de los Andes que atraviesa el territorio colombiano influyen la distribución de la precipitación en el país.

Así, por ejemplo, en el centro y el oeste de Colombia, se presenta un ciclo bimodal anual de precipitación con marcadas temporadas de altas lluvias (abril-mayo y septiembre-noviembre) y bajas precipitaciones (diciembre-febrero y junio-agosto), impulsadas principalmente por el doble paso de la ZCIT. En la costa norte del Caribe y hacia el flanco pacífico del istmo meridional, las precipitaciones presentan un ciclo anual unimodal (mayo-octubre), lo que refleja la posición más septentrional de la ZCIT sobre el continente y el Pacífico ecuatorial oriental, respectivamente. Hacia los Andes orientales, se presenta un único pico anual de lluvias (junio-agosto), como resultado del encuentro de los vientos alisios que vienen cargados de humedad del Amazonas con los Andes (Poveda, et al., 2011).

En la Sabana de Bogotá, el régimen de lluvias depende de la migración de la ZCIT influenciada por los vientos alisios y del transporte de masas de aire húmedo desde zonas como el Valle del Magdalena. Al respecto, Guhl (2012) señala que la distribución de las precipitaciones en dicha región está influenciada por la topografía. Es así como, en las montañas que encierran la Sabana de Bogotá se presentan precipitaciones mayores que en las partes planas, al ofrecer una amplia superficie de evaporación que posibilita la formación de nubes, así como de corrientes de convección, las cuales, al chocar con las vertientes de las montañas se descargan y generan lo que se conoce como “lluvias orográficas” (Guhl, 2012).

El autor, además afirma que la Sabana actúa como un espacio de calentamiento que restablece la atmósfera con humedad, a través de lo que se conoce como “efecto sartén”, un fenómeno que se hace más fuerte por la presencia de los vientos ascendentes y periféricos de la Sabana que vienen cargados de humedad desde el valle del Magdalena y el piedemonte de los Llanos Orientales (Guhl, 2012).

Estos procesos de convección influenciados por los vientos alisios, alimentan los principales componentes del sistema de abastecimiento hídrico de Bogotá y la región circundante: los páramos de Chingaza y Sumapaz. El páramo de Chingaza se localiza a 40 km al oriente de Bogotá D.C. y aporta cerca del 80 % del agua que se consume en la ciudad. Este valioso ecosistema, hace parte del subsistema Andino Atlántico, que recibe una gran cantidad de humedad del Océano Atlántico, la Orinoquía y la Amazonia, la cual es transformada en precipitación orográfica (Vargas y Pedraza, 2004), que es indispensable para la regulación del caudal de la parte de la cuenca que se aprovecha para el abastecimiento hídrico de Bogotá, localizada en las cabeceras de los ríos Chuza, La Playa y Frío, afluentes del río Guatiquía y del río Blanco.

Lo anterior, fue analizado por Rondón, et al., (1996), quienes concluyeron que la formación del 60% de las lluvias orográficas anuales en el páramo de Chingaza, dependen del transporte de agua proveniente de la Amazonia, lo que permite afirmar que la alteración de las dinámicas hidrológicas descritas en la sección II, sumadas a los efectos del cambio climático como el aumento de la temperatura en el páramo y los impactos que esto conlleva sobre su capacidad de regulación hídrica, pone el peligro el abastecimiento de agua para los habitantes de la capital del país y los municipios aledaños.

En lo que se refiere al cambio climático, según la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, (TCNCC), Bogotá D.C. se configura como una ciudad vulnerable, al presentar muy alta sensibilidad y baja capacidad adaptativa, la cual está dada principalmente por una débil facultad para garantizar la seguridad alimentaria y la oferta hídrica (IDEAM, et al., 2017).

Lo anterior, según se indica en el reciente Plan de Acción Climática (PAC) formulado por la ciudad, continúa presentándose, a pesar de los esfuerzos del Distrito Capital para incorporar la gestión del cambio climático en los instrumentos de planificación y gestión ambiental, territorial, del riesgo de desastres, así como en proyectos, normas y políticas de desarrollo territorial (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020).

En el citado PAC, se indica que el análisis de escenarios de precipitación y temperatura en Bogotá D.C. en el periodo 2011-2040, muestra que, con referencia al registro anual de lluvias entre 1975 y 2005, se prevé que hacia el occidente de la ciudad aumentará el porcentaje de lluvias hasta en un 35 % para 2040, mientras que, en los Cerros Orientales y la zona sur de la localidad de Sumapaz, en la que se localiza el páramo que lleva el mismo nombre, se proyecta un importante descenso de hasta 15 % (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020).

A nivel regional, el análisis de los escenarios climáticos en el periodo 2040-2070 reportados en el Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (PRICC), indica que el cambio climático en la región puede generar la disminución de la precipitación en cerca del 10% y 20% en la zona occidental del departamento, particularmente hacia el valle del Magdalena y en algunas zonas del norte de la Sabana y el oriente, incluidos sectores del páramo de Chingaza (IDEAM, et al., 2014).

En línea con lo anterior, el análisis de extremos climáticos muestra un aumento de las lluvias extremas hacia el centro de Cundinamarca del orden de 6% a 9% por década, lo que significa que en 50 años se pueden tener entre 30% a 40% más de precipitaciones extremas en comparación a lo actual. Para el oriente del Departamento, se pueden presentar disminuciones en las precipitaciones extremas del orden de -4% a -10% por década, lo que significa que en 50 años se pueden tener entre -20% a -50% menos de precipitaciones extremas en comparación a lo actual (IDEAM, et al., 2014).

Estas proyecciones pueden tener implicaciones en dos escenarios; por una parte, en mayores riesgos por inundaciones e impactos agroclimáticos y, por otra, en la disminución de las áreas de

recarga de los ríos y quebradas como las que se mencionaron que nacen en el páramo de Chingaza y alimentan los embalses ubicados en esta área del Departamento (IDEAM, et al., 2014).

En lo que respecta a las condiciones de la región Bogotá Cundinamarca para garantizar el suministro de agua, su localización geográfica la hace altamente dependiente de la variación en los patrones climáticos de temperatura y precipitación, puesto que, la ciudad y gran parte de los municipios de Cundinamarca, se ubican muy cerca del nacimiento de los principales ríos que alimentan sus acueductos, lo que lleva a que, según el PRICC “el estudio de su vulnerabilidad ante los cambios en el clima, necesariamente parta del análisis de los servicios ecosistémicos de disponibilidad y regulación hídrica, y cómo estas dinámicas condicionan la sensibilidad, la exposición y la capacidad adaptativa de la región” (IDEAM, et al., 2014a, p.7 ).

Los resultados del citado estudio indican que, bajo escenarios de cambio climático, para 2050 los cambios en la disponibilidad hídrica de Bogotá–Cundinamarca se reflejarán en mayor vulnerabilidad a lo largo de la Sabana de Bogotá, en municipios como: Guachetá, Fúquene, Tausa, Facatativá, Subachoque, Cáqueza y Fómeque, así como en las zonas que alimentan los embalses de Chivor y Guavio. Sin embargo, aún se requieren análisis más detallados sobre la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento hídrico de Bogotá y la región circundante, los cuales deben integrar otros factores que intensifican los cambios hidroclimáticos, como la deforestación (IDEAM, et al., 2014a).

De esta forma, el cambio climático representa un desafío para la gestión de los recursos hídricos, ya que le añade el factor de incertidumbre. En este contexto, una mayor capacidad para pronosticar la variación en los caudales de las fuentes hídricas de las cuales se abastece la región, integrando variables hasta ahora poco analizadas, como los efectos de la deforestación y la sabanización de la Amazonia en la cantidad de precipitación que es transportada por los ríos voladores hacia regiones de los Andes Tropicales del Norte, la Cuenca del Río Magdalena y la Cuenca del Orinoco, puede contribuir a mejorar significativamente la gestión de los recursos hídricos y su capacidad para hacer frente a los efectos del cambio climático.

Otros análisis más integrales sobre este asunto se presentan en el estudio de Diazgranados, et al., (2021), quienes analizaron los efectos del cambio climático en la capacidad de los páramos para la prestación de servicios ecosistémicos. Los resultados indican que, producto del cambio climático, se espera que las caídas en los patrones de precipitación y la pérdida de glaciares afecten significativamente la disponibilidad de agua en este tipo de ecosistemas; sin embargo, estimar la escala y la intensidad de los impactos, continúa siendo un tema complejo, en cuyo análisis se deben considerar las características territoriales específicas. Lo anterior, está asociado con la pérdida del espacio ambiental para que una especie proporcione un servicio ecosistémico, lo que resulta en una pérdida neta de individuos que proporcionan ese servicio ecosistémico en particular.



La situación descrita, fue reconocida en un reciente informe de la Contraloría de Bogotá sobre el presente y futuro del agua para Bogotá D.C., en el que se señala que como consecuencia del cambio climático se prevé una reducción del 5,5% del Caudal Confiante Continuo de los embalses (Contraloría de Bogotá, 2020) que son alimentados por los sistemas de abastecimiento descritos, hecho que sumado al deterioro en cantidad y calidad de las fuentes hídricas, así como la deforestación de importantes zonas de regulación hídrica, pone en riesgo el futuro de la cantidad de agua disponible para su captación, almacenamiento y distribución.

En este contexto, una de las zonas de regulación hídrica que ha sido poco reconocida como estratégica para garantizar la disponibilidad de agua de Bogotá D.C. y los municipios circundantes es la región amazónica, ya que al por su aparentemente lejanía de la ciudad se ve como un espacio marginal al centro del país, que presta unos servicios ecosistémicos locales y poco se ha analizado sobre su influencia en la regulación hídrica en dicho territorio, que como se ha explicado a lo largo de este artículo, reviste de gran importancia en el transporte de humedad a través de los ríos voladores para la formación de precipitaciones en la región y, por tanto, en la recarga de las fuentes hídricas de las que depende su abastecimiento de agua.

De lo anterior, se concluye que, existen fuertes relaciones entre los ríos voladores de la Amazonia y la regulación hídrica en los principales sistemas de abastecimiento de agua de Bogotá D.C. y la región circundante. Si la deforestación en la Amazonia continúa, tiene el potencial de disminuir las precipitaciones que llegan a los Andes, la cuenca del Orinoco y la cuenca del Magdalena y, por tanto, en la capacidad de las fuentes hídricas para la recarga de agua, con los consecuentes impactos sobre el bienestar y la calidad de vida de los habitantes de la capital del país y los municipios aledaños.

Para avanzar en la comprensión sistémica y holística de dichas dinámicas, es necesario desarrollar análisis de series de tiempo de mínimo 30 años de los niveles de los caudales de los ríos y embalses que abastecen a Bogotá D.C. y la región circundante, con las tasas de deforestación de la Amazonia y las proyecciones de los escenarios climáticos, que permitan determinar las relaciones entre dichas variables y su influencia en la seguridad hídrica de los habitantes de Bogotá D.C. y la región circundante.

Un aspecto fundamental que resulta de interés para integrar en dicho análisis es la propuesta que hace Guhl (2012) sobre la Región Hídrica de Bogotá (RHB), fundamentada en la Gestión Integrada del Agua y el Territorio (GIAT), que reconoce la importancia de organizar el territorio y su gobernanza en función del agua.

La GIAT va más allá de la concepción limitada de la gestión de los recursos hídricos que tradicionalmente ha primado en el país, en la que el territorio de intervención se reduce principalmente a los límites municipales, y no se tienen en cuenta las interdependencias espaciales, en particular el carácter regional

del ciclo hidrológico y las dinámicas entre la orografía y los ecosistemas indispensables para el mantenimiento y la regulación del agua, las cuales tienen, en su mayoría, una extensión supramunicipal (Guhl, 2012) y para el caso que se analiza en este artículo supra regional.

Para alcanzar este enfoque, Guhl (2012), propone el concepto de Región Hídrica, cuyos límites resultan de la integración de los siguientes criterios que se consideran esenciales para el ordenamiento y planificación del territorio en función del agua: 1. *el hidrográfico*, como estructurante y que debe abarcar tanto el sistema hídrico natural como el construido, es decir los embalses, trasvases de aguas que provienen de otras cuencas, canales, conducciones, entre otros; 2. *el político-administrativo*, que determina el espacio para la gestión del Estado con relación al territorio y al agua, desde las competencias municipales y 3. *el ecológico*, que abarca los ecosistemas de cuya conservación y buen funcionamiento depende la prestación de los servicios ambientales que garantizan la disponibilidad de agua suficiente y de buena calidad para satisfacer las necesidades sociales y naturales de la región.

Es así como, en la integración de los criterios 1 y 3, se sugiere considerar los servicios ecosistémicos que el bosque amazónico presta para el reciclaje de la humedad y su transporte hacia Bogotá D.C. y la región circundante a través de los ríos voladores, como fuente fundamental para la formación de precipitaciones y por tanto, para la regulación del ciclo del agua y el abastecimiento hídrico en la RHB, la cual, de acuerdo con la propuesta de Guhl (2012), no solo abarca la cuenca del Río Bogotá, sino que incluye los límites de la jurisdicción de 53 municipios de la cuenca y el Distrito Capital, con una extensión de 9.582 Km<sup>2</sup>, abarcando los páramos de Sumapaz y Chingaza (Guhl, 2012).

## CONCLUSIONES: ¿QUÉ HACER? HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

El rol activo que juega la Amazonia en la regulación climática e hidrológica global y regional, puede verse alterado por los motores del cambio ambiental descritos en este artículo. Los modelos que analizan las tasas de deforestación y las proyecciones climáticas indican que a 2100 la Amazonia será una región más seca, lo cual acelerará el proceso de sabanización. Dado que el bosque amazónico es un sistema complejo, la combinación de estos factores puede llevar a que la región llegue a un punto de no retorno, con los consecuentes impactos sobre la prestación de servicios ecosistémicos.

En lo que se refiere al transporte de humedad atmosférica que viaja desde la Amazonia hacia otras regiones, el proceso se ha estudiado a partir de una variedad de métodos y modelos matemáticos que integran diferentes variables; sin embargo, a pesar de que cada vez los estudios son más robustos y complejos, no se han analizado los efectos agregados de la deforestación y el cambio climático en la Amazonia en regiones ubicadas a grandes

distancias como Bogotá D.C. y los municipios circundantes, un territorio en el que habitan más de 12 millones de personas y que tiene la característica de ser altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, en especial sobre la dimensión de seguridad hídrica.

En este contexto, resulta indispensable avanzar en la investigación científica que permita comprender las teleconexiones entre el reciclaje de agua en la Amazonia y el ciclo hidrológico de la capital del país y la región circundante. En este análisis, es fundamental considerar aspectos como la variabilidad climática en múltiples escalas de tiempo, por ejemplo, en las diferentes fases de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO); los procesos atmosféricos y físicos en los páramos de Sumapaz y Chingaza; el nivel de los ríos y los embalses que almacenan el agua para su posterior distribución; los efectos locales del cambio climático y aspectos álgidos de gobernanza y gobernabilidad de las instituciones y demás actores sociales que interactúan en la gestión del agua.

Una política integral para la gestión del agua y el territorio en Bogotá D.C. y la región circundante, debe considerar la acción coordinada entre los niveles nacional, regional, municipal y Distrital. En el orden regional, los límites político-administrativos, en los que comúnmente se centran las acciones de las autoridades ambientales y demás actores encargados de dicha gestión, superan las teleconexiones entre el ciclo hidrológico de los páramos de Sumapaz y Chingaza y la Amazonia descritas en este documento. Bajo este escenario, los análisis futuros sobre el abastecimiento de agua en Bogotá D.C., deben integrar variables complejas, como las dinámicas de los ríos voladores de la Amazonia y, a partir de ello, diseñar estrategias innovadoras que propendan por mantener la homeostasis para la formación de precipitaciones, que es regulada por el bosque amazónico.

A nivel local, resulta crítico el análisis de las propiedades funcionales de los páramos de los cuales depende el abastecimiento de agua en Bogotá D.C. y los municipios aledaños; esto abarca el monitoreo de su productividad en términos hidrológicos, incluyendo los efectos de la deforestación y el cambio climático en la Amazonia para la formación de precipitaciones. Para tal efecto, la recomendación de Diazgranados, et al., 2021, de la necesidad de instalar estaciones de monitoreo hidroclimáticas permanentes y de acceso al público en general, que den muestra de cambios pequeños que ocurran antes de que un cambio más grande sea inminente, puede aportar al diseño y ajuste de las estrategias y los planes de gestión para hacer frente a dichos impactos.

En este contexto, es importante señalar que los impactos sobre los servicios ecosistémicos pueden modificar la dinámica social y económica de las comunidades locales y afectar sus medios de vida, por lo tanto, se hace un llamado a los gobiernos para que actúen de manera coordinada y comprendan que los Sistemas de la Tierra están interconectados y que una intervención local puede tener efectos drásticos en aspectos fundamentales para el bienestar y la calidad de vida, como la

disponibilidad hídrica, en regiones localizadas a gran distancia de donde estos ocurren.

De otro lado, se considera oportuno migrar hacia una aproximación de gestión “*pull-push*”, es decir, buscar soluciones para la gestión del recurso hídrico, tanto en su entrada (región amazónica) como en su salida (disponibilidad hídrica de Bogotá y la región circundante), de tal manera que se favorezca la acumulación del recurso en las zonas de recarga para la ciudad. Lo anterior, es un asunto complejo y difícil, si se asume que es muy probable que, si no se toman acciones drásticas, la Amazonia llegará a un punto de no retorno.

Enfrentar este reto, requiere que las acciones realizadas localmente para la reducción de la deforestación y conservación de los bosques, se articulen con todos los países amazónicos, a través de programas internacionales/transnacionales; puesto que, implementar soluciones aisladas, siguiendo los límites político-administrativos de las naciones, no llevará a las transformaciones necesarias para garantizar que el bosque amazónico continúe prestando los servicios ecosistémicos de alcance regional y global que se han descrito en este documento.

En este camino, el fortalecimiento de la gobernanza de los bosques; romper las estructuras de poder entre los actores responsables de los cambios en el uso del suelo; las acciones locales de restauración de cuencas y zonas degradadas, bajo el enfoque de tratar de replicar las funciones del bosque, puesto que la reforestación nunca reemplazará el bosque nativo; la creación de un escudo amazónico en el piedemonte andino-amazónico para la conservación de zonas boscosas colindantes con la región Andina, son algunas de las alternativas que requieren de un trabajo conjunto y colectivo.

Para finalizar, se reitera la necesidad de profundizar en la investigación sobre las interconexiones no lineales entre la Amazonia, la Orinoquía y los Andes, con el fin de comprender holísticamente el impacto de la alternación del bosque amazónico en la integridad ecológica, biológica y climática de los páramos de los cuales depende el abastecimiento hídrico de Bogotá D.C. y la región circundante. El estado de salud del bosque amazónico para la prestación de servicios ecosistémicos de alcance regional y global está en riesgo por la deforestación, que se retroalimenta con el cambio climático, en una especie de círculo vicioso, y, por lo tanto, su conservación debe ser el centro de las estrategias para avanzar hacia la sostenibilidad territorial.

La bibliografía especializada revisada en esta investigación es un aporte importante al estado del arte sobre el estudio de las dinámicas de los ríos voladores de la Amazonia y su influencia en la disponibilidad de agua en otras regiones y puede servir de punto de partida para el planteamiento de hipótesis de investigación, que aporten cada vez más al conocimiento de las teleconexiones de los Sistemas de la Tierra, como fundamento para la toma de decisiones para evitar la sabanización de la Amazonia y con ello la pérdida de los valiosos e irremplazables servicios ambientales que presta el bosque tropical.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), por su colaboración para la elaboración de esta investigación, así como al profesor y amigo Ernesto Guhl Nanetti, por sus valiosas enseñanzas y aportes, que enriquecieron las reflexiones contenidas en este artículo.

## REFERENCIAS

- Alvez, L., Marengo, J., Fu, R., & Bombardi, R. (2017). Sensitivity of Amazon Regional Climate to Deforestation. *American Journal of Climate Change*, 6(1), 75-98. doi:10.4236/ajcc.2017.61005
- AMAZALERT. (2014). Impactos del clima y el uso del uso en los bosques tropicales de la Amazonia. Resumen de los resultados de AMAZALERT. Brasil: AMAZALERT, A research project on impacts of climate change and land use change in Amazonia. Obtenido de <http://www.eu-amazalert.org/media/default.aspx/emma/org/10857486/AMAZALERT+Factsheet%2c+N%3%bamero+7+Impactos+del+clima+y+el+uso+del+uso+en+los+bosques+tropicales+de+la+Amazon%3%ada.pdf>
- Ampuero, A., Strikis, N., Apaestegui, J., Vuille, M., Novello, F., Espinoza, C., . . . Sifeddine, A. (2020). The Forest Effects on the Isotopic Composition of Rainfall in the Northwestern Amazon Basin. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(4), 1-16. doi:<https://doi.org/10.1029/2019JD031445>
- Betts, R., Cox, P., Collins, M., Harris, P., Huntingford, C., & Jones, P. (2004). The role of ecosystem-atmosphere interactions in simulated Amazonian precipitation decrease and forest dieback under global change warming. *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 157-175. doi:<https://doi.org/10.1007/s00704-004-0050-y>
- Boers, N., Marwan, N., Barbosa, H., & Kurths, J. (2017). A deforestation-induced tipping point for the South American monsoon system. *Scientific Reports*, 7(41489), 1-9. doi:10.1038/srep41489.
- Bonan, G. (2008). Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, 320(13), 1444-1449. doi:10.1126/science.1155121
- Botero, R. (2020). Disminuye la velocidad de la deforestación, pero se agota la Reserva Forestal de la Amazonia. *Colombia Amazónica* (12), 61-78. Obtenido de [https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/12/1%20Hacia%20una%20Amazonia%20sostenible\\_ideas%20para%20una%20pol%3%ADtica%20p%3%BAblica.pdf](https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/12/1%20Hacia%20una%20Amazonia%20sostenible_ideas%20para%20una%20pol%3%ADtica%20p%3%BAblica.pdf)
- Botero, R., & Rojas, A. (2018). Transformación de la Amazonia. Repercusiones del efecto sinérgico entre políticas erráticas e ingobernabilidad. *Colombia Amazónica*(11), 9-24. Obtenido de <https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/11/1%20transformacin%20de%20la%20amazonia%20repercusiones%20del%20efecto%20sinrgico%20entre%20polticas%20errticas%20e%20ingobernabilidad.pdf>
- Builes-Jaramillo, A., Marwan, N., Poveda, G., & Kurths, J. (2018). Non-linear interactions between the Amazon River basin and the Tropical North Atlantic at interannual timescales. *Climate Dynamics*, 50(7), 2951-2969. doi:<https://doi.org/10.1007/s00382-017-3785-8>
- Carmona, A., Poveda, G., Sivapalan, M., Vallejo-Bernal, S., & Bustamante, E. (2016). A scaling approach to Budyko's framework and the complementary relationship of evapotranspiration in humid environments: Case study of the Amazon River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(2), 589-603. doi:<https://doi.org/10.5194/hess-20-589-2016>
- Cavalcanti, I., Marengo, J., Alves, L., & Costa, D. (2016). On the opposite relation between extreme precipitation over west Amazon and southeastern Brazil: observations and model simulations. *International Journal of Climatology*, 37(9), 3606-3618. doi:<https://doi.org/10.1002/joc.4942>
- Contraloría de Bogotá. (2020). Presente y futuro del agua para Bogotá D.C. Bogotá: Contraloría de Bogotá. Dirección de estudios de economía y política pública. Obtenido de <http://www.contraloria-bogota.gov.co/sites/default/files/Contenido/Informes/Estructurales/Ambiente/Informe%20presente%20y%20futuro%20del%20agua%2C%20ajustes%20acueducto.pdf>
- Correa, C., Etter, A., Díaz-Timoté, J., Rodríguez, S., Ramírez, W., & Corzo, G. (2020). Spatiotemporal evaluation of the human footprint in Colombia: Four decades of anthropic impact in highly biodiverse ecosystems. *Ecological Indicators*, 117. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106630>
- Cox, P., Betts, R., Harris, P., Huntingford, C., & Jones, C. (2004). Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 137-156. doi:<https://doi.org/10.1007/s00704-004-0049-4>
- Cox, P., Betts, R., Jones, C., Spall, S., & Totterdell, I. (2000). Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature*, 184-187. doi:<https://doi.org/10.1038/35041539>
- D´Almeida, C., Vörösmarty, C., Hurtt, G., Marengo, J., Dingman, L., & Keim, B. (2007). The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. *International Journal of Climatology*, 27(5), 633-647. doi:<https://doi.org/10.1002/joc.1475>
- da Silva, R., Weth, D., & Avissar, R. (2008). Regional Impacts of Future Land-Cover Changes on the Amazon Basin Wet-Season Climate. *Journal of Climate*, 21(6), 1153-1170. doi:<https://doi.org/10.1175/2007JCLI1304.1>
- IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpoguvio, Instituto Alexander von Humboldt, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MADS, DNP. (2014). El cambio climático en la región Bogotá Cundinamarca y sus implicaciones para el desarrollo regional 2011-2100. Bogotá: Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (PRICC). Obtenido de Plan Regional Integral de Cambio Climático: [https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/19770/ImplicacionesCambioClimaticoBogota%28IDEAM\\_2014%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/19770/ImplicacionesCambioClimaticoBogota%28IDEAM_2014%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Debortoli, N., Dubreuil, V., Funatsu, B., Delahaye, F., Henke de Oliveira, C., Rodrigues-Filho, S., . . . Fetter, R. (2015). Rainfall patterns in the Southern Amazon: a chronological perspective (1971-2010).

- Climate Change, 132, 251–264. doi:<https://doi.org/10.1007/s10584-015-1415-1>
- Debortoli, N., Dubreuil, V., Hirota, M., Rodrigues, S., Lindoso, D., & Nabucet, J. (2016). Detecting deforestation impacts in Southern Amazonia rainfall using rain gauges. *International Journal of Climatology*, 37(6), 2889–2900. doi:<https://doi.org/10.1002/joc.4886>
- Diazgranados, M., Rodríguez, P., Tovar, C., Galvis, M., & Suzette, F. (2021). Ecosystem services show variable responses to future climate conditions in the Colombian Páramos. *Peerj*, 1–33. doi:[10.7717/peerj.11370](https://doi.org/10.7717/peerj.11370)
- Dubreuil, V., Arvor, D., Funatsu, B., Nédélec, V., & Mello- Théry, N. (2021). Climate Change in the Amazon: A Multi-scalar Approach. En D. Mercier, *Spatial Impacts of Climate Change*. (págs. 243–263). ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. Obtenido de <http://www.iste.co.uk/book.php?id=1731>
- Faus da Silva, M. A. (2008). Forest and Rainfall Interactions in the Amazon Basin. *Thematic Contribution*, 3(1), 46–53. Obtenido de [https://www.ige.unicamp.br/terrae/V3/PDF/N3/T\\_A5\\_2.pdf](https://www.ige.unicamp.br/terrae/V3/PDF/N3/T_A5_2.pdf)
- Gatti, L., Basso, L., Miller, J., Gloor, M., Gatti, L., Cassol, H., . . . Neves, R. (2021). Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*(595), 388–393. doi:<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>
- Guhl Nannetti, E., & Cifuentes, A. (2020). Hacia una Amazonia sostenible: ideas para una política pública. *Colombia Amazónica*, 12, 13–37. doi:[https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/12/1%20Hacia%20una%20Amazonia%20sostenible\\_ideas%20para%20una%20pol%3ADtica%20p%3BABlica.pdf](https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/12/1%20Hacia%20una%20Amazonia%20sostenible_ideas%20para%20una%20pol%3ADtica%20p%3BABlica.pdf)
- Guhl, E. (2012). Nuestra agua: ¿De dónde viene y para dónde va? Bogotá: Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá.
- Haddad, N., Brudvig, L., Clobert, J., Davies, K., Gonzalez, A., Holt, R., . . . Townshend, J. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth’s ecosystems. *American Association for the Advancement of Science*, 1(2), 1–9. doi:[10.1126/sciadv.1500052](https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052)
- Hoyos, I., Dominguez, F., Cañon-Barriga, J., Martínez, J., Nieto, R., Gimeno, L., & Dirmeyer, P. (2018). Moisture origin and transport processes in Colombia, northern South America. *Climate Dynamics* (50), 971–990. doi:<https://doi.org/10.1007/s00382-017-3653-6>
- IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpoguvio, Instituto Alexander von Humboldt, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MADS, DNP. (2014a). Vulnerabilidad de la región capital a los efectos del cambio climático. Opciones de adaptación. Bogotá: Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá. Obtenido de [http://www.ideam.gov.co/documents/40860/609198/Policy+paper\\_05\\_Vulnerabilidad+de+la+Regi%C3%B3n+Capital.pdf/4b603362-a58b-4a8b-898d-4df500b2536f?version=1.0](http://www.ideam.gov.co/documents/40860/609198/Policy+paper_05_Vulnerabilidad+de+la+Regi%C3%B3n+Capital.pdf/4b603362-a58b-4a8b-898d-4df500b2536f?version=1.0)
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2017). Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Obtenido de IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM.: <http://www.cambioclimatico.gov.co/resultados>
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. Connors, C. Péan, S. Berger, . . . B. Zhou, Edits.) Cambridge University Press. In Press.
- Kruijt, B., Frieden, D., Dolman, H., Meir, P., Aguiar, A.-P., Kok, K., & Bird, N. (2014). AMAZALERT Final project summary for policy. Reino Unido: AMAZALERT project. Obtenido de <http://www.eu-amazalert.org/media/default.aspx/emma/org/10856284/D6.7+AMAZALERT+summary+for+policy+makers.pdf>
- Lovejoy, T., & Nobre, C. (2019). Amazon tipping point: Last chance for action. *Science advances*, 5(12), 1. doi:[10.1126/sciadv.aba2949](https://doi.org/10.1126/sciadv.aba2949)
- Lovelock, J. (1983). Gaia as Seen Through the Atmosphere. En P. Westbroek, & E. de Jong, *Biomining and Biological Metal Accumulation* (págs. 15–25). Springer, Dordrecht. doi:[https://doi.org/10.1007/978-94-009-7944-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-009-7944-4_2)
- Makarieva, A., & Gorshkov, V. (2007). Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1013–1033. doi:<https://doi.org/10.5194/hess-11-1013-2007>
- Mallick, K., Trebs, I., Boegh, E., Giustarini, L., Schlerf, M., Drewry, D., . . . Munger, J. (2016). Canopy-scale biophysical controls of transpiration and evaporation in the Amazon Basin. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 20(10), 4237–4264. doi:<https://doi.org/10.5194/hess-20-4237-2016>
- Marengo, J. (2004). Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon River Basin Water Budget. *Climate Dynamics*, 24(1), 11–22. doi:<https://doi.org/10.1007/s00382-004-0461-6>
- Marengo, A., Nobre, C., Sampaio, G., Salazar, F., & Borma, S. (2011). Climate change in the Amazon Basin: Tippingpoints, changes in extremes, and impacts on natural and human systems. En M. Bush, R. Flenley, & W. Gosling, *Tropical Rainforest Responses to Climatic Change* (págs. 259–283). Berlín: Springer-Verlag .
- Marengo, J. (2009). Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s. *Hydrological Processes*, 23(22), 3236–3244. doi:<https://doi.org/10.1002/hyp.7396>
- Marengo, J., Douglas, M., & Silva, P. (2002). The South American low-level jet east of the Andes during the 1999 LBA-TRMM and LBA-WET AMC campaign. *Journal of Geophysical Research*, 107(D20), LBA 47-1–LBA 47-11. doi:<https://doi.org/10.1029/2001JD001188>
- Marengo, J., Fisch, G., Alves, L., Sousa, N., Fu, R., & Zhuang, Y. (2017). Meteorological context of the onset and end of the rainy season in Central Amazonia during the GoAmazon2014/5. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(12), 7671–7681. doi:<https://doi.org/10.5194/acp-17-7671-2017>
- Martinez, A., & Dominguez, F. (2014). Sources of Atmospheric Moisture for the La Plata River Basin. *Journal of Climate*, 27(17), 6737–6753. doi:<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00022.1>
- McClain, M., & Naiman, R. (2008). Andean Influences on the Biogeochemistry and Ecology of the Amazon River. *BioScience*, 58(4), 325–338. doi:<https://doi.org/10.1641/B580408>



- Molina, R., Salazar, J., Martínez, A., Villegas, J., & Arias, P. (2019). Forest-Induced Exponential Growth of Precipitation Along Climatological Wind Streamlines Over the Amazon. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(5), 2589-2599. doi:<https://doi.org/10.1029/2018JD029534>
- Nepstad, D., Stickler, C., Soares-Filho, B., & Merry, F. (2008). Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of The Royal Society Publishing*(363), 1737-1746. doi:<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0036>
- Nobre, C., Obregón, G., Marengo, J., Fu, R., & Poveda, G. (2009). Characteristics of Amazonian climate: main features. *Amazonia and Global Change* (Vol. 186). (M. Keller, m. Bustamante, J. Gash, & P. Silva Dias, Edits.) *Geophys Mon Ser*.
- Nobre, C., Sampaio, G., Borma, L., Castilla-Rubio, J., Silva José, & Cardoso, M. (2016). Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences or the Uniter States of America*, 113(39), 10759-10768. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>
- Nobre, A. (29 de Agosto de 2017). Qué son los "ríos voladores" de Sudamérica que llevan por aire tanta agua como el Amazonas. (A. Martins, Entrevistador) *BBC Mundo*. Recuperado el 5 de Octubre de 2021, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-41038097>
- Otavo, S., & Murcia, U. (2018). La Amazonia se quema: detección de áreas con mayor ocurrencia de incendios de vegetación como estrategia para la prevención y control. *Colombia Amazónica*(11), 59-71. Obtenido de <https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/11/3%20la%20amazonia%20se%20quema%20deteccin%20de%20reas%20con%20mayor%20ocurrencia%20de%20incendios%20de%20vegetacin%20como%20estrategia%20para%20la%20prevencin%20y%20control.pdf>
- Poveda, G., Álvarez, D., & Rueda, Ó. (2011). Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. *Climate Dydamics*, 36, 2233-2249. doi:[10.1007/s00382-010-0931-y](https://doi.org/10.1007/s00382-010-0931-y)
- Poveda, G. (2011). El papel de la Amazonia en el clima global y continental : impactos del cambio climático y la deforestación. Leticia: Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoria de Sede. Dirección Académica [Leticia], Instituto Amazónico de Investigaciones (IMANI).
- Poveda, G., Jaramillo, L., & Vallejo, L. (2013). Seasonal precipitation patterns along pathways of South American low-level jets and aerial rivers. *Water Resources Research*, 50(1), 98-118. doi:<https://doi.org/10.1002/2013WR014087>
- Raup, C., & Dias, P. (2004). Effects of nonlinear processes on the inter-hemispheric energy propagation forced by tropical heat sources. *Revista Brasileira de Meteorología*, 19(2), 177-188.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F., Lambin, E., . . . Schellnhuber, H. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461(24), 472-475.
- Rondón, D., Gonazález, L., & Rodríguez, C. (1996). *Ecología de dos sistemas acuáticos de Páramo*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras.
- Ruiz-Vásquez, M., Arias, P., Martínez, A., & Espinoza, J. C. (2020). Effects of Amazon basin deforestation on regional atmospheric circulation and water vapor transport towards tropical South America. *Climate Dynamics*, 54, 4169-4180. doi:<https://doi.org/10.1007/s00382-020-05223-4>
- Sampaio, G., Nobre, C., Costa, M., & Satyamurty, P. (2007). Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters*, 34(17), 1-7. doi:<https://doi.org/10.1029/2007GL030612>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2020). Plan de Acción Climática de Bogotá D.C. 2020-2050. Obtenido de Secretaría Distrital de Ambiente: <https://ambientebogota.gov.co/es/plan-de-accion-climatica-pac>
- Soares-Filho, B., Nepstad, D., Curran, L., Cerqueira, G., Garcia, R., Azevedo, C., . . . Schlesinger, P. (2006). Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 23, 520-523. doi:<https://doi.org/10.1038/nature04389>
- Spracklen, D., & García-Carreras, L. (2015). The impact of Amazonian deforestation on Amazon basin rainfall. *Geophysical Research Letters*, 42(11), 9546-9552. doi:<https://doi.org/10.1002/2015GL066063>
- Staal, A., Tuinenburg, O., Bosmans, J., Holmgren, M., van Nes, E., Scheffer, M., . . . Dekker, S. (2018). Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nature Climate Change*, 8, 539-543. doi:<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0177-y>
- Vargas, O., & Pedraza, P. (2004). *Parque Nacional Natural Chingaza*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Xavier, L., Becker, M., Cazenave, A., Longuevegne, L., Llovel, W., & Filho, R. (2010). Interannual variability in water storage over 2003-2008 in the Amazon Basin from GRACE space gravimetry, in situ river level and precipitation data. *Remote Sensing of Environment*, 1629-1638. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.02.005>

# Flora de la cuenca media y alta del río Apaporis, Amazonia colombiana

Dairon Cárdenas L.<sup>1</sup>, Nicolás Castaño A.<sup>1\*</sup>, Nórída Marín C.<sup>1</sup> & Julio Betancur B<sup>2</sup>.

## Resumen

Se realizó el inventario florístico de las plantas vasculares de la cuenca media y alta del río Apaporis, en los departamentos de Vaupés y Guaviare, una de las áreas con mayores vacíos de información en Colombia. Se registraron 1119 especies de plantas, distribuidas en 496 géneros y 138 familias botánicas. Se reportaron 53 primeros registros para para la flora colombiana, diez (10) especies nuevas para la ciencia, 51 especies endémicas, nueve (9) especies amenazadas (siete en categoría *Vulnerable* y dos en *En peligro*) y así como el reporte de 250 especies útiles.

**Palabras claves:** diversidad, plantas, Amazonia, Apaporis, Colombia BIO.

## ABSTRACT

Bio Colombia Apaporis 2018 permitted the elaboration of the floristic inventory of the vascular plants in the middle and upper basin of the Apaporis River, in the departments of Vaupés and Guaviare, an area with one of the greatest information gaps in Colombia. 1,119 species of plants were recorded, distributed in 496 genera, and 138 botanical families. We reported 53 first records for the Colombian flora, ten species new to science, 51 endemic species, nine threatened species (seven in the *Vulnerable* category, and two *In danger*), as well as the report of 250 useful species.

**Keywords:** Diversity, plants, Amazon, Apaporis, Colombia BIO.

<sup>1</sup> Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC 111321 Colombia

\* Autor de correspondencia: ncastano@sinchi.org.co

## INTRODUCCIÓN

Los bosques en la región amazónica se han mantenido por cerca de 55 millones de años (Knapp & Mallet 2003, Maslin et al. 2005) y durante este lapso de tiempo los procesos geológicos y climáticos han permitido una gran diversificación de las plantas (Hoorn & Wesselingh 2010, Hoorn et al. 2010). El gran periodo de aislamiento de América del Sur (entre 100 y 3,5 millones de años) (Burnham and Graham 1999), coincide en parte con uno de los periodos de mayor diversificación de las angiospermas (plantas con flor) durante el Cretácico (Friis et al. 2002, Magallón & Castillo 2009). Al final de este periodo de aislamiento, el levantamiento de las cordilleras de los Andes modificó drásticamente el curso de los ríos paleo-amazónicos, el clima regional, las características de los suelos y los patrones de lluvias en la región (Hoorn et al. 2010), con lo cual se generaron nuevos nichos que posibilitaron aún más el proceso de especiación. Por último, el periodo final del levantamiento de los Andes coincidió con la unión de norte y su América por el istmo de Panamá entre 3,2 y 2,7 millones de años (O’Dea et al. 2016), así como con el fin del inmenso sistema lagunar que se asentaba en la parte nor-occidental de la Amazonia (Pebas y Acre) (Hoorn et al. 2010), ambos procesos generaron por un lado grandes extinciones biológicas (Antonelli 2008), pero también nuevos hábitats que promovieron oportunidades para la diversificación de las especies adaptadas a bosques de tierra firme.

En la Amazonia colombiana se encuentra la porción occidental del Escudo Guayanés que es la unidad más antigua del continente americano (Hammond 2005); sus orígenes se remontan a los primeros albores del planeta tierra en el periodo Pre-Cámbrico. En Colombia se encuentra formando islas de afloramientos rocosos de origen ígneo o metamórfico (IGAC 1999) y un mosaico de ecosistemas heterogéneos de arenas blancas de origen posterior (Frasier et al. 2008) que van desde sabanas de arenas blancas arboladas (en las que puede haber un dosel parcialmente continuo y se perciben como bosques menos densos en los que no se encuentran árboles gruesos) hasta sabanas de arenas blancas muy abiertas (en las que se pueden encontrar áreas considerables de suelo totalmente de vegetación herbacea). Esta variación se debe, en parte, a los diversos procesos biogeoquímicos que han originado estos ecosistemas de arenas blancas, las cuales van desde diferentes orígenes geológicos del suelo, la influencia de inundaciones, y la influencia de fuegos (Adeney et al. 2016). Los anteriores tipos de sabanas se caracterizan por presentar suelos extremadamente bajos en nutrientes, contenidos bajos de materia orgánica, suelos muy ácidos, sotobosque poco denso, baja densidad de epífitas y en general los pequeños árboles y arbustos presentan hojas más gruesas (vegetación esclerófila) (Bongers et al. 1985, Medina et al. 1990, Aragao et al. 2009), se presentan altos índices de endemismo (Anderson 1981, Fine et al. 2010) y la diversidad florística es menor que los bosques de tierra firme que las rodean (ter Steege et al. 2000). Finalmente,

los bosques que dominan en proporción provienen de orígenes más recientes producto de la influencia del sistema lagunar que perduró por miles de años y por el levantamiento de los Andes en los periodos Mesozoico e intermedios hasta depósitos del Neogeno (Hoorn et al. 2010, IGAC 1999).

En la cuenca media y alta del río Apaporis encontramos una importante mezcla entre afloramientos rocosos, sabanas de arenas blancas abiertas o semi abiertas, bosques inundables y bosques de tierra firme. A su vez, en esta diversidad de orígenes geológicos encontramos geoformas variadas que van desde pequeñas altiplanicies, acantilados, laderas de diferentes grados de pendiente, valles, terrazas aluviales y un complejo sistema de colinas o lomeríos leves. Esta heterogeneidad de orígenes geológicos, tipos de suelos y fisionomías se ve reflejada en una alta diversidad de plantas algunas de ellas restringidas a ciertas características particulares o microhabitats.

La cuenca del río Apaporis fue uno de los epicentros de los trabajos del botánico Richard Evans Schultes, los cuales redundaron en textos clásicos sobre la etnobotánica. (Schultes 1941). En la zona de estudio, especialmente en cercanías al raudal de Jirijirimo algunas colecciones de Schultes resultaron en nuevas especies como: *Mandevilla annularifolia* Woodson, *Cayaponia kathematophora* R. E. Schultes, *Asplundia ponderosa* R. E. Schultes ex Harling, *Navia heliophila* Smith, L. B., *Vriesea schultesiana* Smith, L. B., *Zamia jirijirimensis* R. E. Schultes. En las expediciones de Schultes a la misma localidad, a inicios de los años 50’s, estuvo acompañado por el botánico colombiano Isidoro Cabrera y juntos recolectaron igualmente importantes colecciones, de las cuales se describieron especies nuevas como: *Aniba vaupesiana* Kubitzki, *Clusia favum* P. F. Stevens, *Cuphea stygialis* Lourteig, *Habenaria pygmaea* C. Schweinf. & R.E.Schult., *Lissocarpa kating* B.Walln., *Mandevilla stephanotidifolia* Woodson, *Mandevilla thevetioides* Woodson, *Marcgraviastrum apaporense* de Roon & Bedell, *Prestonia vaupesana* Woodson, *Psychotria paeonia* C.M. Taylor, *Stigmaphyllon olivaceum* Cuatrecasas, *Tachia occidentalis* Maguire & Weaver, *Tachigali schultesiana* Dwyer, *Vaupesia cataractarum* R. E. Schult., *Vismia schultesii* N. Robson, *Stenopadus colombianus* Cuatrec. & Steyerl. A su vez, colecciones de botánicos colombianos también resultaron en nuevas especies para la ciencia en las cercanías del raudal de Jirijirimo en el medio río Apaporis como: Hernando García Barriga con *Aphelandra macrostachya* Nees, *Vochysia garcia-barrigae* Marc.-Berti, *Byrsosima garcibarrigae* Cuatrec., *Everardia lanata* Koyama & Maguire; Luis Eduardo Mora Osejo con *Pachira morae* Fern. Alonso.

Posteriormente trabajos puntuales han aumentado el conocimiento de la flora de la cuenca del río Apaporis, especialmente los trabajos realizados en la Estación Experimental de Caparú, tal es el caso de Cano & Stevenson 2009; Clavijo et al. 2009; así como los aportes realizados para la declaratoria del Parque Nacional Natural Yaigoje -Apaporis (Cárdenas et al 2009).

En la cuenca media y alta del río Apaporis el conocimiento de la diversidad florística es muy débil, y muchas zonas no han

podido ser inventariadas en los últimos 60 años debido a las restricciones impuestas por el conflicto armado. Actualmente, en el escenario de postconflicto se viabiliza la investigación con una participación activa de la población local y por eso es posible pensar en alternativas económicas basadas en el conocimiento de la biodiversidad y el empoderamiento local en el tema. La carencia de información de la cuenca del Apaporis ya había sido identificada por Domínguez (1975) en su descripción de la cuenca de este río: *“cuando en la literatura se hace referencia al río Apaporis, el escrito se confina a unas cuantas líneas poco explicativas. La razón es muy clara: este río y su área adyacente son muy poco conocidos en cualquier campo científico y la mayoría de las veces, la información recogida es poco digna de crédito”*.

La Expedición Colombia BIO es una iniciativa del Gobierno Nacional, liderada por Colciencias y apoyada en la región amazónica por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) se buscó identificar y documentar la biodiversidad mediante registros biológicos debidamente curados, preservados, catalogados y publicados en el SiB Colombia, con participación activa de las comunidades locales; en este sentido se presenta la *“Flora de la Cuenca Media y Alta del Río Apaporis, Amazonia Colombiana”*

## ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la cuenca media y alta del río Apaporis específicamente en el área no municipalizada de Pacoa–comunidad de Buenos Aires (Figura 1A), en el cerro Morroco (Figura 1B) de la comunidad de Morroco y el raudal del Jirijirimo (Figura 1C), (departamento del Vaupés) y en el departamento de Guaviare (Cerro Campana) afloramiento rocoso en la Serranía del Chiribiquete (Figura 1D).

En la cuenca media y alta del río Apaporis están presentes varias figuras de estado legal del territorio. En la parte media y alta se encuentra el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete y áreas de Ley 2ª de 1959 (que son la mayor parte de las áreas cercanas al río). Hacia la zona media-baja de la cuenca se limita con el Gran Resguardo del Vaupés y el Parque Nacional Natural Yaigojé-Apaporis. En el área de trabajo se encuentran tres formaciones geográficas únicas: el Raudal de Jirijirimo, Cerro Morroco y Cerro La Campana (Figura 2), de los cuales no se tenía a la fecha un inventario de la biodiversidad.

En el área se presenta diferentes ecosistemas de arenas blancas (bosques y sabanas) y afloramientos rocosos, así como parches de bosque inundable a lado y lado del río Cananarí. En



A



B



C



D

**Figura 1.** Sitios de muestreo. A. Vista de los alrededores de la Comunidad de Buenos Aires. B. Vista de Cerro Morroco. C. Vista general del Raudal de Jirijirimo D. Vista general de Cerro Campana.



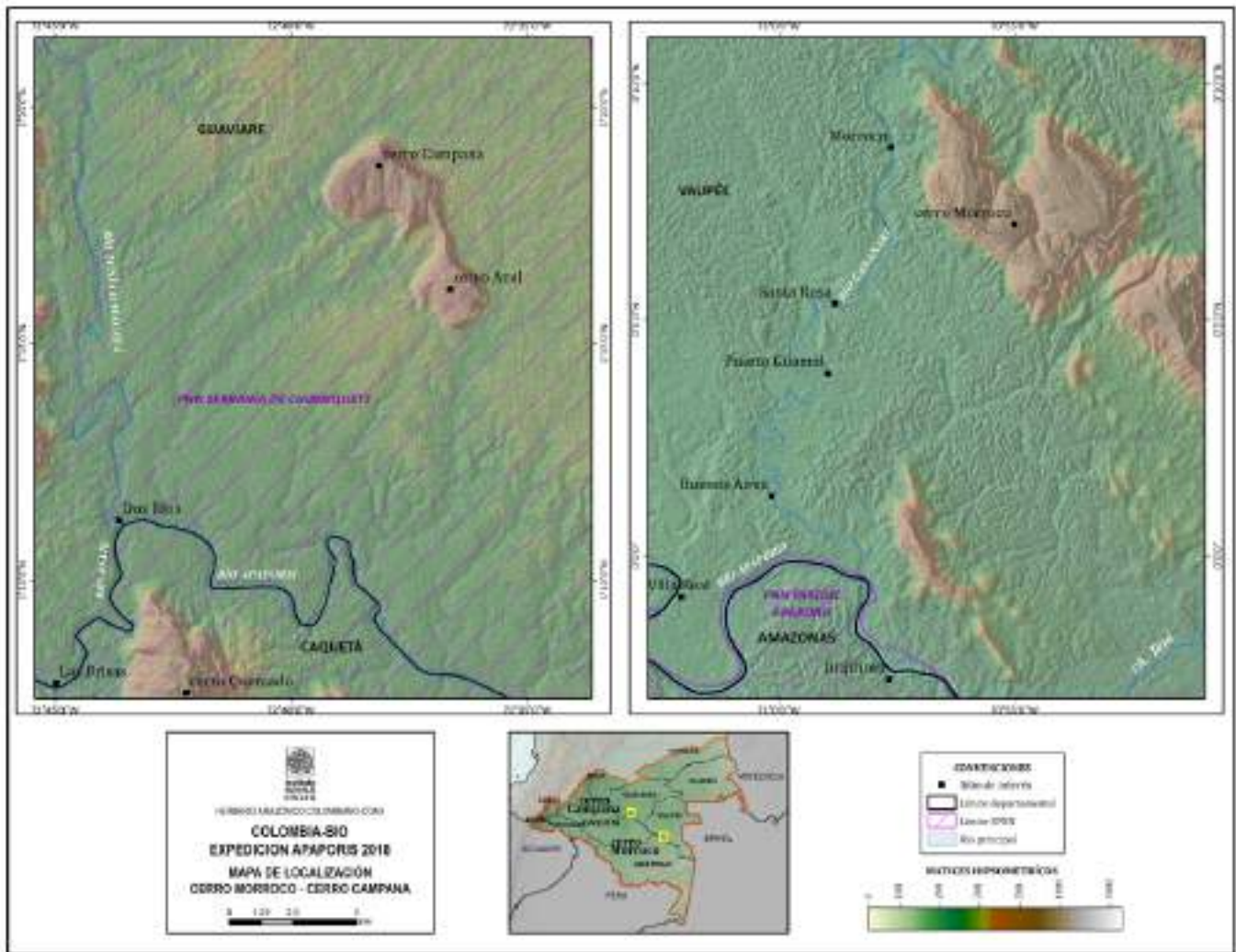


Figura 2. Localización de las áreas de estudio. A: Sector Cerro de la Campana (Guaviare). B: Sector de Raudal de Jirijirimo-río Cananari (Vaupés)

el raudal de Jirijirimo se presenta un bosque de arenas blancas con lomerío y a orillas del río Apaporis en el raudal, se presentan ambientes rocosos y bordes de bosque. Por su parte, el Cerro de la Campana se encuentra al norte de la confluencia de los ríos Ajajú y Tunia, los cuales se unen para formar el río Apaporis; en esa localidad son comunes los bosques, afloramientos rocosos y sabanas naturales de arenas blancas.

## METODOLOGÍA

Se realizó la herborización ejemplares botánicos colectados en los diferentes ecosistemas (bosques de tierra firme, llanura aluvial, sabanas naturales de arenas blancas, rastrojos, y afloramiento rocoso). Las colecciones botánicas se realizaron siguiendo las técnicas estándar para la obtención de especímenes de herbario. Para la determinación taxonómica de los especímenes se usaron la literatura especializada y las colecciones

de referencia depositadas en el Herbario Amazónico Colombiano (COAH), del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Así mismo, se contó con la ayuda de 20 especialistas en diferentes grupos taxonómicos para la confirmación y/o determinación de los especímenes, finalmente los especímenes ingresaron a la colección general del herbario y en la actualidad se encuentran totalmente sistematizados y dispuestos en el portal del herbario.

Del listado de plantas registradas en la zona se identificaron las especies útiles, amenazadas, endémicas e introducidas, así como las novedades corológicas y taxonómicas. La presencia de especies amenazadas se definió según la Resolución 1912 de 2017 (MADS 2017), por medio de la cual se establece el listado de especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana. La presencia de especies endémicas y las novedades corológicas se definieron según el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal et al. 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición florística

En la cuenca media y alta del río Apaporis, se registraron 2.243 ejemplares botánicos distribuidos en 1119 especies, pertenecientes a 138 familias y 496 géneros (Anexo 1); cifra relativamente cercana a las 1434 especies registradas en el Camino Andakí, donde se muestreo un gradiente altitudinal entre 2400 y 400 msnm (Castaño et al. 2020); aunque con muy bajas afinidades florísticas. No obstante, las afinidades florísticas son significativamente mayores con las 2138 especies registradas en el Parque Nacional Natutal Serranía de Chiribiquete (Cárdenas et al. 2017) y a la cuenca baja del río Apaporis que reportó 1682 especies (Cárdenas et al. 2009), muy seguramente influenciado principalmente por las afinidades ecosistemas con Chiribiquete, asociadas a los muestreos de flora del Escudo Guayanes.

Las familias con mayor diversidad de especies fueron Melastomataceae y Rubiaceae (con 76 especies), Fabaceae (67), Bromeliaceae (40), Apocynaceae (35), Araceae (35) y Cyperaceae (34) (Figura 1 y Anexo 1). En las 18 familias más diversas se

encuentran representadas el 50 % del total de especies registradas; lo cual coincide con otros estudios asociados a la flora del Escudo Guayanes en Colombia como la flora de la Ceiba en el municipio de Inirida (Rudas et al, 2002); flora de las reservas naturales nacionales Nukak y Puinawai, en Guaviare y Guainía, respectivamente (Etter 2001); Flora de la Serranía de Taraira, en Vaupés (Rodríguez 1998); Flora de la Serranía de Nakén, en Guainía (Córdoba 1995), la flora de Serranía del Chiribiquete, entre Caquetá y Guaviare (Cortés et al. 1998), la flora de las Formaciones Rocosas de la Serranía de La Lindosa (Cárdenas et al. 2008); y mas recientemente "Plantas y Líquenes del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete" (Cárdenas et al. 2017). Por otro lado, 33 familias estuvieron representadas por una sola especie y 21 familias representadas por 2 especies (Anexo 1).

Entre los géneros con mayor número de especies están, *Miconia* (Melastomataceae) (41 especies), *Piper* (Piperaceae) (22), *Palicourea* (Rubiaceae) (19), *Philodendron* (Araceae) (16), *Clusia* (Clusiaceae) (14), *Trichomanes* (Hymenophyllaceae) (14), *Protium* (Burseraceae) (13) (Figura 2, Anexo 1); el 50% de las especies estuvo agrupado en 90 géneros, mientras que 283 géneros estuvieron representados por una sola especie.

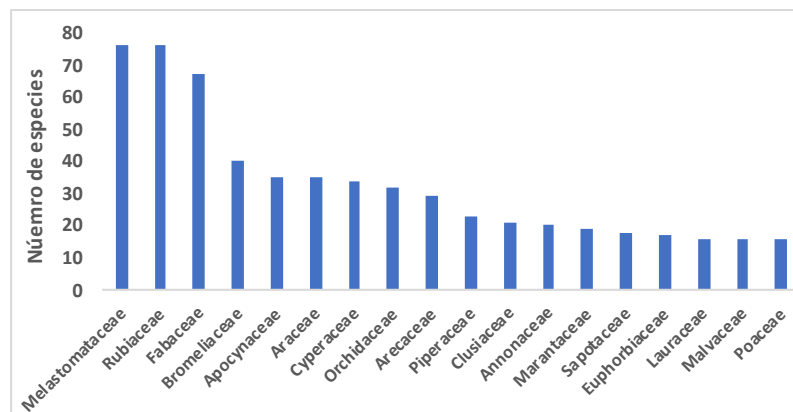


Figura 1. Riqueza de las familias con mayor número de especies registradas en la cuenca media y alta del río Apaporis (50% riqueza total)

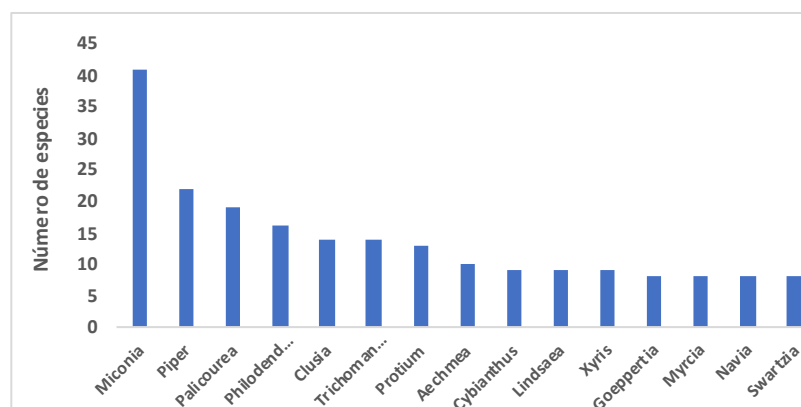


Figura 2. Riqueza de los quince géneros con mayor número de especies registradas en la cuenca media y alta del río Apaporis

## Novedades corológicas y taxonómicas

Se encontraron 53 primeros registros de especies para Colombia, no publicados en el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal et al. 2016) (Anexo 1). Como resultado adicional de la expedición se destaca el descubrimiento de diez especies nuevas para la ciencia, las cuales están en proceso de publicación y corresponden a los géneros, *Brocchinia* (Bromeliaceae), *Ludovia* (Cyclanthaceae), *Philodendron* (Araceae), *Piper* (Piperaceae), *Salpinga* (Melastomataceae), *Schefflera* (Araliaceae), *Miconia* (Melastomataceae), *Trichomanes* (Hymenophyllaceae) y *Vriesea* (Bromeliaceae).

## Especies endémicas y/o amenazadas

En la cuenca media y alta del río Apaporis se reportan 51 especies endémicas para Colombia (Anexo 1). Este reporte hace que el área de estudio sea de gran importancia para generar acciones de conservación que garantice la preservación de estas especies.

Por último, es necesario destacar las nueve especies amenazadas, de las cuales siete están categorizadas como Vulnerables (VU) y dos como En peligro (EN), según los criterios de la IUCN y la Resolución 1912 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies amenazadas en la cuenca alta y media del río Apaporis, según los criterios establecidos por la IUCN y consignadas en la resolución 1912 de 2017 del MADS.

Familia	Especie	Categoría
Chrysobalanaceae	<i>Moquilea jaramilloi</i>	VU
Bromeliaceae	<i>Navia ebracteata</i>	VU
Bromeliaceae	<i>Navia fontoides</i>	VU
Bromeliaceae	<i>Navia graminifolia</i>	VU
Bromeliaceae	<i>Navia heliophila</i>	VU
Bromeliaceae	<i>Navia schultesiana</i>	VU
Zamiaceae	<i>Zamia ulei</i>	VU
Zamiaceae	<i>Zamia hymenophyllidia</i>	EN
Zamiaceae	<i>Zamia lecointei</i>	EN

## Especies útiles

En la cuenca media y alta del río Apaporis, se registraron 250 especies útiles, de las cuales el mayor número corresponde a las utilizadas con fines medicinales (96 especies), entre las que se destacan: *Aspidosperma excelsum* (costillo), *Couma catिंगae* (juansoco), *Himatanthus artitulus* (platanote), *Piper arbo-reum* (cordoncillos), *Potalia resinifera* (curarina). La segunda categoría de uso corresponde a plantas utilizadas como maderables (86) dentro de las cuales se encuentran: *Brosimum utile* (turuñ), *Endlicheria bracteolata* (amarillo), *Pouteria guianensis* (caimo) y *Virola elongata* (sangretoro). El número de especies útiles corresponde al 10% de las registradas para toda la

Amazonia colombiana, 2.286 especies pertenecientes a 896 géneros y 177 familias (Cárdenas et al. en prensa).

Para la categoría de uso alimenticio se encontraron 78 especies entre las que se destacan: *Astrocaryum gynacanthum* (chambira), *Caryocar glabrum* (Barbasco), *Garcinia madruno* (Madroño), *Hevea nítida* (caucho), *Inga fastuosa* (Guamo). La categoría ornamental está representada por 38 especies, dentro de las cuales se encuentran: *Heliconia velutina* (Platanillo), *Ormosia macrophylla* (Chocho), *Vellozia tubiflora* (Velozia). Otras categorías que registran menor número de plantas útiles son: combustible (36 spp.), artesanal (36 spp.), construcción (24 spp.), industrial (13 spp.), cultural (6 spp.), psicotrópico (5 spp.), tóxico (4 spp.) y forraje y colorante (2 spp. cada una).

## AGRADECIMIENTOS

A Sonia Myreya Sua Tunjano por la elaboración de los mapas y manejo de las bases de datos, a Colciencias y su iniciativa Colombia BIO por financiar la expedición, a las comunidades de Buenos Aires y Morroco por permitir el desarrollo de la expedición en su territorio y por el acompañamiento en campo, a Marisol Holguín por todo el apoyo en campo.

A los especialistas botánicos de diferentes instituciones en el mundo por apoyar la determinación taxonómica de los ejemplares botánicos depositados en el herbario: Gerardo Aydmard (varios grupos), Ricardo Callejas (Piperaceae), Cristian Castro (Orchidaceae), Laura Clavijo (Gesneriaceae), Douglas Daly (Burseraceae), Diego Giraldo-Cañas (Poaceae, Marcgraviaceae), Adolfo Jara (Begoniaceae, Erythroxyloaceae), Jackie Kallunki (Rutaceae y Olacaceae), Marcus Lehner (Cyatheaaceae), P. Maas (Annonaceae), Humberto Mendoza (Melastomataceae, Rubiaceae), F. Michelangeli (Melastomataceae), Francisco Morales (Apocynaceae), Rosa Ortíz (Menispermaceae), Carlos Parra-O (Myrtaceae), Terence D. Pennington (Sapotaceae, Meliaceae), John Pruski (Asteraceae), Jair Restrepo (varios grupos), Wilson Rodríguez (helechos y afines), Nelson Salinas (Costaceae, Zingiberaceae), Stella Suárez (Marantaceae), Charlot Taylor (Rubiaceae), Benjamín Torke (Fabaceae), Dino Tuberquia (Cyclanthaceae), G. Prance (Chrysobalanaceae, Humiriaceae, Caryocaraceae) y Alejandro Zuluaga (Araceae)

## REFERENCIAS

- Anderson, A.B., 1981. White-sand vegetation of Brazilian Amazonia. *Biotropica* 13, 199-210.
- Antonelli, A. 2008. Spatiotemporal evolution of Neotropical organisms: New insights into an old riddle. PhD, University of Gothenburg, Gothenburg.
- Aragao, L. E. O. C., Y. Malhi, D. B. Metcalfe, J. E. Silva-Espejo, E. Jimenez, D. Navarrete, S. Almeida, A. C. L. Costa, N. Salinas, O. L. Phillips, L. O. Anderson, E. Alvarez, T. R. Baker, P. H. Goncalves, J.

- Huaman-Ovalle, M. Mamani-Solorzano, P. Meir, A. Monteagudo, S. Patino, M. C. Penuela, A. Prieto, C. A. Quesada, A. Rozas-Davila, A. Rudas, J. A. Silva, Jr, And R. Vasquez. 2009. Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils. *Biogeosciences* 6: 2759– 2778.
- Bernal, R., S. R. Gradstein & M. Celis (eds.). 2015. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>.
- Bongers, F., D. Engelen, And H. Klinge. 1985. Phytomass structure of natural plant-communities on spodosols in southern Venezuela - the bana woodland. *Vegetatio* 63: 13–34.
- Burnham, R. J. & Graham, A. 1999. The history of Neotropical vegetation: new developments and status. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 86: 546-589.
- Cárdenas, L., D.; N. Castaño A.; M. Zubieta V., M. Jaramillo E., 2008. Flora de las formaciones rocosas de la Serranía de La Lindosa. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi-.
- Cárdenas L.D, J. Betancur, N.R. Salinas, A. Zuluaga & L. Clavijo. 2009. De Jirijirimo a Caparú: una expresión de la diversidad vegetal en el río Apaporis. *Revista Colombia Amazónica* 02: 1-52.
- Cárdenas, D., M. F. González, N. Marín, S. Sua & J. Betancur. 2017. Plantas y líquenes del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, Colombia. *Revista Colombia Amazónica* 10: 205-234
- Clavijo R., L. V., J. Betancur, D. Cardenas. 2009. “Las plantas con flores de la estación biológica Mosiro-Itajura-Caparú, Vaupés, Amazonia colombiana” Estación Biológica Mosiro Itajura-Caparú, Biodiversidad en el Territorio del Yaigojé-Apaporis. p.55 – 97.
- Cordoba, M. P. 1995. Caracterización florística-estructural y biotipológica de la vegetación en dos tipos de bosque de la parte central de la Serranía de Naquén (Departamento de Guainía). Tesis de grado en Biología. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología. Bogotá, Colombia.
- Cortes, R., P. Franco, O. Rangel-Ch. 1998. La flora vascular de la Sierra de Chiribiquete, Colombia. *Caldasia* 20 (2): 103-141.
- Etter, A. (ed.). 2001. Puinawai y Nukak. Caracterización ecológica de dos reservas nacionales naturales de la Amazonia colombiana. Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo (IDEADE), Bogotá. 382 pp.
- Hammond, D. S. 2005. Tropical forests of the Guiana shield: Ancient forests in a modern world. CABI Wallingford, Wallingford, Oxfordshire, UK Cambridge, MA
- Hoorn, C. & Wesselingh, F. P. 2010. Amazonia—landscape and Species Evolution: A Look Into the Past. Wiley-Blackwell.
- Hoorn, C., Wesselingh, F. P., Ter Steege, H., Bermudez, M. A., Mora, A., Sevink, J., Sanmartin, I., Sanchez-Meseguer, A., Anderson, C. L., Figueiredo, J. P., Jaramillo, C., Riff, D., Negri, F. R., Hooghiemstra, H., Lundberg, J., Stadler, T., Sarkinen, T. & Antonelli, A. 2010. Amazonia through time: andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science*, 330, 927-31.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi 1999. Paisajes fisiográficos de Orinoquia – Amazonia (ORAM) Colombia. *Revista Análisis Geográficos*, 27-28.
- Fine, P. V. A., R. Garcia-Villacorta, N. C. A. Pitman, I. Mesones, And S. W. Kembel. 2010. A floristic study of the white-sand forests of Peru. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 97: 283–305.
- Frasier, C. L., V. A. Albert & L. Struwe. 2008. Amazonian lowland, white sand areas as ancestral regions for South American biodiversity: Biogeographic and phylogenetic patterns in Potalia (Angiospermae: Gentianaceae). *Org. Divers. Evol.* 8: 44–57.
- Friis, E.M., Pedersen, K.R. y Crane, P.R. 2006. Cretaceous angiosperm flowers: Innovation and evolution in plant reproduction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 232: 251-293.
- Knapp, S., Mallet, J., 2003. Refuting refugia? *Science* 300, 71–72.
- Magallón, S. & Castillo, A. 2009. Angiosperm Diversification through Time. *American Journal of Botany* 96, 349-365.
- Maslin, M., Malhi, Y., Phillips, O. L. & Cowling, S. 2005. New views on an old forest: assessing the longevity, resilience and future of the Amazon rainforest. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 30, 477-499.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2017. Resolución 1912
- Medina, E., V. Garcia & E. Cuevas. 1990. Sclerophylly and oligotrophic environments - Relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rain forests of the upper Rio Negro region. *Biotropica* 22: 51–64.
- O’Dea et al. 2016. Formation of the Isthmus of Panamá. *Science Advances* 2: e1600883.
- Pennington, R. T., Lavin, M., Prado, D. E., Pendry, C. A., Pell, S. K., and Butterworth, C. A. 2004. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both tertiary and quaternary diversification. *Philos. Trans. Royal Soc. Lond. B Biol. Sci.* 359, 515–538. doi: 10.1098/rstb.2003.1435.
- Rodriguez, J. 1998. Caracterización florística y estructural de los principales tipos de bosques en la Serranía de la Taraira (Departamento del Vaupés). Tesis de grado en Ingeniería Forestal. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 182 pp.
- Rudas LL. A., A Prieto C. y J. O. Rangel Ch. 2002. Principales tipos de vegetación de “La Ceiba” (Guainía), Guayana colombiana. *Caldasia* Vol. 24, No. 2 , pp. 343-365. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
- Ter Steege, H., D. Sabatier, H. Castellanos, T. Van Andel, J. Duivenvoorden, A. A. De Oliveira, R. Ek, R. Lilwah, P. Maas, And S. Mori. 2000. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *J. Trop. Ecol.* 16: 801–828.



## Anexo: Familias y especies de plantas de la cuenca alta y media del río Apaporis

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Acanthaceae	<i>Aphelandra macrostachya</i>				
Acanthaceae	<i>Aphelandra pilosa</i>				X
Acanthaceae	<i>Aphelandra</i> sp.				
Acanthaceae	<i>Justicia neurochlamys</i>		X		
Acanthaceae	<i>Justicia</i> sp.				
Acanthaceae	<i>Justicia unguiculata</i>				
Acanthaceae	<i>Lepidagathis</i> sp.				
Acanthaceae	<i>Mendoncia</i> sp.				
Acanthaceae	<i>Mendoncia velloziana</i>			X	
Acanthaceae	<i>Ruellia sprucei</i>				
Achariaceae	<i>Carpotroche longifolia</i>				X
Amaryllidaceae	<i>Crinum americanum</i>				
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>				X
Annonaceae	<i>Anaxagorea brachycarpa</i>				
Annonaceae	<i>Anaxagorea rufa</i>				
Annonaceae	<i>Cymbopetalum brasiliense</i>				
Annonaceae	<i>Duguetia macrophylla</i>				X
Annonaceae	<i>Guatteria dura</i>				
Annonaceae	<i>Guatteria guianensis</i>				
Annonaceae	<i>Guatteria punctata</i>				
Annonaceae	<i>Guatteria schomburgkiana</i>				X
Annonaceae	<i>Guatteria</i> sp.				
Annonaceae	<i>Guatteria ucayalina</i>				
Annonaceae	<i>Oxandra euneura</i>				X
Annonaceae	<i>Unonopsis elegantissima</i>				
Annonaceae	<i>Unonopsis floribunda</i>				X
Annonaceae	<i>Unonopsis</i> sp.				
Annonaceae	<i>Unonopsis stipitata</i>				X
Annonaceae	<i>Unonopsis veneficiorum</i>				X
Annonaceae	<i>Xylopia bentharii</i>				
Annonaceae	<i>Xylopia emarginata</i>				
Annonaceae	<i>Xylopia parviflora</i>				
Annonaceae	<i>Xylopia spruceana</i>				X
Apocynaceae	<i>Aspidosperma desmanthum</i>				X
Apocynaceae	<i>Aspidosperma excelsum</i>				X
Apocynaceae	<i>Aspidosperma schultesii</i>				
Apocynaceae	<i>Aspidosperma</i> sp.				
Apocynaceae	<i>Aspidosperma verruculosum</i>				
Apocynaceae	<i>Blepharodon glaucescens</i>				
Apocynaceae	<i>Blepharodon pictum</i>				
Apocynaceae	<i>Couma catingae</i>				X
Apocynaceae	<i>Cynanchum goertsianum</i>				X
Apocynaceae	<i>Ditassa taxifolia</i>				X
Apocynaceae	<i>Galactophora crassifolia</i>				
Apocynaceae	<i>Himatanthus articulatus</i>				X
Apocynaceae	<i>Himatanthus bracteatus</i>				
Apocynaceae	<i>Lacmellea arborescens</i>				X
Apocynaceae	<i>Lacmellea microcarpa</i>				
Apocynaceae	<i>Lacmellea ramosissima</i>				
Apocynaceae	<i>Macoubea guianensis</i>				X
Apocynaceae	<i>Malouetia naias</i>				X
Apocynaceae	<i>Malouetia</i> sp.				
Apocynaceae	<i>Mandevilla annularifolia</i>				
Apocynaceae	<i>Mandevilla caquetana</i>		X		

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Apocynaceae	<i>Mandevilla</i> sp.				
Apocynaceae	<i>Mandevilla thevetioides</i>		X		
Apocynaceae	<i>Matelea</i> sp.				
Apocynaceae	<i>Molongum lucidum</i>				X
Apocynaceae	<i>Mucoa duckei</i>				X
Apocynaceae	<i>Odontadenia puncticulosa</i>				
Apocynaceae	<i>Odontadenia verrucosa</i>				
Apocynaceae	<i>Parahancornia surrogata</i>				X
Apocynaceae	<i>Prestonia cayennensis</i>				
Apocynaceae	<i>Prestonia</i> sp.				
Apocynaceae	<i>Rauwolfia sprucei</i>			X	
Apocynaceae	<i>Rhigospira quadrangularis</i>				X
Apocynaceae	<i>Spongiosperma macrophyllum</i>				
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana macrocalyx</i>				
Aquifoliaceae	<i>Ilex divaricata</i>				
Aquifoliaceae	<i>Ilex guianensis</i>				
Aquifoliaceae	<i>Ilex laureola</i>				
Aquifoliaceae	<i>Ilex retusa</i>				
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i> sp.				
Araceae	<i>Anthurium apaporanum</i>				
Araceae	<i>Anthurium atropurpureum</i>				X
Araceae	<i>Anthurium bonplandii</i>				X
Araceae	<i>Anthurium clavigerum</i>				
Araceae	<i>Anthurium ernestii</i>				
Araceae	<i>Anthurium gracile</i>				
Araceae	<i>Anthurium obtusum</i>				
Araceae	<i>Caladium corteseae</i>				
Araceae	<i>Dracontium angustispathum</i>				
Araceae	<i>Heteropsis flexuosa</i>				X
Araceae	<i>Heteropsis oblongifolia</i>				X
Araceae	<i>Monstera gracilis</i>				
Araceae	<i>Philodendron asplundii</i>				
Araceae	<i>Philodendron aureimarginatum</i>				
Araceae	<i>Philodendron colombianum</i>				X
Araceae	<i>Philodendron deflexum</i>				X
Araceae	<i>Philodendron fragrantissimum</i>				
Araceae	<i>Philodendron linnaei</i>				
Araceae	<i>Philodendron ornatum</i>				
Araceae	<i>Philodendron paucinervium</i>				
Araceae	<i>Philodendron pedatum</i>				
Araceae	<i>Philodendron pulchrum</i>				
Araceae	<i>Philodendron</i> sp.				
Araceae	<i>Philodendron</i> sp. nov.		X	X	
Araceae	<i>Philodendron steyermarkii</i>				
Araceae	<i>Philodendron venezuelense</i>				
Araceae	<i>Philodendron wadedavisii</i>				
Araceae	<i>Philodendron wittianum</i>				
Araceae	<i>Rhodospatha oblongata</i>				
Araceae	<i>Spathiphyllum cannifolium</i>				
Araceae	<i>Stenospermatum ammiticum</i>				
Araceae	<i>Stenospermatum amomifolium</i>				
Araceae	<i>Stenospermatum</i> sp.				
Araceae	<i>Urospatha sagittifolia</i>				
Araceae	<i>Urospatha somnolenta</i>		X		

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Araliaceae	<i>Crepinella japurensis</i>				
Araliaceae	<i>Dendropanax neblinae</i>				
Araliaceae	<i>Didymopanax confusum</i>				
Araliaceae	<i>Schefflera</i> sp.				
Araliaceae	<i>Schefflera</i> sp. nov.		X	X	
Arecaceae	<i>Astrocaryum acaule</i>				
Arecaceae	<i>Astrocaryum gynacanthum</i>				X
Arecaceae	<i>Attalea microcarpa</i>				X
Arecaceae	<i>Bactris acanthocarpa</i>				
Arecaceae	<i>Bactris bidentula</i>				X
Arecaceae	<i>Bactris corossilla</i>				
Arecaceae	<i>Bactris fissifrons</i>				X
Arecaceae	<i>Bactris hirta</i>				
Arecaceae	<i>Bactris simplicifrons</i>				
Arecaceae	<i>Bactris</i> sp.				
Arecaceae	<i>Desmoncus mitis</i>				X
Arecaceae	<i>Euterpe catinga</i>				X
Arecaceae	<i>Euterpe precatoria</i>				
Arecaceae	<i>Geonoma deversa</i>				X
Arecaceae	<i>Geonoma macrostachys</i>				X
Arecaceae	<i>Geonoma maxima</i>				X
Arecaceae	<i>Geonoma</i> sp.				
Arecaceae	<i>Geonoma stricta</i>				X
Arecaceae	<i>Hyospathe elegans</i>				
Arecaceae	<i>Iriartella setigera</i>				X
Arecaceae	<i>Lepidocaryum tenue</i>				X
Arecaceae	<i>Manicaria martiana</i>				
Arecaceae	<i>Mauritia carana</i>				X
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>				X
Arecaceae	<i>Mauritiella aculeata</i>				X
Arecaceae	<i>Mauritiella armata</i>				X
Arecaceae	<i>Oenocarpus bacaba</i>				X
Arecaceae	<i>Socratea exorrhiza</i>				X
Arecaceae	<i>Syagrus orinocensis</i>				X
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia acutifolia</i>				X
Aspleniaceae	<i>Asplenium africanum</i>				
Aspleniaceae	<i>Asplenium hallii</i>				
Aspleniaceae	<i>Asplenium juglandifolium</i>				
Aspleniaceae	<i>Asplenium zamiifolium</i>				
Asteraceae	<i>Calea abelioides</i>				
Asteraceae	<i>Calea yuruparina</i>		X		
Asteraceae	<i>Chromolaena tyleri</i>				
Asteraceae	<i>Gongylolepis martiana</i>				
Asteraceae	<i>Guayania cerasifolia</i>				
Asteraceae	<i>Ichthyothere</i> sp.				
Asteraceae	<i>Lepidaploa gracilis</i>				
Asteraceae	<i>Mikania banisteriae</i>				X
Asteraceae	<i>Mikania sprucei</i>				
Asteraceae	<i>Mikania trinitaria</i>				
Asteraceae	<i>Mikania vaupesensis</i>		X		
Asteraceae	<i>Stenopadus colombianus</i>		X		
Asteraceae	<i>Stenopadus talaumifolius</i>				
Bignoniaceae	<i>Adenocalymma cladotrichum</i>				
Bignoniaceae	<i>Amphilophium magnoliifolium</i>				
Bignoniaceae	<i>Digomphia ceratophora</i>				
Bignoniaceae	<i>Handroanthus obscurus</i>				
Bignoniaceae	<i>Martinella obovata</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Bignoniaceae	<i>Pleonotoma jasminifolia</i>				X
Blechnaceae	<i>Salpichlaena volubilis</i>				
Bonnetiaceae	<i>Archytaea angustifolia</i>				
Bonnetiaceae	<i>Bonnetia colombiana</i>		X		
Bonnetiaceae	<i>Bonnetia paniculata</i>				
Bonnetiaceae	<i>Bonnetia sessilis</i>				
Bromeliaceae	<i>Aechmea brevicollis</i>				
Bromeliaceae	<i>Aechmea chantinii</i>				
Bromeliaceae	<i>Aechmea colombiana</i>				
Bromeliaceae	<i>Aechmea contracta</i>				
Bromeliaceae	<i>Aechmea corymbosa</i>				X
Bromeliaceae	<i>Aechmea longifolia</i>				
Bromeliaceae	<i>Aechmea mertensii</i>				X
Bromeliaceae	<i>Aechmea nidularioides</i>				
Bromeliaceae	<i>Aechmea nivea</i>				X
Bromeliaceae	<i>Aechmea tillandsioides</i>				
Bromeliaceae	<i>Ananas paraguayensis</i>				
Bromeliaceae	<i>Brocchinia acuminata</i>				
Bromeliaceae	<i>Brocchinia hechtiioides</i>				
Bromeliaceae	<i>Brocchinia paniculata</i>				
Bromeliaceae	<i>Brocchinia</i> sp. nov.		X	X	
Bromeliaceae	<i>Guzmania vittata</i>				
Bromeliaceae	<i>Navia acaulis</i>		X		X
Bromeliaceae	<i>Navia caulescens</i>		X		X
Bromeliaceae	<i>Navia ebracteata</i>	VU	X		
Bromeliaceae	<i>Navia fontoides</i>	VU	X		
Bromeliaceae	<i>Navia graminifolia</i>	VU	X		
Bromeliaceae	<i>Navia heliophila</i>	VU	X		
Bromeliaceae	<i>Navia schultesiana</i>	VU	X		
Bromeliaceae	<i>Navia</i> sp.				
Bromeliaceae	<i>Pepinia caricifolia</i>				
Bromeliaceae	<i>Pepinia patentiflora</i>				
Bromeliaceae	<i>Pepinia turbinella</i>				
Bromeliaceae	<i>Pepinia uaupensis</i>				X
Bromeliaceae	<i>Pitcairnia maidifolia</i>				
Bromeliaceae	<i>Sequencia serrata</i>		X		
Bromeliaceae	<i>Tillandsia adpressiflora</i>				
Bromeliaceae	<i>Tillandsia bulbosa</i>				
Bromeliaceae	<i>Tillandsia paraensis</i>				
Bromeliaceae	<i>Vriesea chontalensis</i>				
Bromeliaceae	<i>Vriesea chrysostachys</i>				
Bromeliaceae	<i>Vriesea schultesiana</i>		X		
Bromeliaceae	<i>Vriesea socialis</i>				
Bromeliaceae	<i>Vriesea</i> sp.				
Bromeliaceae	<i>Vriesea</i> sp. nov.		X	X	
Bromeliaceae	<i>Vriesea vexillata</i>		X		
Burseraceae	<i>Protium calanense</i>				
Burseraceae	<i>Protium crassipetalum</i>				X
Burseraceae	<i>Protium cuneifolium</i>		X		X
Burseraceae	<i>Protium ferrugineum</i>				
Burseraceae	<i>Protium gallosum</i>				
Burseraceae	<i>Protium hebetatum</i>				X
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i>				X
Burseraceae	<i>Protium leptostachyum</i>				
Burseraceae	<i>Protium llanorum</i>				
Burseraceae	<i>Protium macrocarpum</i>				
Burseraceae	<i>Protium minutiflorum</i>		X		

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Burseraceae	<i>Protium rubrum</i>				
Burseraceae	<i>Protium trifoliolatum</i>				
Burseraceae	<i>Trattinnickia lancifolia</i>				
Cactaceae	<i>Epiphyllum phyllanthus</i>				
Cactaceae	<i>Rhipsalis baccifera</i>				
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>				X
Calophyllaceae	<i>Caraipa densifolia</i>				
Calophyllaceae	<i>Caraipa duckeana</i>			X	
Calophyllaceae	<i>Caraipa llanorum</i>				
Calophyllaceae	<i>Caraipa longipedicellata</i>				
Calophyllaceae	<i>Caraipa parvielliptica</i>				
Calophyllaceae	<i>Clusiella impressinervis</i>			X	
Calophyllaceae	<i>Haploclathra cordata</i>			X	
Calophyllaceae	<i>Neotatea colombiana</i>		X		
Capparaceae	<i>Cappariadstrum frondosum</i>				
Capparaceae	<i>Preslianthus detonsus</i>				
Caryocaraceae	<i>Anthodiscus mazarunensis</i>				
Caryocaraceae	<i>Anthodiscus obovatus</i>				
Caryocaraceae	<i>Anthodiscus pilosus</i>				
Caryocaraceae	<i>Caryocar glabrum</i>				X
Caryocaraceae	<i>Caryocar gracile</i>				X
Caryocaraceae	<i>Caryocar microcarpum</i>				X
Celastraceae	<i>Peritassa laevigata</i>				
Celastraceae	<i>Salacia impressifolia</i>				X
Celastraceae	<i>Salacia macrantha</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Gaulettia canomensis</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella brachystachya</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella elongata</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella guainiae</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella paniculata</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella pilosissima</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Leptobalanus apetalus</i>				X
Chrysobalanaceae	<i>Licania gracilipes</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Licania hebantha</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Licania micrantha</i>				X
Chrysobalanaceae	<i>Licania mollis</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Licania sp.</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Moquilea egleri</i>				
Chrysobalanaceae	<i>Moquilea jaramilloi</i>	VU	X		
Chrysobalanaceae	<i>Parinari montana</i>				X
Clusiaceae	<i>Clusia amazonica</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia cerroana</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia chiribiquetensis</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia columnaris</i>				X
Clusiaceae	<i>Clusia grammadenioides</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia grandiflora</i>				X
Clusiaceae	<i>Clusia huberi</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia insignis</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia obovata</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia opaca</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia palmicida</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia schultesii</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia sp.</i>				
Clusiaceae	<i>Clusia spathulifolia</i>				
Clusiaceae	<i>Garcinia gardneriana</i>				
Clusiaceae	<i>Garcinia madruno</i>				X
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i>				X

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Clusiaceae	<i>Tovomita brasiliensis</i>				X
Clusiaceae	<i>Tovomita calophyllophylla</i>				
Clusiaceae	<i>Tovomita speciosa</i>				X
Clusiaceae	<i>Tovomita stergiosii</i>				
Combretaceae	<i>Combretum frangulifolium</i>				
Combretaceae	<i>Terminalia duckei</i>				
Combretaceae	<i>Terminalia macrophylla</i>				X
Combretaceae	<i>Terminalia sp.</i>				
Combretaceae	<i>Terminalia viridiflora</i>				X
Commelinaceae	<i>Dichorisandra villosula</i>				
Connaraceae	<i>Connarus fasciculatus</i>				
Connaraceae	<i>Connarus guggenheimii</i>		X		
Connaraceae	<i>Connarus lambertii</i>				
Connaraceae	<i>Connarus ruber</i>				
Convolvulaceae	<i>Dicranostyles sericea</i>				
Cordiaceae	<i>Cordia collococca</i>				
Cordiaceae	<i>Cordia exaltata</i>				X
Cordiaceae	<i>Cordia nodosa</i>				X
Cordiaceae	<i>Cordia ucayaliensis</i>				
Costaceae	<i>Costus chartaceus</i>				
Costaceae	<i>Costus sp.</i>				
Costaceae	<i>Costus woodsonii</i>				X
Cyatheaceae	<i>Cyathea aterrima</i>				
Cyatheaceae	<i>Cyathea bradei</i>				
Cyatheaceae	<i>Cyathea lasiosora</i>				X
Cyatheaceae	<i>Cyathea macrosora</i>				
Cyatheaceae	<i>Cyathea platylepis</i>				
Cyatheaceae	<i>Cyathea trailii</i>				
Cyatheaceae	<i>Cyathea vaupensis</i>				
Cyclanthaceae	<i>Asplundia cabreræ</i>				
Cyclanthaceae	<i>Asplundia luetzelburgii</i>				
Cyclanthaceae	<i>Asplundia ponderosa</i>				
Cyclanthaceae	<i>Asplundia vaupesiana</i>				
Cyclanthaceae	<i>Asplundia xiphophylla</i>				X
Cyclanthaceae	<i>Cyclanthus bipartitus</i>				X
Cyclanthaceae	<i>Evodianthus funifer</i>				
Cyclanthaceae	<i>Ludovia lancifolia</i>				
Cyclanthaceae	<i>Ludovia sp.</i>				
Cyclanthaceae	<i>Ludovia sp. nov.</i>		X	X	
Cyclanthaceae	<i>Sphaeradenia amazonica</i>				
Cyperaceae	<i>Becquerelia cymosa</i>				
Cyperaceae	<i>Bisboeckelera irrigua</i>				
Cyperaceae	<i>Calyptrocarya glomerulata</i>				
Cyperaceae	<i>Calyptrocarya sp.</i>				
Cyperaceae	<i>Cephalocarpus dracaenula</i>				
Cyperaceae	<i>Cyperus haspan</i>				X
Cyperaceae	<i>Cyperus laxus</i>				
Cyperaceae	<i>Cyperus miliifolius</i>				
Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i>				
Cyperaceae	<i>Diplacrum capitatum</i>				
Cyperaceae	<i>Diplasia karatifolia</i>				
Cyperaceae	<i>Everardia lanata</i>				
Cyperaceae	<i>Everardia montana</i>				
Cyperaceae	<i>Hypolytrum amplum</i>				
Cyperaceae	<i>Hypolytrum longifolium</i>				
Cyperaceae	<i>Hypolytrum nudum</i>				
Cyperaceae	<i>Hypolytrum rubescens</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Cyperaceae	<i>Hypolytrum schraderianum</i>				
Cyperaceae	<i>Hypolytrum spongiosum</i>				
Cyperaceae	<i>Hypolytrum strictum</i>				
Cyperaceae	<i>Cyperus sesquiflorus</i>				
Cyperaceae	<i>Lagenocarpus lanatus</i>		X		
Cyperaceae	<i>Lagenocarpus pendulus</i>				
Cyperaceae	<i>Lagenocarpus rigidus</i>				
Cyperaceae	<i>Mapania</i> sp.				
Cyperaceae	<i>Rhynchospora amazonica</i>				
Cyperaceae	<i>Rhynchospora cariciformis</i>				
Cyperaceae	<i>Rhynchospora cephalotes</i>				
Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i>				
Cyperaceae	<i>Scleria comosa</i>				
Cyperaceae	<i>Scleria cyperina</i>				X
Cyperaceae	<i>Scleria flagellum-nigrorum</i>				
Cyperaceae	<i>Scleria ramosa</i>				
Cyperaceae	<i>Scleria</i> sp.				
Cyrtaceae	<i>Cyrtia racemiflora</i>				
Dennstaedtiaceae	<i>Hypolepis hostilis</i>				
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium caudatum</i>				X
Desmophlebiaceae	<i>Desmophlebium lechleri</i>				
Dichapetalaceae	<i>Stephanopodium peruvianum</i>				
Dichapetalaceae	<i>Tapura</i> sp.				
Dilleniaceae	<i>Tetracera costata</i>				
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea amazonum</i>				
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea chondrocarpa</i>				
Droseraceae	<i>Drosera esmeraldae</i>				
Dryopteridaceae	<i>Arachniodes macrostegia</i>				
Dryopteridaceae	<i>Cyclodium meniscioides</i>				
Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum glabellum</i>				
Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum styriacum</i>				
Dryopteridaceae	<i>Polybotrya caudata</i>				
Ebenaceae	<i>Diospyros myrmecocarpa</i>				
Ebenaceae	<i>Lissocarpa kating</i>				
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea floribunda</i>				
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea</i> sp.				
Ericaceae	<i>Psammisia guianensis</i>				
Ericaceae	<i>Satyria panurensis</i>				
Ericaceae	<i>Sphyrnospermum buxifolium</i>				X
Ericaceae	<i>Thibaudia cupatensis</i>				
Ericaceae	<i>Thibaudia</i> sp.				
Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus fasciculatus</i>				
Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus tortilis</i>				
Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus yapacensis</i>				
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus amapensis</i>				
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus anomalus</i>				
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus biformis</i>				
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus caulescens</i>				
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus longipes</i>				
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus oblongus</i>				
Eriocaulaceae	<i>Comanthera reflexa</i>				
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus trichophyllus</i>				
Eriocaulaceae	<i>Tonina fluviatilis</i>				
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum cataractarum</i>				
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.				
Euphorbiaceae	<i>Alchorneopsis floribunda</i>				
Euphorbiaceae	<i>Aparisthium cordatum</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Euphorbiaceae	<i>Conceveiba guianensis</i>				
Euphorbiaceae	<i>Croton chiribiquetensis</i>		X		
Euphorbiaceae	<i>Croton cuneatus</i>				
Euphorbiaceae	<i>Croton palanostigma</i>				
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.				
Euphorbiaceae	<i>Hevea guianensis</i>				X
Euphorbiaceae	<i>Hevea nitida</i>				X
Euphorbiaceae	<i>Hevea pauciflora</i>				X
Euphorbiaceae	<i>Mabea nitida</i>				
Euphorbiaceae	<i>Mabea speciosa</i>				
Euphorbiaceae	<i>Mabea subsessilis</i>				
Euphorbiaceae	<i>Micrandra spruceana</i>				X
Euphorbiaceae	<i>Sandwithia heterocalyx</i>				
Euphorbiaceae	<i>Senefeldropsis chiribiquetensis</i>				
Euphorbiaceae	<i>Vaupesia cataractarum</i>				
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirtelloides</i>				
Fabaceae	<i>Abarema adenophora</i>				
Fabaceae	<i>Abarema auriculata</i>				X
Fabaceae	<i>Albizia</i> sp.				
Fabaceae	<i>Aldina heterophylla</i>			X	X
Fabaceae	<i>Calliandra tweediei</i>				X
Fabaceae	<i>Calliandra vaupesiana</i>				
Fabaceae	<i>Campsiandra angustifolia</i>				
Fabaceae	<i>Campsiandra comosa</i>				X
Fabaceae	<i>Campsiandra gomez-alvareziana</i>				
Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>				X
Fabaceae	<i>Chamaecrista desvauxii</i>				
Fabaceae	<i>Clathrotropis macrocarpa</i>				X
Fabaceae	<i>Clathrotropis rosea</i>			X	
Fabaceae	<i>Clitoria javitensis</i>				X
Fabaceae	<i>Dalbergia inundata</i>				
Fabaceae	<i>Dicorynia guianensis</i>				X
Fabaceae	<i>Dicycme</i> sp.				
Fabaceae	<i>Dioclea guianensis</i>				
Fabaceae	<i>Heterostemon conjugatus</i>				X
Fabaceae	<i>Heterostemon mimosoides</i>				X
Fabaceae	<i>Hydrochorea corymbosa</i>				
Fabaceae	<i>Hydrochorea gonggrijpii</i>				X
Fabaceae	<i>Hymenaea martiana</i>				
Fabaceae	<i>Hymenaea oblongifolia</i>				X
Fabaceae	<i>Hymenolobium velutinum</i>				
Fabaceae	<i>Inga fastuosa</i>				X
Fabaceae	<i>Inga neblinensis</i>				
Fabaceae	<i>Machaerium myrianthum</i>				
Fabaceae	<i>Macrolobium discolor</i>				
Fabaceae	<i>Macrolobium gracile</i>				
Fabaceae	<i>Macrolobium microcalyx</i>				
Fabaceae	<i>Macrolobium multijugum</i>				
Fabaceae	<i>Macrolobium</i> sp.				
Fabaceae	<i>Macropsychnanthus coriaceus</i>			X	
Fabaceae	<i>Macrosamanea amplissima</i>				
Fabaceae	<i>Macrosamanea pubiramea</i>				
Fabaceae	<i>Marmaroxylon</i> sp.				
Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.				
Fabaceae	<i>Ormosia grandiflora</i>				
Fabaceae	<i>Ormosia macrophylla</i>				X
Fabaceae	<i>Parkia discolor</i>				X



Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Fabaceae	<i>Parkia panurensis</i>				
Fabaceae	<i>Parkia velutina</i>				X
Fabaceae	<i>Peltogyne altissima</i>				
Fabaceae	<i>Senna macrophylla</i>				
Fabaceae	<i>Senna silvestris</i>				
Fabaceae	<i>Staminodianthus duckei</i>				
Fabaceae	<i>Stryphnodendron polystachyum</i>			X	
Fabaceae	<i>Swartzia angustifoliola</i>			X	
Fabaceae	<i>Swartzia cardiosperma</i>				
Fabaceae	<i>Swartzia conferta</i>				
Fabaceae	<i>Swartzia cupavenensis</i>				
Fabaceae	<i>Swartzia flavescens</i>				
Fabaceae	<i>Swartzia rosea</i>				
Fabaceae	<i>Swartzia sp.</i>				
Fabaceae	<i>Swartzia vaupesiana</i>				
Fabaceae	<i>Tachigali cavipes</i>				
Fabaceae	<i>Tachigali guianensis</i>				
Fabaceae	<i>Tachigali lorentensis</i>				
Fabaceae	<i>Tachigali ptychophysca</i>				
Fabaceae	<i>Tachigali schultesiana</i>				
Fabaceae	<i>Tachigali sp.</i>				
Fabaceae	<i>Tachigali vaupesiana</i>				
Fabaceae	<i>Taralea oppositifolia</i>				
Fabaceae	<i>Zygia ampla</i>				
Fabaceae	<i>Zygia basijuga</i>				X
Fabaceae	<i>Zygia sp.</i>				
Gentianaceae	<i>Adenolisianthus arboreus</i>				
Gentianaceae	<i>Chelonanthus alatus</i>				X
Gentianaceae	<i>Chelonanthus albus</i>				
Gentianaceae	<i>Chelonanthus purpurascens</i>				
Gentianaceae	<i>Coutoubea ramosa</i>				
Gentianaceae	<i>Potalia coronata</i>				
Gentianaceae	<i>Potalia resinifera</i>				X
Gentianaceae	<i>Tachia grandifolia</i>				
Gentianaceae	<i>Tachia occidentalis</i>				X
Gentianaceae	<i>Voyria aphylla</i>				
Gesneriaceae	<i>Anetanthus gracilis</i>				
Gesneriaceae	<i>Besleria solanoides</i>				
Gesneriaceae	<i>Besleria sprucei</i>				
Gesneriaceae	<i>Codonanthe uleana</i>				
Gesneriaceae	<i>Codonanthisopsis crassifolia</i>				
Gesneriaceae	<i>Drymonia coccinea</i>				X
Gesneriaceae	<i>Episcia fimbriata</i>				
Gesneriaceae	<i>Episcia reptans</i>				X
Gesneriaceae	<i>Lesia savannarum</i>			X	
Gesneriaceae	<i>Nautilocalyx forgetii</i>			X	
Gesneriaceae	<i>Nautilocalyx pallidus</i>				X
Gesneriaceae	<i>Nautilocalyx sp.</i>				
Gesneriaceae	<i>Paradrymonia ciliosa</i>				
Gesneriaceae	<i>Paradrymonia sp.</i>				
Gesneriaceae	<i>Tylopsacas cuneatum</i>			X	
Gleicheniaceae	<i>Sticherus bifidus</i>				
Gnetaceae	<i>Gnetum leyboldii</i>				X
Gnetaceae	<i>Gnetum nodiflorum</i>				
Gnetaceae	<i>Gnetum sp.</i>				
Gnetaceae	<i>Gnetum urens</i>				X
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i>				X

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Haemodoraceae	<i>Xiphidium caeruleum</i>				X
Heliconiaceae	<i>Heliconia chartacea</i>				X
Heliconiaceae	<i>Heliconia juliani</i>				
Heliconiaceae	<i>Heliconia sp.</i>				
Heliconiaceae	<i>Heliconia tarumaensis</i>				
Heliconiaceae	<i>Heliconia velutina</i>				X
Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i>				X
Humiriaceae	<i>Humiria crassifolia</i>				X
Humiriaceae	<i>Humiriastrum cuspidatum</i>			X	
Humiriaceae	<i>Humiriastrum piraparanense</i>				
Humiriaceae	<i>Sacoglottis ceratocarpa</i>				
Humiriaceae	<i>Vantanea parviflora</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum apiculatum</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes ankersii</i>				X
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes arbuscula</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes bicorne</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes cellulosum</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes crispum</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes elegans</i>				X
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes hostmannianum</i>				X
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes humboldtii</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes martiusii</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes pinnatum</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes sp. nov.</i>		X	X	
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes spruceanum</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes trollii</i>				
Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes vaupesensis</i>		X		
Hypericaceae	<i>Vismia baccifera</i>				X
Hypericaceae	<i>Vismia gracilis</i>				
Hypericaceae	<i>Vismia japurensis</i>				X
Hypericaceae	<i>Vismia sp.</i>				
Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i>				X
Lacistemataceae	<i>Lacistema sp.</i>				
Lamiaceae	<i>Amasonia campestris</i>				
Lamiaceae	<i>Hyptis lantanifolia</i>				
Lamiaceae	<i>Vitex klugii</i>				X
Lamiaceae	<i>Vitex triflora</i>				X
Lauraceae	<i>Anaueria brasiliensis</i>				X
Lauraceae	<i>Aniba vaupesiana</i>		X		
Lauraceae	<i>Cassytha filiformis</i>				
Lauraceae	<i>Endlicheria anomala</i>				X
Lauraceae	<i>Endlicheria bracteolata</i>				X
Lauraceae	<i>Endlicheria chalisea</i>				
Lauraceae	<i>Ocotea aciphylla</i>				X
Lauraceae	<i>Ocotea argyrophylla</i>				X
Lauraceae	<i>Ocotea gracilis</i>				
Lauraceae	<i>Ocotea javitensis</i>				X
Lauraceae	<i>Ocotea longifolia</i>				X
Lauraceae	<i>Ocotea oblonga</i>				X
Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>				
Lauraceae	<i>Persea grandiflora</i>				
Lauraceae	<i>Persea perseiphylla</i>				
Lauraceae	<i>Persea sp.</i>				
Lecythidaceae	<i>Eschweilera juruensis</i>				
Lecythidaceae	<i>Eschweilera laeivcarpa</i>				
Lecythidaceae	<i>Eschweilera punctata</i>				X
Lecythidaceae	<i>Eschweilera sp.</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Lentibulaceae	<i>Genlisea</i> sp.				
Lentibulariaceae	<i>Utricularia neottioides</i>				
Lentibulariaceae	<i>Utricularia</i> sp.				
Lentibulariaceae	<i>Utricularia subulata</i>				
Lentibulariaceae	<i>Utricularia tricolor</i>				
Linaceae	<i>Roucheria columbiana</i>				
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea divaricata</i>				
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea dubia</i>				
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea guianensis</i>				
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea javitensis</i>				
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea klotzschiana</i>				
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea lancea</i>				
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea pendula</i>				
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea reniformis</i>			X	
Lindsaeaceae	<i>Lindsaea stricta</i>				
Loganiaceae	<i>Bonyunia minor</i>			X	
Loganiaceae	<i>Strychnos</i> sp.				
Loranthaceae	<i>Oryctanthus alveolatus</i>				X
Loranthaceae	<i>Oryctanthus spicatus</i>				
Loranthaceae	<i>Passovia pedunculata</i>				
Loranthaceae	<i>Passovia robusta</i>				
Loranthaceae	<i>Psittacanthus cucullaris</i>				
Loranthaceae	<i>Psittacanthus</i> sp.				
Loranthaceae	<i>Psittacanthus sulcatus</i>			X	
Loranthaceae	<i>Struthanthus</i> sp.				
Lycopodiaceae	<i>Palhinhaea camporum</i>				
Lycopodiaceae	<i>Phlegmariurus linifolius</i>				
Lycopodiaceae	<i>Pseudolycopodiella contexta</i>				
Lythraceae	<i>Cuphea kubeorum</i>		X		
Lythraceae	<i>Cuphea</i> sp.				
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i> sp.				
Malpighiaceae	<i>Burdachia prismatocarpa</i>				
Malpighiaceae	<i>Byrsonima amoena</i>				
Malpighiaceae	<i>Byrsonima arthropoda</i>				
Malpighiaceae	<i>Byrsonima garcibarrigae</i>				
Malpighiaceae	<i>Christianella glandulifera</i>				
Malpighiaceae	<i>Heteropterys macradena</i>				
Malpighiaceae	<i>Hiraea schultesii</i>				
Malpighiaceae	<i>Niedenzuella poeppigiana</i>				
Malvaceae	<i>Catostemma ebracteolatum</i>			X	
Malvaceae	<i>Lueheopsis althaeiflora</i>				
Malvaceae	<i>Lueheopsis schultesii</i>				
Malvaceae	<i>Lueheopsis</i> sp.				
Malvaceae	<i>Matisia glandifera</i>				
Malvaceae	<i>Matisia ochrocalyx</i>				X
Malvaceae	<i>Mollia lepidota</i>				
Malvaceae	<i>Pachira brevipes</i>				X
Malvaceae	<i>Pachira coriacea</i>				X
Malvaceae	<i>Pachira fuscolepidota</i>				X
Malvaceae	<i>Pachira morae</i>		X		
Malvaceae	<i>Pachira nitida</i>				
Malvaceae	<i>Pachira</i> sp.				
Malvaceae	<i>Scleronema micranthum</i>				X
Malvaceae	<i>Theobroma obovatum</i>				X
Malvaceae	<i>Theobroma subincanum</i>				X
Marantaceae	<i>Calathea striata</i>				
Marantaceae	<i>Goepertia altissima</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Marantaceae	<i>Goepertia brasiliensis</i>				
Marantaceae	<i>Goepertia cyclophora</i>				
Marantaceae	<i>Goepertia fragilis</i>				
Marantaceae	<i>Goepertia laetevirens</i>				
Marantaceae	<i>Goepertia micans</i>				
Marantaceae	<i>Goepertia neblinensis</i>				
Marantaceae	<i>Goepertia zingiberina</i>				
Marantaceae	<i>Ischnosiphon arouma</i>				X
Marantaceae	<i>Ischnosiphon lasiocoleus</i>				
Marantaceae	<i>Ischnosiphon leucophaeus</i>				
Marantaceae	<i>Ischnosiphon puberulus</i>				
Marantaceae	<i>Ischnosiphon rotundifolius</i>				
Marantaceae	<i>Monotagma juruanum</i>				X
Marantaceae	<i>Monotagma laxum</i>				X
Marantaceae	<i>Monotagma plurispicatum</i>				
Marantaceae	<i>Monotagma secundum</i>				
Marantaceae	<i>Monotagma spicatum</i>				
Marattiaceae	<i>Danaea simplicifolia</i>				
Marcgraviaceae	<i>Marcgravia eichleriana</i>		X		
Marcgraviaceae	<i>Marcgraviastrum elegans</i>				
Marcgraviaceae	<i>Sarcopera aurantiaca</i>				
Marcgraviaceae	<i>Souroubea guianensis</i>				
Melastomataceae	<i>Acanthella sprucei</i>				X
Melastomataceae	<i>Aciotis ferreirana</i>			X	
Melastomataceae	<i>Aciotis</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Adelobotrys adscendens</i>				
Melastomataceae	<i>Adelobotrys barbata</i>				
Melastomataceae	<i>Adelobotrys subsessilis</i>				
Melastomataceae	<i>Bellucia</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Ernestia</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Ernestia tenella</i>				
Melastomataceae	<i>Graffenrieda fantastica</i>				
Melastomataceae	<i>Graffenrieda limbata</i>				
Melastomataceae	<i>Graffenrieda patens</i>				
Melastomataceae	<i>Graffenrieda rupestris</i>				
Melastomataceae	<i>Graffenrieda</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Graffenrieda weddellii</i>				
Melastomataceae	<i>Henriettea</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Henriettea spruceana</i>				
Melastomataceae	<i>Henriettea stellaris</i>				
Melastomataceae	<i>Leandra chaetodon</i>				
Melastomataceae	<i>Leandra</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Macairea</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Macairea thyrsoiflora</i>				
Melastomataceae	<i>Meriania urceolata</i>				X
Melastomataceae	<i>Miconia acinodendron</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia alternidomatia</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia ampla</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia aplostachya</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia aponeura</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia asperiuscula</i>			X	
Melastomataceae	<i>Miconia biglandulosa</i>				X
Melastomataceae	<i>Miconia bullifera</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia carassana</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia caryophyllaea</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia centrodesma</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia chaetodonta</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Melastomataceae	<i>Miconia charadrophila</i>			X	
Melastomataceae	<i>Miconia cucullata</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia dependens</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia formicojuruenis</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia heteroneura</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia holosericea</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia longispicata</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia lourteigiana</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia macrophysca</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia macrosperma</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia maroana</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia mayeta</i>				X
Melastomataceae	<i>Miconia minutiflora</i>				X
Melastomataceae	<i>Miconia phanerostila</i>				X
Melastomataceae	<i>Miconia prasina</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia pseudoaplostachya</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia pterocaulon</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia punctata</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia rhodopogon</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia rimachii</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia secunmacdanielii</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. nov.		X	X	
Melastomataceae	<i>Miconia tocosa</i>				X
Melastomataceae	<i>Miconia tocoronata</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia tocohirta</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia tocopauciflora</i>				
Melastomataceae	<i>Miconia tomentosa</i>				X
Melastomataceae	<i>Miconia zarucchii</i>		X		
Melastomataceae	<i>Mouriri acutiflora</i>				
Melastomataceae	<i>Mouriri cauliflora</i>				X
Melastomataceae	<i>Mouriri chamissoana</i>			X	
Melastomataceae	<i>Mouriri grandiflora</i>				X
Melastomataceae	<i>Mouriri nigra</i>				X
Melastomataceae	<i>Mouriri</i> sp.				
Melastomataceae	<i>Pachyloma coriaceum</i>				
Melastomataceae	<i>Salpinga secunda</i>				X
Melastomataceae	<i>Salpinga</i> sp. nov.		X	X	
Melastomataceae	<i>Siphanthera subtilis</i>				
Melastomataceae	<i>Tibouchina spruceana</i>				
Melastomataceae	<i>Tibouchina striphnocalyx</i>				
Meliaceae	<i>Guarea fistulosa</i>				
Meliaceae	<i>Guarea</i> sp.				
Meliaceae	<i>Trichilia</i> sp.				
Meliaceae	<i>Trichilia tuberculata</i>				
Menispermaceae	<i>Abuta grandifolia</i>				X
Metaxyaceae	<i>Metaxya lanosa</i>				
Metaxyaceae	<i>Metaxya rostrata</i>				
Metteniusaceae	<i>Emmotum floribundum</i>				
Metteniusaceae	<i>Emmotum</i> sp.				
Moraceae	<i>Brosimum guianense</i>				X
Moraceae	<i>Brosimum rubescens</i>				X
Moraceae	<i>Brosimum utile</i>				X
Moraceae	<i>Ficus albert-smithii</i>				
Moraceae	<i>Ficus americana</i>				
Moraceae	<i>Ficus paraensis</i>				
Moraceae	<i>Pseudolmedia laevigata</i>				X

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Moraceae	<i>Sorocea muriculata</i>				X
Moraceae	<i>Sorocea pubivena</i>				X
Moraceae	<i>Trymatococcus amazonicus</i>				X
Myristicaceae	<i>Componeura debilis</i>				
Myristicaceae	<i>Componeura schultesiana</i>		X		
Myristicaceae	<i>Iryanthera elliptica</i>				X
Myristicaceae	<i>Iryanthera hostmannii</i>				X
Myristicaceae	<i>Iryanthera laevis</i>				X
Myristicaceae	<i>Iryanthera obovata</i>				
Myristicaceae	<i>Osteophloeum platyspermum</i>				X
Myristicaceae	<i>Virola calophylla</i>				X
Myristicaceae	<i>Virola carinata</i>				X
Myristicaceae	<i>Virola elongata</i>				X
Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>				X
Myrtaceae	<i>Eugenia lambertiana</i>				
Myrtaceae	<i>Eugenia roseiflora</i>				
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.				
Myrtaceae	<i>Marlierea caudata</i>				
Myrtaceae	<i>Marlierea spruceana</i>				X
Myrtaceae	<i>Myrcia bracteata</i>				X
Myrtaceae	<i>Myrcia canaliculata</i>		X		
Myrtaceae	<i>Myrcia inaequiloba</i>				
Myrtaceae	<i>Myrcia pulchella</i>				
Myrtaceae	<i>Myrcia revolutifolia</i>				
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.				
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i>				X
Myrtaceae	<i>Myrcia subsessilis</i>				
Myrtaceae	<i>Plinia</i> sp.				
Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis hirsutula</i>				X
Nyctaginaceae	<i>Neea</i> sp.				
Ochnaceae	<i>Blastemanthus gemmiflorus</i>				
Ochnaceae	<i>Cespedesia spathulata</i>				X
Ochnaceae	<i>Froesia crassiflora</i>				
Ochnaceae	<i>Lacunaria macrostachya</i>			X	
Ochnaceae	<i>Ouratea coccinea</i>				
Ochnaceae	<i>Ouratea ferruginea</i>				
Ochnaceae	<i>Ouratea kananariensis</i>		X		X
Ochnaceae	<i>Ouratea</i> sp.				
Ochnaceae	<i>Poecilandra retusa</i>				
Ochnaceae	<i>Quiina amazonica</i>				
Ochnaceae	<i>Rhytidanthera splendida</i>				
Ochnaceae	<i>Sauvagesia aliciae</i>				
Ochnaceae	<i>Sauvagesia erecta</i>				
Ochnaceae	<i>Sauvagesia fruticosa</i>				
Olacaceae	<i>Chaunochiton angustifolium</i>				
Olacaceae	<i>Dulacia</i> sp.				
Olacaceae	<i>Heisteria amphoricarpa</i>			X	
Olacaceae	<i>Heisteria duckei</i>				
Olacaceae	<i>Heisteria insculpta</i>				
Olacaceae	<i>Minquartia guianensis</i>				X
Oleandraceae	<i>Oleandra articulata</i>				
Oleandraceae	<i>Oleandra pilosa</i>				
Onagraceae	<i>Ludwigia hyssopifolia</i>				
Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp.				
Orchidaceae	<i>Acacallis cyanea</i>				
Orchidaceae	<i>Dichaea camaridioides</i>				
Orchidaceae	<i>Dichaea latifolia</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Orchidaceae	<i>Duckeella pauciflora</i>				
Orchidaceae	<i>Epidendrum calanthum</i>				
Orchidaceae	<i>Epidendrum dichaeoides</i>			X	
Orchidaceae	<i>Epidendrum longicolle</i>				X
Orchidaceae	<i>Epidendrum nocturnum</i>				X
Orchidaceae	<i>Epidendrum orchidiflorum</i>				X
Orchidaceae	<i>Epidendrum sp.</i>				
Orchidaceae	<i>Epistephium parviflorum</i>				X
Orchidaceae	<i>Epistephium subrepens</i>				
Orchidaceae	<i>Guanchezia maguirei</i>			X	
Orchidaceae	<i>Hylaeorchis petiolaris</i>				
Orchidaceae	<i>Koellensteinia graminea</i>				
Orchidaceae	<i>Maxillaria parkeri</i>				
Orchidaceae	<i>Maxillaria sp.</i>				
Orchidaceae	<i>Octomeria heleneana</i>			X	
Orchidaceae	<i>Octomeria spathulata</i>			X	
Orchidaceae	<i>Pleurothallis spiculifera</i>				
Orchidaceae	<i>Polyotidium huebneri</i>				
Orchidaceae	<i>Polystachya concreta</i>				
Orchidaceae	<i>Polystachya stenophylla</i>				
Orchidaceae	<i>Prosthechea sp.</i>				
Orchidaceae	<i>Scaphyglottis bidentata</i>			X	
Orchidaceae	<i>Scaphyglottis sp.</i>				
Orchidaceae	<i>Sobralia liliastrum</i>				
Orchidaceae	<i>Sobralia macrophylla</i>				
Orchidaceae	<i>Specklinia spiculifera</i>				
Orchidaceae	<i>Trigonidium obtusum</i>				
Orchidaceae	<i>Trigonidium sp.</i>				
Orchidaceae	<i>Vanilla sprucei</i>				
Passifloraceae	<i>Dilkea retusa</i>				X
Passifloraceae	<i>Passiflora auriculata</i>				X
Passifloraceae	<i>Passiflora nitida</i>				X
Passifloraceae	<i>Passiflora sp.</i>				
Passifloraceae	<i>Passiflora spinosa</i>				
Passifloraceae	<i>Passiflora variolata</i>				
Passifloraceae	<i>Turnera acuta</i>				
Pentaphragaceae	<i>Ternstroemia campincola</i>				
Pentaphragaceae	<i>Ternstroemia sp.</i>				
Peraceae	<i>Pera bicolor</i>				
Peraceae	<i>Pera decipiens</i>			X	
Peraceae	<i>Pera distichophylla</i>				
Phyllanthaceae	<i>Amanoa oblongifolia</i>				
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus myrsinites</i>				
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus sp.</i>				
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca rivinoides</i>				X
Picramniaceae	<i>Picramnia magnifolia</i>				X
Picrodendraceae	<i>Podocalyx loranthoides</i>				
Piperaceae	<i>Peperomia macrostachyos</i>				
Piperaceae	<i>Piper arboreum</i>				X
Piperaceae	<i>Piper baccans</i>				
Piperaceae	<i>Piper bartlingianum</i>				
Piperaceae	<i>Piper brasiliense</i>				
Piperaceae	<i>Piper cachimboense</i>				
Piperaceae	<i>Piper corpulentispicum</i>				
Piperaceae	<i>Piper crenatifolium</i>		X		
Piperaceae	<i>Piper cumaralense</i>				
Piperaceae	<i>Piper cupreatum</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Piperaceae	<i>Piper demeraranum</i>				X
Piperaceae	<i>Piper froesii</i>				
Piperaceae	<i>Piper hispidum</i>				
Piperaceae	<i>Piper hostmannianum</i>				
Piperaceae	<i>Piper macerispicum</i>				
Piperaceae	<i>Piper metanum</i>				
Piperaceae	<i>Piper mituense</i>				
Piperaceae	<i>Piper nigrispicum</i>				
Piperaceae	<i>Piper obtusilimum</i>				X
Piperaceae	<i>Piper poporense</i>				X
Piperaceae	<i>Piper sp.</i>				
Piperaceae	<i>Piper sp. nov.</i>		X	X	
Piperaceae	<i>Piper truncatum</i>			X	
Poaceae	<i>Andropogon leucostachyus</i>				
Poaceae	<i>Arthrostylidium sp.</i>				
Poaceae	<i>Axonopus longispicus</i>				
Poaceae	<i>Coleataenia stenodes</i>				
Poaceae	<i>Hildaea breviscrops</i>				
Poaceae	<i>Ichnanthus panicoides</i>				X
Poaceae	<i>Olyra buchtienii</i>				
Poaceae	<i>Olyra latifolia</i>				X
Poaceae	<i>Olyra longifolia</i>				
Poaceae	<i>Panicum sp.</i>				
Poaceae	<i>Parodiolyra micrantha</i>				
Poaceae	<i>Paspalum sp.</i>				
Poaceae	<i>Rugoloo pilosa</i>				X
Poaceae	<i>Steinchisma laxum</i>				
Poaceae	<i>Trichantheium polycomum</i>				
Poaceae	<i>Trichantheium sp.</i>				
Podostemaceae	<i>Rhyncholacis brassicifolia</i>				
Podostemaceae	<i>Rhyncholacis sp.</i>				
Polygalaceae	<i>Bredemeyera myrtifolia</i>				
Polygalaceae	<i>Bredemeyera sp.</i>				
Polygalaceae	<i>Moutabea sp.</i>				
Polygalaceae	<i>Polygala sp.</i>				
Polygalaceae	<i>Securidaca retusa</i>				
Polygonaceae	<i>Coccoloba ascendens</i>				X
Polygonaceae	<i>Coccoloba latifolia</i>				
Polygonaceae	<i>Coccoloba sp.</i>				
Polypodiaceae	<i>Campyloneurum phyllitidis</i>				
Polypodiaceae	<i>Cochlidium serrulatum</i>				
Polypodiaceae	<i>Microgramma baldwinii</i>				
Polypodiaceae	<i>Microgramma bifrons</i>				
Polypodiaceae	<i>Microgramma megalophylla</i>				
Polypodiaceae	<i>Moranopteris taenifolia</i>				
Polypodiaceae	<i>Pecluma plumula</i>				
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis bombycina</i>				
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis desvauxii</i>				
Polypodiaceae	<i>Serpocaulon dasypleuron</i>				
Polypodiaceae	<i>Serpocaulon triseriale</i>				
Primulaceae	<i>Cybianthus amplus</i>				X
Primulaceae	<i>Cybianthus fulvopulverulentus</i>				
Primulaceae	<i>Cybianthus gigantophyllus</i>			X	
Primulaceae	<i>Cybianthus guyanensis</i>				
Primulaceae	<i>Cybianthus idroboi</i>				
Primulaceae	<i>Cybianthus longifolius</i>			X	
Primulaceae	<i>Cybianthus poeppigii</i>				



Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Primulaceae	<i>Cybianthus reticulatus</i>			X	
Primulaceae	<i>Cybianthus spicatus</i>				
Primulaceae	<i>Stylogyne laxiflora</i>				
Primulaceae	<i>Stylogyne longifolia</i>				X
Pteridaceae	<i>Adiantum cajennense</i>				
Pteridaceae	<i>Adiantum tomentosum</i>				X
Pteridaceae	<i>Hecistopteris pumila</i>				
Pteridaceae	<i>Pityrogramma calomelanos</i>				
Pteridaceae	<i>Polytaenium guayanense</i>				
Pteridaceae	<i>Pterozonium tatei</i>			X	
Rapateaceae	<i>Guacamaya superba</i>				X
Rapateaceae	<i>Monotrema arthrophyllum</i>		X		
Rapateaceae	<i>Rapatea circasiana</i>				
Rapateaceae	<i>Rapatea elongata</i>				
Rapateaceae	<i>Rapatea paludosa</i>				
Rapateaceae	<i>Schoenocephalum schultesii</i>		X		
Rhizophoraceae	<i>Cassipourea guianensis</i>				
Rhizophoraceae	<i>Sterigmipetalum obovatum</i>				X
Rubiaceae	<i>Borreria hyssopifolia</i>				
Rubiaceae	<i>Calycophyllum obovatum</i>				X
Rubiaceae	<i>Carapichea klugii</i>				
Rubiaceae	<i>Coussarea violacea</i>				
Rubiaceae	<i>Duroia hirsuta</i>				X
Rubiaceae	<i>Duroia micrantha</i>				X
Rubiaceae	<i>Duroia saccifera</i>				
Rubiaceae	<i>Duroia</i> sp.				
Rubiaceae	<i>Faramea capillipes</i>				
Rubiaceae	<i>Faramea multiflora</i>				
Rubiaceae	<i>Faramea sessilifolia</i>				
Rubiaceae	<i>Faramea</i> sp.				
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa boomii</i>			X	
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa chlorantha</i>				
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa guainiae</i>				
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa rudgeoides</i>				
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa</i> sp.				
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa sprucei</i>				
Rubiaceae	<i>Gemipa americana</i>				X
Rubiaceae	<i>Geophila cordifolia</i>				
Rubiaceae	<i>Isertia hypoleuca</i>				X
Rubiaceae	<i>Ixora panurensis</i>				
Rubiaceae	<i>Ladenbergia lambertiana</i>				X
Rubiaceae	<i>Ladenbergia muzonensis</i>				
Rubiaceae	<i>Ladenbergia</i> sp.				
Rubiaceae	<i>Notopleura tapajozensis</i>				
Rubiaceae	<i>Pagamea acensis</i>				
Rubiaceae	<i>Pagamea coriacea</i>				
Rubiaceae	<i>Pagamea guianensis</i>				
Rubiaceae	<i>Pagamea hirsuta</i>				
Rubiaceae	<i>Pagamea plicata</i>				X
Rubiaceae	<i>Pagamea thyriflora</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea anisoloba</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea colorata</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea corymbosa</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea debilis</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea deflexa</i>				X
Rubiaceae	<i>Palicourea egensis</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea guianensis</i>				

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Rubiaceae	<i>Palicourea hoffmannseggiana</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea huampamiensis</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea humboldtiana</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea iodotricha</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea lucidula</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea microbotrys</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea racemosa</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea spicata</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea tomentosa</i>				X
Rubiaceae	<i>Palicourea triadica</i>				
Rubiaceae	<i>Palicourea urceolata</i>				X
Rubiaceae	<i>Palicourea venulosa</i>				
Rubiaceae	<i>Perama dichotoma</i>				
Rubiaceae	<i>Perama galioides</i>				
Rubiaceae	<i>Psychotria bertieroides</i>				
Rubiaceae	<i>Psychotria capitata</i>				
Rubiaceae	<i>Psychotria nematostachya</i>				
Rubiaceae	<i>Psychotria ostreophora</i>				
Rubiaceae	<i>Psychotria</i> sp.				
Rubiaceae	<i>Remijia amazonica</i>				
Rubiaceae	<i>Remijia longifolia</i>				X
Rubiaceae	<i>Remijia macrocnemia</i>				
Rubiaceae	<i>Remijia sipapoensis</i>				X
Rubiaceae	<i>Remijia</i> sp.				
Rubiaceae	<i>Retiniphyllum concolor</i>				
Rubiaceae	<i>Ronabea latifolia</i>				
Rubiaceae	<i>Rudgea bacciflora</i>				X
Rubiaceae	<i>Rudgea lanceifolia</i>				
Rubiaceae	<i>Rudgea stipulacea</i>				
Rubiaceae	<i>Rudgea viburnoides</i>				
Rubiaceae	<i>Sabicea amazonensis</i>				X
Rubiaceae	<i>Schizocalyx bracteosus</i>				
Rubiaceae	<i>Schradera</i> sp.				
Rubiaceae	<i>Sipanea hispida</i>				
Rubiaceae	<i>Spermacoce</i> sp.				
Rubiaceae	<i>Sphinctanthus maculatus</i>				
Rubiaceae	<i>Warszewiczia coccinea</i>				X
Rutaceae	<i>Decagonocarpus oppositifolius</i>				
Rutaceae	<i>Leptothyrsa sprucei</i>				
Rutaceae	<i>Raputia ulei</i>				
Rutaceae	<i>Ravenia biramosa</i>				
Saccolomataceae	<i>Saccoloma inaequale</i>				
Salicaceae	<i>Piparea multiflora</i>				
Salicaceae	<i>Euceraea nitida</i>				
Salicaceae	<i>Laetia suaveolens</i>				
Salicaceae	<i>Neoptychocarpus killipii</i>				
Salicaceae	<i>Ryania speciosa</i>				X
Santalaceae	<i>Phoradendron inaequidatum</i>				
Santalaceae	<i>Phoradendron palaephyllum</i>		X		
Santalaceae	<i>Phoradendron singulare</i>				
Sapindaceae	<i>Allophylus</i> sp.				
Sapindaceae	<i>Cupania diphylla</i>				
Sapindaceae	<i>Matayba adenanthera</i>				
Sapindaceae	<i>Matayba inelegans</i>				X
Sapindaceae	<i>Matayba</i> sp.				
Sapindaceae	<i>Paullinia anisoptera</i>				
Sapindaceae	<i>Talisia cerasina</i>				


Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Sapindaceae	<i>Talisia sylvatica</i>				
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum manaosense</i>				X
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum pomiferum</i>				X
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>				X
Sapotaceae	<i>Ecclinusa lanceolata</i>				X
Sapotaceae	<i>Ecclinusa ramiflora</i>				
Sapotaceae	<i>Elaeoloma glabrescens</i>				
Sapotaceae	<i>Elaeoloma schomburgkiana</i>				X
Sapotaceae	<i>Manilkara bidentata</i>				X
Sapotaceae	<i>Micropholis guyanensis</i>				X
Sapotaceae	<i>Micropholis maguirei</i>				
Sapotaceae	<i>Micropholis</i> sp.				
Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i>				X
Sapotaceae	<i>Pouteria coriacea</i>				
Sapotaceae	<i>Pouteria cuspidata</i>				X
Sapotaceae	<i>Pouteria deliciosa</i>				
Sapotaceae	<i>Pouteria guianensis</i>				X
Sapotaceae	<i>Pouteria laevigata</i>				X
Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp.				
Schizaeaceae	<i>Actinostachys pennula</i>				
Schizaeaceae	<i>Schizaea elegans</i>				X
Schizaeaceae	<i>Schizaea fluminensis</i>				
Schlegeliaceae	<i>Schlegelia cauliflora</i>				
Schlegeliaceae	<i>Schlegelia spruceana</i>				
Selaginellaceae	<i>Selaginella sellowii</i>				
Selaginellaceae	<i>Selaginella asperula</i>				
Selaginellaceae	<i>Selaginella coarctata</i>				
Selaginellaceae	<i>Selaginella convoluta</i>				
Selaginellaceae	<i>Selaginella fragilis</i>				
Selaginellaceae	<i>Selaginella parkeri</i>				
Selaginellaceae	<i>Selaginella</i> sp.				
Simaroubaceae	<i>Simaba obovata</i>				X
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>				
Siparunaceae	<i>Siparuna bifida</i>				X
Siparunaceae	<i>Siparuna harlingii</i>				X
Siparunaceae	<i>Siparuna sessiliflora</i>				
Siparunaceae	<i>Siparuna</i> sp.				
Smilacaceae	<i>Smilax domingensis</i>				
Smilacaceae	<i>Smilax maypurensis</i>				
Smilacaceae	<i>Smilax siphilitica</i>				X
Smilacaceae	<i>Smilax</i> sp.				
Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp.				
Solanaceae	<i>Cestrum tubulosum</i>				
Solanaceae	<i>Markea formicarum</i>				
Solanaceae	<i>Solanum altissimum</i>				X
Stemonuraceae	<i>Discophora guianensis</i>				
Strelitziaceae	<i>Phenakospermum guyanense</i>				X
Styracaceae	<i>Styrax rigidifolius</i>		X		
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris arborescens</i>				
Thymelaeaceae	<i>Tepuianthus colombianus</i>		X		

Familia	Especie	Amenazada	Endémica	Primer registro	Útil
Thymelaeaceae	<i>Tepuianthus savannensis</i>				
Thymelaeaceae	<i>Tepuianthus</i> sp.				
Triuridaceae	<i>Sciaphila purpurea</i>				
Urticaceae	<i>Cecropia ficifolia</i>				X
Urticaceae	<i>Pourouma bicolor</i>				X
Urticaceae	<i>Pourouma cucura</i>				X
Urticaceae	<i>Pourouma melinonii</i>				X
Urticaceae	<i>Pourouma minor</i>				X
Velloziaceae	<i>Vellozia tubiflora</i>				X
Verbenaceae	<i>Petrea volubilis</i>				X
Violaceae	<i>Calyptrium arboreum</i>				
Violaceae	<i>Calyptrium volubile</i>				
Violaceae	<i>Leonia crassa</i>				
Violaceae	<i>Leonia glycyarpa</i>				X
Violaceae	<i>Paypayrola grandiflora</i>				
Violaceae	<i>Paypayrola</i> sp.				
Violaceae	<i>Rinorea flavescens</i>				
Violaceae	<i>Rinorea macrocarpa</i>				
Violaceae	<i>Rinorea racemosa</i>				X
Violaceae	<i>Rinorea sprucei</i>			X	
Vitaceae	<i>Cissus erosa</i>				X
Vochysiaceae	<i>Qualea acuminata</i>				X
Vochysiaceae	<i>Vochysia calamana</i>			X	
Vochysiaceae	<i>Vochysia columbiensis</i>		X		
Vochysiaceae	<i>Vochysia diversa</i>				X
Vochysiaceae	<i>Vochysia garcia-barrigae</i>		X		
Vochysiaceae	<i>Vochysia lomatophylla</i>				X
Vochysiaceae	<i>Vochysia obscura</i>				
Vochysiaceae	<i>Vochysia</i> sp.				
Xyridaceae	<i>Abolboda acicularis</i>				
Xyridaceae	<i>Abolboda grandis</i>				
Xyridaceae	<i>Abolboda macrostachya</i>				
Xyridaceae	<i>Abolboda pulchella</i>				
Xyridaceae	<i>Aratitiopea lopezii</i>				
Xyridaceae	<i>Xyris esmeraldae</i>				
Xyridaceae	<i>Xyris fallax</i>				
Xyridaceae	<i>Xyris lomatophylla</i>				
Xyridaceae	<i>Xyris paraensis</i>				
Xyridaceae	<i>Xyris savanensis</i>				
Xyridaceae	<i>Xyris</i> sp.				
Xyridaceae	<i>Xyris spruceana</i>				
Xyridaceae	<i>Xyris subuniflora</i>				
Xyridaceae	<i>Xyris terrestris</i>				
Zamiaceae	<i>Zamia cupatiensis</i>				
Zamiaceae	<i>Zamia hymenophyllidia</i>	EN			X
Zamiaceae	<i>Zamia lecointei</i>	EN			
Zamiaceae	<i>Zamia ulei</i>	VU			
Zingiberaceae	<i>Renalmia floribunda</i>				
Zingiberaceae	<i>Renalmia nicolaoides</i>				

*Investigadores grupo fauna en Rauda de Jirijirimo, Río Apaporis, Vaupés.  
Foto: Natalia Atuesta*







# Lista anotada de los anfibios y reptiles de la cuenca media y alta del río Apaporis, Amazonia colombiana

Mariela Osorno-Muñoz<sup>1\*</sup>, José Rancés Caicedo-Portilla<sup>1</sup>, John D. Lynch<sup>2</sup> & Doris L. Gutiérrez-Lamus<sup>1</sup>

## Resumen

El inventario de anfibios y reptiles en la cuenca del río Apaporis se realizó en el marco de la iniciativa Colombia BIO (Minciencias); el esfuerzo de muestreo se centró en las localidades de Buenos Aires y Cerro Morroco, cuenca media del río Apaporis; en Cerro Azul-Cerro Campana, cuenca alta, y en el raudal de Jirijirimo. A partir de la búsqueda en bosques, afloramientos rocosos y raudales se reportan 41 especies de anfibios de los cuáles se destaca el registro de una familia nueva para el país, Ceuthomantidae y una especie indescrita, la confirmación de la presencia de *O. vilarsi* en Colombia y el hallazgo de otra especie de la familia Craugastoridae por describir. En reptiles se encontraron 33 especies, se recolectaron ejemplares de algunas poco conocidas o que tienen una distribución relativamente pequeña en la parte noroccidental de la Panamazonia y muy relacionadas con el Escudo Guayanés. Se destacan los registros de *Bachia pyburni*, *Neusticurus medemi*, *Helicops hagmanni* y la tortuga *Rhinemys rufipes*.

## Palabras clave

Herpetofauna, escudo Guayanés, afloramientos rocosos, diversidad, Vaupés, Guaviare

## Abstract

The inventory of amphibians and reptiles in the Apaporis River basin was carried out within the framework of the Colombia BIO initiative (*Minciencias*). The sampling effort was focused on the towns of Buenos Aires and Cerro Morroco, in the middle basin of the Apaporis River; in Cerro Azul-Cerro Campana, upper basin, and in the Jirijirimo torrent. The search in forests, rocky outcrops, and torrents allowed the report of 41 species of amphibians, of which the record of a new family for the country, Ceuthomantidae, an undescribed species, the confirmation of the presence of *O. vilarsi* in Colombia, and the discovery of another species of the Craugastoridae family yet to be described stand out. 33 species of reptiles were found, and some little-known specimens or with a relatively small distribution in the northwestern part of the Pan-Amazon and closely related to the Guiana Shield were collected. The records of *Bachia pyburni*, *Neusticurus medemi*, *Helicops hagmanni* and the turtle *Rhinemys rufipes* stand out.

**Keywords:** Herpetofauna, Guiana Shield, rocky outcrops, diversity, Vaupés, Guaviare.

<sup>1</sup> Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Grupo de investigación "Fauna amazónica colombiana".

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Laboratorio de Anfibios. Grupo de Investigación "Cladística profunda y biogeografía histórica".



## INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Apaporis corre en sentido sureste desde San Vicente del Caguán, en el departamento del Caquetá, en donde su fuente más lejana recibe el nombre de río Tunia, posteriormente toma el nombre de río Mecayá y al unirse con el río Ajaju, su nombre es río Apaporis (Dominguez 1975). En su primer tramo como río Apaporis es frontera natural entre los departamentos de Caquetá y Guaviare, aguas más abajo entre Caquetá y Vaupés y finalmente entre los departamentos de Vaupés y Amazonas. En su cuenca baja se le unen el río Cananarí, el Pirá Paraná y finalmente el río Taraira antes de llegar a la frontera de Colombia y Brasil por la que transcurre un pequeño tramo antes de desembocar en el río Caquetá.

El río Apaporis hace parte de la Guayana colombiana y su lecho está formado tanto sobre rocas como sobre depósitos recientes. La región guayanesa tiene un basamento precámbrico con una cobertura sedimentaria del Mesozoico, compactada en estratos rocosos, fuertemente fracturada en la Amazonia colombiana. Las fosas resultantes se han llenado con sedimentos terciarios y cuaternarios lo cual explica por qué el río Apaporis tiene tramos serenos en su curso sobre una llanura aluvial y tramos turbulentos debidos a rápidos o raudales que en su mayor parte están controlados por fracturas (Dominguez 1975, Galvis et al. 1979)

La zona del río Tunia se considera la cuenca alta, que discurre a lo largo de las sabanas del Yarí, hasta la unión del río Mecaya con el Ajaju, que corren al oriente de la Serranía de Chiribiquete, entre numerosas cachiveras. La cuenca media, de 450 km de largo, se considera el tramo del río Apaporis desde las cachiveras el Venado o de Chiribiquete, hasta la desembocadura del río Cananarí en el río Apaporis. La cuenca baja es entonces el tramo a partir de las bocas del Cananarí, y aloja dos de los más grandes raudales, el de Jirijirimo, precedido por el de Yavaraté o el Tigre, y aguas abajo se encuentra el raudal de Yayacopi. Antes del raudal de Jirijirimo el río corre sinuoso y ancho y al llegar a una antigua masa de roca se encajona en un espacio de aproximadamente 40 metros para caer de manera abrupta en una vertical de 20 a 30 metros de altura; la caída de unos 3600m<sup>3</sup> de agua por segundo, forma una columna de vapor constante, nubes locales y frecuentes lluvias que mantienen las orillas con humedad permanente (Dominguez 1975, Hettler & Plotkin 2019).

La cuenca del Apaporis, con sus tramos enmarcados en grandes raudales, ha estado poblada de una manera diferencial. Según Franco (2002) la región de Chiribiquete estuvo dominada por los carijona por más de 400 años quienes a finales del siglo XVIII sufrieron fuerte reducción por enfermedades, conflictos con otros pueblos y esclavitud por las caucherías (Hettler & Plotkin 2019). Schultes, en 1943, describe la cuenca alta como un lugar despoblado y por el contrario, la cuenca baja y el río Cananarí densamente poblada por indígenas macuna, barasana, taiwano, tatuyo, cabiyari y tanimuca. Han sido sus pobladores ancestrales poseedores de una vasta diversidad cultural, mantienen aún hoy

viva su ritualidad, ceremonias y tradiciones. Padecieron, como muchos otros indígenas amazónicos, el sistema del endeude en la explotación del caucho, particularmente hacia el año 1943 cuando la compañía "Rubber Development Corporation", se dedicó a extraer caucho en el Apaporis (Dominguez 1975). La cuenca media, por la dificultad de acceso, tiene un menor poblamiento, inclusive Schultes relata que en la búsqueda de individuos del género *Hevea*, desde los últimos raudales de Chiribiquete navegaron durante dos semanas aguas abajo, y sólo hasta las bocas del Cananarí, se encontraron con un indígena pescando (Hettler & Plotkin 2019).

Las condiciones de difícil accesibilidad también han limitado los estudios biológicos en la cuenca del río Apaporis, sin dejar de lado las restricciones que el conflicto armado impuso por tantos años. Específicamente en estudios herpetológicos, Federico Medem visitó la zona de enero a mayo de 1952 e hizo colectas de caimanes; en 1955, describió *Caiman crocodilus apaporiensis* (= *C. sclerops apaoriensis*) basado en especímenes provenientes del alto río Apaporis, entre el raudal de Jirijirimo y Puerto Yaviya (0° 7' N, 71° 0' W, aproximadamente) (Medem 1955, Escobedo-Galván et al. 2015). También recolectó otros grupos de reptiles, los cuales fueron depositados en el ICN y otros museos del mundo como el Field Museum de Chicago en Estados Unidos

Seis décadas después, Escobedo-Galván et al. (2015) realizan comparaciones de morfometría craneal de *C. crocodilus apaporiensis* con especies del complejo *C. crocodilus* y recomiendan indagar en aspectos genéticos para explicar las diferencias encontradas. Recientes trabajos se han realizado en la región, indagando el estado taxonómico de esta subespecie por medio de morfometría y utilizando herramientas moleculares (Balaguera-Reina 2019, Balaguera-Reina et al. 2020).

Otros estudios de diversidad de anfibios y reptiles se han adelantado también en años recientes a lo largo de la cuenca y son información de referencia para la riqueza que se encuentra particularmente en la cuenca media del río Apaporis.

De la cuenca alta, los inventarios adelantados entre los años 2016 y 2017 por el Instituto Sinchi en los departamentos de Caquetá y Guaviare, en bosques de los ríos Tunia, Itilla y Yarí, se obtuvo una riqueza de 47 especies de anfibios y 35 de reptiles (Osorno-Muñoz et al. 2019), información que aportó a la decisión de ampliación del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete (PNNSCH) (resolución 1256 de 10 julio de 2018). Suárez-Mayorga & Lynch (2017) reportaron 43 especies de anfibios y 58 especies de reptiles a partir de revisión de colecciones y trabajo de campo en Puerto Abeja, al sur del PNNSCH y en tepuyes del centro y del norte de la Serranía de Chiribiquete, información que soportó la primera ampliación del área protegida. De la cuenca baja contamos con un inventario que adelantó el Instituto Sinchi en el año 2016 en alrededores de Taraira, departamento del Vaupés, en rastrojos y cuerpos de agua degradados y contaminados por la minería del oro. Se encontró una riqueza de 17 especies de anfibios de las cuales *Boana gracilis*, *Boana geographica* y *Boana microderma* fueron las más

abundantes alrededor de pozos de agua creados artificialmente por la remoción del suelo. Se registraron 7 especies de reptiles, entre los cuales *Neusticurus medemi*, *Helicops hagmanni*, *Micrurus tikuna* y *Atractus franciscoipaivai* son hallazgos novedosos para las colecciones herpetológicas.

En esta contribución aportamos información de los anfibios y reptiles que se registran principalmente en la cuenca media del río Apaporis, una región que por las dificultades de acceso y de navegabilidad ha permanecido poco explorada.

## MÉTODOS

### Área de estudio

La primera parte de la expedición se llevó a cabo en áreas cercanas a la comunidad de Buenos Aires, en ecosistemas asociados al río Cananarí, afluente de aguas negras que desemboca en el río Apaporis. Igualmente se hicieron inventarios sobre el río Apaporis, a la altura del raudal de Jirijirimo, en el departamento del Vaupés, área

no municipalizada de Pacoa. Esta área de estudio corresponde a la denominada cuenca media del Apaporis y el raudal de Jirijirimo se considera parte de la cuenca baja (Dominguez 1975).

Los muestreos se llevaron a cabo en los bosques cercanos a la comunidad de Buenos Aires, localizada a 0°1' N, 71°00' W, a 152 m de altura, ubicada sobre la margen derecha del río Cananarí, a 4,69 km de la desembocadura de éste en el río Apaporis, en línea recta. También se hicieron muestreos en el Cerro Morroco, un afloramiento de areniscas de la Serranía de Isibucuri, también conocido como Cerro Isibucuri, y visitado en 1951 y 1952 por Richard Evan Schultes (Hettler & Plotkin 2019), ubicado al noreste de la comunidad de Buenos Aires, a 13,71 km de ésta en línea recta, sobre la margen izquierda del río Cananarí, en frente de la comunidad de Morroco. Este afloramiento se localiza a 0°8' N, 70°57' W y el muestreo se llevó a cabo en alturas entre 153m y 598 m. Igualmente se hicieron colectas en los alrededores del raudal de Jirijirimo, localizado a 0°2' S, 70°57' W, a 136 m de altura, en el río Apaporis (Figura 1).

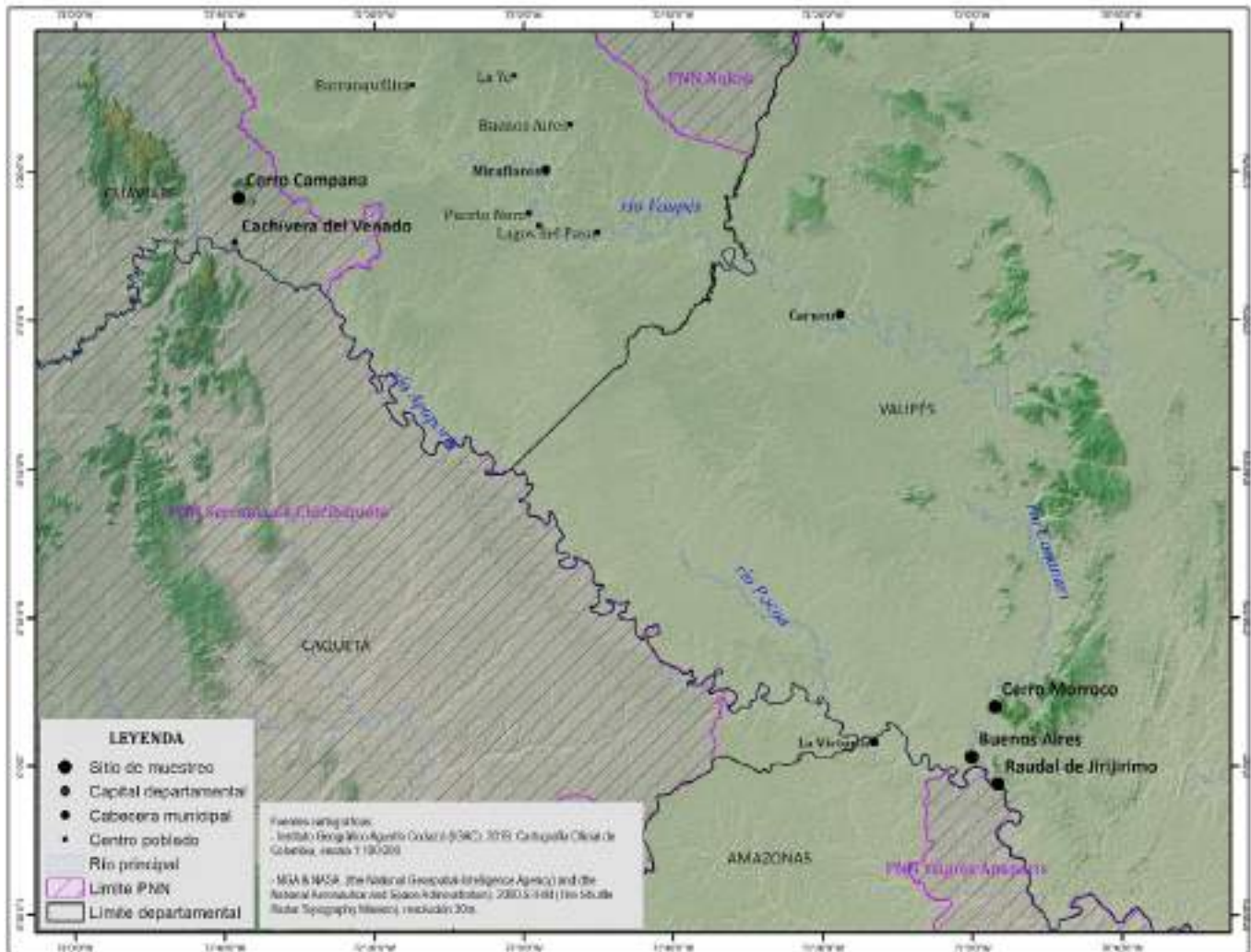


Figura 1. Ubicación del inventario de herpetofauna en la cuenca del río Apaporis.

Lista anotada de los anfibios y reptiles de la cuenca media y alta del río Apaporis, Amazonia colombiana

La segunda parte de la expedición se llevó a cabo en un afloramiento al nororiente de la Serranía de Chiribiquete, denominada Cerro Azul -Cerro Campana, localizado a 1°17' N, 72°37' W y a una altura de 264 m. Este afloramiento se ubica a 12.5 km al norte de la cachivera de Chiribiquete o del Venado, lugar en donde inicia la cuenca media del río Apaporis. La distancia perpendicular de Cerro Azul-Cerro Campana al río Tunia (Mecayá), considerada aún cuenca alta, es de 11 km.

## Obtención de datos

Entre el 19 de febrero y el 8 de marzo del 2018, se hicieron recorridos nocturnos y ocasionalmente diurnos para recolectar anfibios y reptiles en las localidades mencionadas. El método utilizado para la ubicación de los individuos fue la búsqueda libre por encuentro visual al azar (Crump y Scott 1994; Guyer y Donnelly 2012) y además se instalaron trampas tipo nasa para la captura de serpientes acuáticas. El esfuerzo de muestreo acumulado fue de 408/horas hombre, 144/horas hombre en Buenos Aires, 36 horas/hombre en Jirijirimo, 72/horas hombre en Cerro Morroco y 156 horas hombre en Cerro Azul-Cerro Campana.

En cada localidad se hicieron búsquedas de acuerdo con la disponibilidad de microhábitats, en los bosques y rastrojos se centró entre la hojarasca, en el estrato rasante y el sotobosque, en oquedades en los árboles y el suelo, en los cuerpos de agua temporales o permanentes en busca de renacuajos o adultos. En las localidades con roca expuesta como Cerro Morroco, Cerro Azul y Jirijirimo se hicieron búsquedas en la vegetación rasante o arbustiva asociada a las rocas, entre las quebradas y sus áreas de salpicadura y en pozos en búsqueda de larvas.

Se recolectaron individuos adultos procurando en lo posible contar con hembras y machos de algunas especies, individuos juveniles y/o larvas. Los anfibios se guardaron en bolsas de tela húmeda, los reptiles en bolsas de tela seca y así se transportaron al campamento, las larvas en bolsas plásticas con agua. Al día siguiente se hicieron notas de color de los ejemplares, fotografía de algunos individuos. Los anfibios pequeños y medianos se sacrificaron en una solución saturada de cloretona y para los anfibios grandes y los reptiles se utilizó una inyección cardiaca de roxicaina 1%. Todos los individuos fueron preservados en formaldehído al 10%, y etiquetados. Después de 15 días, fueron lavados con agua hasta eliminar el formaldehído y preservados en etanol 70%. Los anfibios están depositados en la colección de anfibios del Instituto Sinchi (SINCHI-A) en la sede de enlace en Bogotá, los reptiles están depositados en la colección de reptiles del Instituto Sinchi (SINCHI-R) en la sede principal, en Leticia. En cada colección se identificaron y catalogaron los ejemplares. Para anfibios seguimos la taxonomía de Frost (2021), para reptiles, seguimos la taxonomía utilizada por Uetz et al. (2021).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el alto y medio Apaporis se registraron 11 familias, 19 géneros y 41 especies de anfibios (Tabla 1). La más diversa es la familia Hylidae con 17 especies, seguida por las familias Craugastoridae y Leptodactylidae, ambas con 6 especies, le sigue la familia Bufonidae con 4 especies y Microhylidae con 3; fue registrada una sola especie de las familias Aromobatidae, Centrolenidae, Eleutherodactylidae, Phyllomedusidae, Pipidae y Ceuthomantidae. Este es el primer registro de la familia Ceuthomantidae para el país, con una especie en proceso de descripción al igual que una especie del género *Pristimantis*. Se destaca también el registro de una especie hasta la fecha endémica para Colombia, *Scinax karenanneae*.

El número de especies de anfibios encontrados durante la expedición Bio Apaporis es similar a lo registrado por el Instituto SINCHI en otros inventarios realizados en el departamento del Vaupés, con esfuerzos de muestreo similares. Suárez y Lynch (2017) aparte del listado reportado y confirmado mediante *voucher*, listan 36 especies que esperarían encontrar en Chiribiquete. Algunos hallazgos nuestros como *Boana wavrini*, *Osteocephalus cabrerai* y *Pipa pipa*, además de *Adelophryne adiasatola*, *Oreobates quixensis*, *Rhinella proboscidea*, *Dendropsophus marmoratus* y *Scinax karenanneae* corroboran su presencia en la cuenca alta y media del río Apaporis y 9 especies adicionales harían parte de la herpetofauna del área (tabla 1). Del listado de 36 especies listadas como esperadas (*op cit.*) nosotros descartamos a *Synapturanus mirandariberoi*, porque al parecer su distribución no llega hasta Colombia (Fouquet et al. 2021) y a *Osteocephalus verruciger*. Esta última se restringe a alturas entre 1400 y 2000 m. en el piedemonte de la cordillera de los Andes en Ecuador y en Colombia; es importante confirmar la identidad de la población reportada por Chasiluisa et al. (2020) como clado G, para el departamento del Caquetá, porque podría corresponder a *O. omega* (Duellman 2019). En la colección de anfibios del Instituto Sinchi reposan ejemplares de esta especie encontrados en el camino Andaquí (Gutiérrez-Lamus et al. 2020).

De las especies reportadas en las cuencas altas de los ríos Tunia, Itilla y Yará, *Trachycephalus coriaceus* y *Trachycephalus resinifictrix* son especies probables que no fueron encontradas en este inventario. Igualmente, *Boana microderma*, por su amplia distribución en el Vaupés, también podría encontrarse en la cuenca media del río Apaporis.

Algunas especies encontradas en la expedición Apaporis (Tabla 1) merecen comentarios adicionales. Por ejemplo, *Allobates marchesianus*, ya que Caldwell et al., 2002 redescubrieron *Colostethus marchesianus* (ahora del género *Allobates*) a partir de ejemplares colectados en la localidad tipo, Missao Taracúa, Amazonas, Brasil y discutieron acerca de la existencia de esta especie en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En todos estos países se han identificado distintas poblaciones como *Allobates*

**Tabla 1.** Listado de los anfibios registrados en las cuencas alta y media del río Apaporis.

Familia	Especie	Alto Apaporis	Medio Apaporis
AROMOBATIDAE	<i>Allobates marchesianus</i> *		x
	<i>Chaunus marinus</i>		x
BUFONIDAE	<i>Rhaebo guttatus</i>		x
	<i>Rhinella margaritifera</i>	x	x
	<i>Rhinella proboscidea</i>		x
CENTROLENIDAE	<i>Vitreorana ritae</i> *		x
CEUTHOMANTIDAE	<i>Ceuthomantis</i> sp.		x
CRAUGASTORIDAE	<i>Oreobates quixensis</i>		x
	<i>Pristimantis brevicrus</i> *		x
	<i>Pristimantis carvalhoi</i> *		x
	<i>Pristimantis aff. ockendeni</i>	x	x
	<i>Pristimantis vilarsi</i>	x	x
	<i>Pristimantis</i> sp.		x
ELEUTHERODACTYLIDAE	<i>Adelophryne adiastrata</i>		x
HYLIDAE	<i>Boana boans</i>		x
	<i>Boana cinerascens</i>		x
	<i>Boana gracilis</i> *		x
	<i>Boana geographica</i>		x
	<i>Boana hobbsi</i> *		x
	<i>Boana hutchinsi</i>		x
	<i>Boana lanciformis</i>	x	x
	<i>Boana maculateralis</i>	x	x
	<i>Boana wavrini</i>	x	x
	<i>Dendropsophus marmoratus</i>		x
	<i>Dendropsophus aff. parviceps (juvenil)</i>		x
	<i>Osteocephalus cabrerai</i>	x	x
	<i>Osteocephalus taurinus</i>	x	x
	<i>Osteocephalus vilarsi</i> *	x	x
	<i>Scinax garbei</i>		x
	<i>Scinax karenanneae</i>		x
	<i>Scinax gr. ruber</i>		x
LEPTODACTYLIDAE	<i>Leptodactylus leptodactyloides</i>	x	
	<i>Leptodactylus pentadactylus</i>	x	x
	<i>Leptodactylus rhodomystax</i>	x	
	<i>Leptodactylus riveroi</i> *		x
	<i>Leptodactylus stenodema</i>		x
	<i>Lithodytes lineatus</i>		x
MICROHYLIDAE	<i>Chiasmocleis bassleri</i>		x
	<i>Chiasmocleis tridactyla</i> *		x
	<i>Otophryne pyburni</i>		x
PHYLLOMEDUSIDAE	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	x	
PIPIDAE	<i>Pipa pipa</i>	x	x
<b>TOTAL</b>	<b>41</b>	<b>14</b>	<b>38</b>

\* Especies adicionales a las esperadas por Suárez y Lynch (2017) en el área

*marchesianus*, sin embargo, los autores consideran que las poblaciones de Santa Cecilia, Ecuador, Iquitos, Perú y Amazonas, Colombia, por las fotografías publicadas (en: Duellman 1978; Rodríguez y Duellman 1994; Ruíz-Carranza et al. 1996) no cumplen con la coloración ventrolateral de *A. marchesianus*. En la colección de anfibios del instituto Sinchi contamos con ejemplares *A. marchesianus* tanto del río Apaporis como de la

frontera de Colombia con Brasil en el departamento de Vaupés. (Figura 2a).

El registro de *Vitreorana ritae* en la cuenca del río Apaporis es valioso para el país pues solo se conocía su distribución en los departamentos de Amazonas (Lynch 2005) y Caquetá (Osorno-Muñoz et al. 2011) a pesar de tener una amplia distribución en la Panamazonia (Frost 2021). Penhacek y colaboradores (2020)



encontraron que los caracteres genéticos, morfológicos y acústicos de esta especie están altamente conservados lo cual indica flujo genético entre las poblaciones. (Figura 2b)

*Adelophryne adiastrata* fue recolectada por Pyburn en 1976, de Yapima, Vaupés. Se tenían registros del trapecio amazónico y los de Apaporis dan cuenta quizá de una distribución continua hasta el corregimiento de Yavaraté. Ortega-Andrade (2009) registró la especie por primera vez en Ecuador y Brasil; Loureño-De-Moraes y colaboradores (2012) mencionan que las especies de este género son sensibles a cambios ambientales de origen antrópico lo cual fue evidente al capturarlos. Se observaron durante el día, en un bosque primario ubicado en la base de Cerro Morroco, debajo de la hojarasca y cuando esta se perturbaba saltaban haciéndose visibles, una vez colectados eran muy sensibles al calor de la mano y morían rápidamente. (Figura 2c).

*Boana cinerascens* es una especie que tuvo problemas taxonómicos durante más de 40 años hasta que recientemente Sturaro y colaboradores (2020) resolvieron lo que ellos denominaron un "rompecabezas taxonómico" designando un neotipo y redescubriendo *B. cinerascens*; adicionalmente, revalidaron y redescubrieron *Boana gracilis*. Según esta nueva designación taxonómica, ambas especies se encuentran en simpatria en el medio Apaporis. (Figura 2 d y e).

*Boana hutchinsi* pertenece al grupo *Boana semilineata*, grupo al que recientemente Caminer y Ron (2020) adicionaron tres nuevas especies, similares morfológicamente entre ellas y con *B. hutchinsi*. En el alto y medio Apaporis se registraron tanto adultos como larvas de esta última, igualmente la colección de anfibios del Instituto cuenta con registros de otras localidades de Vaupés. (Figura 2 f y g)

*Osteocephalus vilarsi* ha tenido varios cambios nomenclaturales, fue incluida en sinonimia con *O. taurinus* por Bokermann (1966) y luego Cochran & Goin (1970) la transfirieron junto a *O. planiceps* a *O. leprieurii*; posteriormente Trueb & Duellman (1971) incluyeron a *O. planiceps* y *O. vilarsi* dentro de *O. taurinus*; en 1995 Duellman y Mendelson reasignaron a *O. planiceps* como una especie válida mientras que *O. vilarsi* estuvo olvidada por un tiempo hasta que Jungfer (2010) la validó y redescubrió el holotipo. Los ejemplares recolectados en las cuencas alta y media del Apaporis fueron identificados por nosotros como *O. vilarsi* con base en la redescubierta de Jungfer, esta identificación posteriormente fue corroborada por este último y así fueron publicados constituyendo el primer registro de la especie para el país (Osorno et al. 2019). De manera casi simultánea, Ferrao y colaboradores (2019), aporta nuevos elementos diagnósticos para la especie y advierte de su posible distribución en Colombia (Figura 2).



a



b



c



d



e



f



g



h



i



j

**Figura 2.** Anfibios registrados durante la expedición Bio-Apaporis. a. *Allobates marchesianus*, b. *Vitreorana rita*, c. *Adelophryne adiastrata*, d. *Boana cinerascens*, e. *Boana gracilis*, f. *Boana hutchinsi* (adulto), g. *Boana hutchinsi* (larva), h. *Osteocephalus vilarsi*, i. *Scinax karenanneae*, j. *Leptodactylus stenodema*.

*Scinax karenanneae* es una especie endémica con dimorfismo sexual, los machos tienen el dorso amarillo con marcas irregulares de color café mientras que las hembras son de color gris azulado. Los ejemplares recolectados en el raudal de Jirijirimo estaban sobre hojas en la vegetación arbustiva asociada a las rocas. Los machos, por su saco gular visiblemente extendido] estaban aparentemente cantando, aunque el ruido ensordecedor de la caída del agua no permitía oírlos. (Figura 2i)

*Leptodactylus stenodema* es un leptodactílido, que a pesar de ser de tamaño moderado y de su amplia distribución, no es muy común en las colecciones herpetológicas. En el departamento de Vaupés se conocen registros adicionales provenientes de Wacará (Heyer, 1979), Caparú (Colección de Anfibios ICN) y San Gerardo de Paca (Colección Anfibios SINCHI). (Figura 2j).

## Reptiles

En el presente trabajo se registraron tres órdenes, 12 familias, 27 géneros y 33 especies de reptiles. La familia con mayor diversidad fue la de las serpientes cazadoras de la familia Colubridae con diez especies, seguida por las lagartijas de bosque de la familia Gymnophthalmidae con cinco especies, le siguen las familias Dactyloidae y Boidae con tres especies cada una; con un solo representante se encuentran las familias de lagartos Hoplocercidae, Sphaerodactylidae y Teiidae; así como las serpientes de coral de la familia Elapidae. Se recolectaron

ejemplares de especies poco conocidas o que tienen una distribución relativamente pequeña en la parte noroccidental de la Amazonia y, muy relacionadas con el Escudo Guayanés. Se destaca la abundancia del lagarto *Neusticurus medemi*, los registros de las especies *Bachia pyburni*, *Helicops hagmanni* y *Micrurus filiformis*.

Suárez-Mayorga & Lynch (2017) aparte de sus registros confirmados listan 60 especies que probablemente se puedan encontrar en Chiribiquete. Algunos de nuestros registros, como los lagartos, *Iphisa elegans* y *Gonatodes riveroi*; las serpientes

**Tabla x.** Listado de los reptiles registrados en las cuencas alta y media del río Apaporis.

Familia	Especie	Alto Apaporis	Medio Apaporis
<b>ORDEN SQUAMATA</b>			
DACTYLOIDAE	<i>Anolis fuscoauratus</i>		X
	<i>Anolis ortonii</i> *		X
	<i>Anolis transversalis</i> *		X
GYMNOPHTHALMIDAE	<i>Arthrosaura reticulata</i>		X
	<i>Bachia pyburni</i> *		X
	<i>Iphisa elegans</i>	X	
	<i>Loxopholis percarinatum</i>		X
	<i>Neusticurus medemi</i>		X
HOPLOCERCIDAE	<i>Enyalioides laticeps</i> *		X
SPHAERODACTYLIDAE	<i>Gonatodes riveroi</i>		X
TROPIDURIDAE	<i>Plica umbra</i>		X
	<i>Plica</i> sp.		X
TEIIDAE	<i>Kentropyx pelviceps</i>	X	
BOIDAE	<i>Boa constrictor</i>		X
	<i>Corallus hortulanus</i>	X	X
	<i>Epicrates cenchria</i>	X	
COLUBRIDAE	<i>Chironius multiventris</i>		X
	<i>Chironius scurrulus</i>		X
	<i>Dipsas catesbyi</i>		X
	<i>Erythrolamprus aesculapii</i>		X
	<i>Helicops angulatus</i>		X
	<i>Helicops hagmanni</i>	X	X
	<i>Hydrops triangularis</i>		X
	<i>Imantodes lentiferus</i>		X
	<i>Leptodeira annulata</i>		X
	<i>Pseudoboa coronata</i>		X
ELAPIDAE	<i>Micrurus filiformis</i>		X
VIPERIDAE	<i>Bothrops atrox</i>		X
	<i>Bothrops oligobalius</i>	X	X
<b>ORDEN CROCODILIA</b>			
ALLIGATORIDAE	<i>Caiman crocodilus</i> *		X
	<i>Paleosuchus trigonatus</i>	X	X
<b>ORDEN TESTUDINES</b>			
CHELIDAE	<i>Mesoclemmys gibba</i>		X
	<i>Rhinemys rufipes</i>		X
TOTAL	33	7	30

\* Especies adicionales a las esperadas por Suárez & Lynch (2017) en el área

*Boa constrictor*, *Epicrates cenchria*, *Chironius scurrulus*, *Erythrolamprus aesculapii*, *Hydrops triangularis*, *Imantodes lentiferus*, *Pseudoboa coronata* y *Micrurus filiformis*; así como, las tortugas *Mesoclemmys gibba* y *Rhinemys rufipes* corroboran su presencia en la cuenca alta y media del río Apaporis mientras que los lagartos *Anolis ortonii*, *A. transversalis*, *Bachia pyburni*, *Enyalioides laticeps* y la babilla *Caiman crocodilus* son especies adicionales para el área. De las especies reportadas en las cuencas altas de los ríos Tunia, Itilla y Yarí, los lagartos *A. scypheus*, *Cercosaura argulus*, *G. humeralis*, *Iguana iguana*, *Tupinambis teguixin*, las serpientes *Typhlops reticulatus*, *Chironius scurrulus*, *Dipsas pavonina*, *Leptophis ahaetulla*, *Liophis typhlus*, *Ninia atrata*, *Micrurus surinamensis* y *Lachesis muta* y las tortugas *Phrynops geoffroanus* y *Platemys platycephala* también podrían estar presentes en la cuenca del río Apaporis.

De las especies encontradas en este inventario, *Anolis ortonii* es un lagarto que se encuentra ampliamente distribuido en la cuenca amazónica y en la zona norte y centro de la Mata Atlántica (Avila-Pires 1995, Ribeiro-Junior 2015). La especie es mencionada para el departamento del Vaupés por Ayala (1986), sin reportar localidad específica, así, este registro confirma su presencia en el departamento, en la cuenca del río Apaporis.

*Bachia pyburni*, lagarto de la familia Gymnophthalmidae, se distribuye al oriente del departamento del Vaupés, sur de Venezuela (Kizirian & McDiarmid 1998) y al noroccidente de Brasil, cerca de la frontera con Venezuela (Ribeiro-Junior et al. 2016). Es una especie muy poco conocida, pocos ejemplares se encuentran depositados en las colecciones del mundo (Figura 3a). Diago-Toro et al. (2021) indican que la especie también se encuentra distribuida en el departamento del Guaviare.

El lagarto *Neusticurus medemi* (Figura 3b) al igual que *Bachia pyburni*, presenta una distribución relativamente reducida. En Colombia es conocida de los departamentos de Caquetá, Guaviare y Vaupés (Diago-Toro 2021). En Venezuela se conoce de la base del Cerro La Neblina (McDiarmid & Paolillo 1988) y se descubrió recientemente en Brasil, en el estado de Amazonas, cerca de la frontera con Colombia (Marques-Souza et al. 2018). Al igual que estos autores, los ejemplares fueron recolectados en la noche, estaban reposando en ramas, sobre pequeños cuerpos de agua. La población del medio Apaporis parece ser abundante, ya que se recolectó un buen número de especímenes en un periodo corto de tiempo. Además, la especie hace parte de la ritualidad cultural en la zona, aspecto que podría relacionarse con su aparente abundancia local.

*Erythrolamprus aesculapii* (Figura 3c) es una serpiente de la familia Colubridae, tiene una distribución netamente cisanquina y poblaciones que exhiben gran polimorfismo en el patrón de coloración (Curcio et al. 2015); estos autores creen que se trata de un complejo de especies. El ejemplar recolectado en el presente trabajo presenta el patrón de coloración Tipo A de Curcio et al. (2015) y se encontraba en el suelo de un bosque bien conservado. El polimorfismo de esta especie ha generado

confusión al identificar las especies; es así como los ejemplares presentados como *E. aesculapii* por Serrano & Díaz-Ricaute (2018), principalmente los de localidades transandinas y algunas cisanquinas, en los departamentos del Meta y Cundinamarca en realidad corresponden a *E. bizona* de acuerdo con la revisión de J. D. L. (p. ej. MLS 2219, 2353, 2524, 2534, 2539, 2652, 2912, 2913, 2962).

La serpiente *Helicops hagmanni* (Figura 3d) es rara en colecciones y tiene pocos registros publicados; Rossman (1975) señala su distribución a lo largo de la cuenca amazónica. Este autor la reporta para Colombia en Florencia, Caquetá (ILS 778, ahora MLS 778) y en Leticia, Amazonas; este ejemplar podría provenir de zonas aledañas de Brasil o Perú, ya que le fue entregado por el Zoológico de Tarpon, una empresa que comercializaba fauna silvestre en la triple frontera. Esta empresa, cuyo propietario era Mike Tsalickis, llevaba los animales vivos, principalmente reptiles, aves y mamíferos desde la ciudad de Leticia a la Florida, USA, en la década de los años 60's y 70's del siglo pasado (Cooper 1968, Tsalickis 1970). Los cinco ejemplares encontrados por nosotros fueron recolectados por medio de trampas tipo nasa en un pozo artificial, al lado del río Cananari y en Cerro Azul-Cerro Campana.

La serpiente *Imantodes lentiferus* (Figura 3e) tiene amplia distribución en la cuenca amazónica (Myers 1982) pero pocas localidades registradas en Colombia; Medem (1968) la reportó para el departamento del Putumayo; el ejemplar obtenido en este inventario fue recolectado en la noche, sobre un arbusto a una altura de 1- 1.5 m de altura, en la localidad de Cerro Morroco.

En la sección de anfibios y reptiles de la primera publicación de la Expedición Colombia Bio Apaporis 2018 (Cárdenas López et al. 2019), la especie *Bothrops atrox* (Figura 3f) fue presentada por Osorno-Muñoz et al. (2019) como *Bothrops taeniata* por un error en la identificación, el ejemplar recolectado presenta una coloración bastante oscura, no tiene cola prensil y el conteo de las escamas ventrales y subcaudales del ejemplar, 192 y 65 respectivamente, se ajustan más a *B. atrox* que a *B. taeniata* (Campbell & Lamar 2004).

La subespecie *Caiman crocodilus apaporiensis*, descrita por Medem (1955), ha recibido atención en los últimos años debido a la incertidumbre taxonómica de si es una especie o una población con una extrema variación morfológica, debido a que su rostro es muy largo y más estrecho al compararlo con otras poblaciones de la especie (Escobedo-Galván et al. 2015). Se han utilizado varias fuentes de información, como morfometría tradicional (Escobedo-Galván et al. 2015, Balaguera-Reina 2019), morfología craneal, morfometría geométrica (Falcón-Espitia & Jerez 2021) y herramientas moleculares (Bloor et al. 2013).

A pesar de que estos autores sugieren que *C. c. apaporiensis* podría ser un linaje evolutivo distinto del resto del complejo *C. crocodilus* también proponen realizar más estudios moleculares para confirmar. Entonces, en 2018, Balaguera-Reina (2019) realiza una expedición de nuevo a la cuenca media del río Apaporis



en donde los pobladores refieren la subespecie como común; Balaguera-Reina et al. 2020, a partir de las muestras obtenidas en Apaporis no encuentran diferencias entre *C. crocodilus apaporiensis* y *C. crocodilus crocodilus* que soporten la hipótesis de una elevada diferenciación genética debida al aislamiento; por lo tanto, la morfología del caimán del Apaporis hace parte de los ecomorfos de *C. crocodilus crocodilus*.

El ejemplar recolectado en el presente trabajo es un juvenil (Figura 3g); por su coloración, que es amarillo oscuro y la forma del rostro que no es angosto se parece más a los ejemplares de otras poblaciones del complejo *C. crocodilus*. Cabe aclarar que las características morfológicas en los juveniles de *C. c. apaporiensis* no son claras para poder realizar una determinación más precisa (Medem 1955, Balaguera-Reina 2019).

*Mesoclemmys gibba*, es una tortuga que presenta amplia distribución cisandina en la cuenca del río Orinoco y del Amazonas (Turtle Taxonomy Working Group 2017); es una especie con problemas nomenclaturales, al menos seis nombres genéricos han sido propuestos para esta especie y cinco nombres a nivel específico han sido incluidos bajo la sinonimia de *Mesoclemmys*

*gibba* (McCord et al. 2001). El ejemplar reportado acá fue capturado en la noche dentro de un cuerpo de agua permanente, en la localidad de Buenos Aires.

La tortuga *Rhinemys rufipes* (Figura 3h), se distribuye al oriente de Colombia, en los departamentos de Guainía y Vaupés, el registro en Leticia (Amazonas) puede ser debido a la comercialización de mascotas (Lamar & Medem 1982). Estos autores suponen su presencia en la cuenca del río Pacoa, y el registro nuestro en Cerro Morroco confirma su presencia en la cuenca media del Apaporis. El ejemplar se encontró dentro de un cuerpo de agua permanente.

Para concluir, los registros aportados en esta contribución son de enorme relevancia por provenir de una zona de la Amazonia colombiana con muy pocos datos previos. Esto se suma al esfuerzo que viene realizando el Instituto Sinchi desde el 2009 para aportar, a partir de dos colecciones herpetológicas, una de anfibios y otra de reptiles, información de áreas con grandes vacíos de conocimiento en la región y que permiten ya aportar y unir esfuerzos colaborativos para entender cada vez mejor la diversidad de estos grupos en la Amazonia.



a



b



c



d



e



f



g



h

**Figura 3.** Reptiles registrados durante la expedición Bio-Apoporis. a. *Bachia pyburni*, b. *Neusticurus medemi*, c. *Erythrolamprus aesculapii*, d. *Helicops hagmanni*, e. *Imantodes lentiferus*, f. *Bothrops atrox*, g. *Caiman crocodilus*, h. *Rhinemys rufipes*.

## AGRADECIMIENTOS

A las comunidades de Buenos Aires y de Morroco por su hospitalidad, apoyo e interés por conocer y compartir su conocimiento sobre estos animales, algunos de ellos tan crípticos. A Minciencias y a la iniciativa Colombia BIO por apoyar la generación de conocimiento de la biodiversidad amazónica; a Karl Heinz Jungfer, Jhon Jairo Sarria, Rafael de Sá, Vivian Trevine, Paulo Passos, Michael Harvey y David Sánchez por la revisión de las colecciones del Instituto Sinchi y su apoyo en la curaduría de algunos grupos de anfibios y reptiles. A Sonia Sua por su apoyo en la elaboración del mapa. Por último, pero con igual importancia agradecemos a todos nuestros compañeros de expedición por su camaradería y apoyo en campo.

## REFERENCIAS

Avila-Pires, T. G. S. (1995). Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zoologische Verhandlungen*, 299, 1-706.

Ayala, S. C. (1986). Saurios de Colombia: lista actualizada y distribución de ejemplares colombianos en los museos. *Caldasia*, 15 (71-75), 555-575.

Bloor, P. (2013). Genética del orden Crocodylia en Colombia. Pp. 259-277. En: Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Eds.). VIII. *Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D. C., Colombia.

Balaguera-Reina, S. A., Vargas-Ramírez, M., Ordóñez-Garza, N., Hernández-González, F. & Densmore, L. D. (2020). Unveiling the mystery: assessing the evolutionary trajectory of the Apaporis caiman population (*Caiman crocodilus apaporiensis*, Medem 1955) via mitochondrial molecular marker. *Biological Journal of the Linnean Society*, XX, 1-9.

Balaguera-Reina, S. A. (2019). Rediscovering the Apaporis Caiman (*Caiman crocodilus apaporiensis*): Notes from a Long-Anticipated Expedition. *Journal of Herpetology*, 53 (4), 310-315.

Caldwell, J. P., Lima, A. P., & Keller, C. (2002). Redescription of *Colostethus marchesianus* (Melin, 1941) from Its Type Locality. *Copeia*, 1, 157-165. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2002\)002](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2002)002)

Caminer, M. A., & Ron, S. R. (2020). Systematics of the *Boana semilineata* species group (Anura: Hylidae), with a description of two new



- species from Amazonian Ecuador. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 190 (1), 149–180. <https://doi.org/10.1093/zoolinnea/zlaa002>
- Campbell, J. A. & Lamar, W. W. (2004). *The venomous Reptiles of the Western Hemisphere*, vol. 1. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press, Ithaca.
- Cárdenas López, D., Castaño Arboleda, N., Marín Canchala, N., Osorno Muñoz, M. & Agudelo Córdoba, E. (2019). *Especies de flora y fauna. De Jirijirimo a Cerro Morroco, una Muestra de la Biodiversidad en un Territorio Ancestral*. Bogotá, Colombia, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 154 pp.
- Cochran, D. & Goin, C. J. (1970). Frogs of Colombia. *United States National Museum Bulletin*, 288, 1–655.
- Cooper, R. W. (1968). Chapter 1: Squirrel Monkey Taxonomy and Supply. In: Rosenblum, L. A. & Cooper, R. W. (Eds.). *The Squirrel Monkey*. Academic Press, New York, London. 1–29 pp.
- Crump, M. L. & Scott, N. J. (1994). Visual encounter surveys. Pp. 84–92. En: Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. y Foster, M. S. (eds.). *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Curcio, F. F., Scali, S., & Rodrigues, M. T. (2015). Taxonomic status of *Erythrolamprus bizona* Jan (1863) (Serpentes, Xenodontinae): Assembling a puzzle with many missing pieces. *Herpetological Monographs*, 29 (1), 40–64.
- Chasiluisa, V. D., Caminer, M. A., Varela-Jaramillo, A. & S. R., Ron. (2020). Description and phylogenetic relationships of a new species of treefrog of the *Osteocephalus buckleyi* species group (Anura: Hylidae), *Neotropical Biodiversity*, 6 (1), 21–36. <https://doi.org/10.1080/23766808.2020.1729306>
- Diago-Toro, M. F., García-Cobos, D., Brigante-Luna, G. D., & Vásquez-Restrepo, J. D. (2021). Fantastic lizards and where to find them: cis-Andean microteiids (Squamata: Alopoglossidae & Gymnophthalmidae) from the Colombian Orinoquia and Amazonia. *Zootaxa*, 5067 (3), 377–400. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5067.3.3>
- Domínguez Ossa, C. A. (1975). El río Apaporis: visión antro-po-geográfica. *Revista Colombiana de Antropología Bogotá*, 18, 131–181.
- Duellman, W. E. (1978). The biology of an Equatorial Herpetofauna in Amazonian Ecuador. *The University of Kansas Museum of Natural History Miscellaneous Publication*, 65, 1–352.
- Duellman, W. E. & Mendelson, J. R. (1995) Amphibians and reptiles from northern Departamento Loreto, Peru: taxonomy and biogeography. *University of Kansas Science Bulletin*, 55, 329–376.
- Duellman, W. E. (2019). The last one: A new species of *Osteocephalus* (Anura: Hylidae) from Colombia, with comments on the morphological and behavioral diversity within the genus. *Phyllomedusa* 18 (2), 141–15.
- Escobedo-Galván, A. H., Velasco, J. A., González-Maya, J. F. & Resetar, A. (2015). Morphometric analysis of the Rio Apaporis Caiman (Reptilia, Crocodylia, Alligatoridae). *Zootaxa*, 4059 (3), 541–554. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4059.3.6>
- Falcón-Espitia, N. & Jerez, A. (2021). Cranial characters in *Caiman crocodylus* (Crocodylia: Alligatoridae) with emphasis on the subspecies distributed in Colombia. *Cuadernos de Herpetología*, 35 (1), 131–146.
- Franco, R. (2002). *Los Carijonas de Chiribiquete*. Fundación Puerto Rastrojo. Bogotá, 1 ed. 218 pp.
- Ferrão, M., Moravec, J., Carneiro de Lima Moraes, L. J., De Carvalho, V. T., Gordo, M., & Lima, A. P. (2019). Rediscovery of *Osteocephalus vilarsi* (Anura : Hylidae ): an overlooked but widespread Amazonian spiny-backed treefrog. *PeerJ*, 1–35. <https://doi.org/10.7717/peerj.8160>
- Fouquet, A., Leblanc, K., Fabre, A.-C., Rodrigues, M. T., Menin, M., Courtois, E. A., Dewynter, M., Hölting, M., Ernst, R., Peloso, P. & Kok, P. J. R. (2021). Comparative osteology of the fossorial frogs of the genus *Synapturanus* (Anura, Microhylidae) with the description of three new species from the Eastern Guiana Shield. *Zoologischer Anzeiger*, 293, 46–73. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2021.05.003>
- Frost, D. R. (2021). Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.1 (03/12/2021). Electronic Database accessible en <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Galvis, J., Huguett, A. & Ruge, P. (1979). Geología de la Amazonia Colombiana. Informe No 1792. Ministerio de Minas y Energía. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras. Bogotá, 86 pp.
- Gutiérrez-Lamus, D. L., Osorno Muñoz, M., Lynch, J. D., & Caicedo-Portilla, J. R. (2020). Herpetofauna de la transición andinoamazónica entre los departamentos de Huila y Caquetá, Colombia. *Revista Colombia Amazónica*, 12, 166–189.
- Guyer, C. & Donnelly, M. A. (2012). Visual encounter surveys. En: R. W. McDiarmid, M. S. Foster, C. Guyer, J. W. Gibbons y N. Chernoff (eds.). *Reptile Biodiversity Standard Methods for Inventorying and Monitoring*, pp. 218–220. University of California Press, USA.
- Heyer, W. R. (1979). Systematics of the pentadactylus species group of the frog genus *Leptodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae). *Smithsonian Contributions To Zoology*, 301, 1–43.
- Hettler, B. & Plotkin, M. (2019). Apaporis: el taller de los dioses. Capítulo III. *Los viajes amazónicos de Richard Evans Schultes*. Amazon Conservation Team. 26 pp.
- Jungfer, K. H. (2010). The taxonomic status of some spiny-backed treefrogs, genus *Osteocephalus* (Amphibia: Anura: Hylidae). *Zootaxa*, 2407, 28–50.
- Kizirian, D. A. & McDiarmid, R. W. (1998). A new species of *Bachia* (Squamata: Gymnophthalmidae) with plesiomorphic limb morphology. *Herpetologica*, 54 (2), 245–253.
- Lamar, W. W. & Medem, F. (1982). Notes on the chelid turtle *Phrynops rufipes* in Colombia (Reptilia: Testudines: Chelidae). *Salamandra*, 3–4, 305–321.
- Loureño-De-Moraes, R., Solé, M., & Toledo, L. F. (2012). A new species of adelophryne hoogmoed and lescure 1984 (Amphibia: Anura: Eleutherodactylidae) from the Atlantic rainforest of southern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 3441, 59–68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3441.1.6>

- Lynch J.D. (2005). Discovery of the richest frog fauna in the World—an exploration of the forests to the north of Leticia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 29 (113), 581-588.
- Marques-Souza, S., Prates, I., Fouquet, A., Camacho, A., Kok, P. J. R., Nunes, P. M. S., Dal Vechio, F., Recoder, R. S., Mejia, N. Texeira Junior, M., Barrio-Amorós, C., Cassimiro, J., Dias Lima, J., de Sena, M. A., & Rodrigues, M. T. (2018). Reconquering the water: Evolution and systematics of South and Central American aquatic lizards (Gymnophthalmidae). *Zoologica Scripta*, 47 (3), 255-265. <https://doi.org/10.1111/zsc.12273>
- McCord, W. P., Joseph-Ouni, M. I. & Lamar, W. W. (2001). A taxonomic reevaluation of *Phrynops* (Testudines: Chelidae) with the description of two new genera and a new species of *Batrachemys*. *Revista de Biología Tropical*, 49 (2), 715-764.
- McDiarmid, R. W., & Paolillo, A. (1988). Herpetological collections: Cerro de la Neblina. In: C. Brewer-Carías (Ed.), *Cerro de la Neblina. Resultados de la expedición 1983-1987* (pp. 667-670). Caracas, Venezuela: Fudeci.
- Medem, F. (1955). A new subspecies of *Caiman sclerops* from Colombia. *Fieldiana: Zoology*, 37, 339-344.
- Myers, C. W. (1982). Blunt-headed vine snakes (*Imantodes*) in Panama, including a new species and other revisionary notes. *American Museum Novitates*, 2738, 1-50.
- Ortega-Andrade, H. M. (2009). Amphibia, Anura, Eleutherodactylidae, *Adelophryne adiastrata* Hoogmoed and Lescure, 1984: first countries records and distribution extension from Ecuador and Brazil. *Check List*, 5(1), 139-143. <https://doi.org/10.15560/5.1.139>
- Osorno Muñoz M., Gutiérrez-Lamus, D. L. & Blanco, J. C. (2011). Anfibios en un gradiente de intervención en el noroccidente de la Amazonia colombiana. *Revista Colombia Amazónica*, 4, 143-160.
- Osorno-Muñoz, M., Gutiérrez-Lamus, D. L., Lynch, J. D. & Caicedo-Portilla, J. R. (2019). Anfibios y Reptiles. En: *Especies de flora y fauna. De Jirijirimo a Cerro Morroco, una Muestra de la Biodiversidad en un Territorio Ancestral*. Cárdenas, D., Castaño Arboleda, N., Marín Canchala, N., Osorno Muñoz, M. & Agudelo Córdoba, E. (Eds.). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Bogotá, Colombia. Pp. 78-98.
- Osorno-Muñoz, M., Caicedo-Portilla, J. R. & Gutiérrez-Lamus, D. L. (2019). Anfibios y reptiles de los bosques de las cuencas altas de los ríos Tunia, Itilla y Yarí. Pp 145-169 En: *Expediciones Científicas en las nuevas áreas del PNN Serranía de Chiribiquete*. Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. Bogotá. D.C. Colombia. Pp. 177
- Penhacek, M., Anjos, S., Oliveira, E., Hernández-Ruz, E. J., Rodrigues, L. R., Guerra, V., & Rodrigues, D. (2020). First record of *Vitreorana ritaae* (Anura, centrolenidae) for southern amazonia inferred from molecular, reproductive and acoustic evidence. *Caldasia*, 42 (2), 171-180. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n2.79487>
- Ribeiro-Júnior, M. A. (2015). Catalogue of distribution of lizards (Reptilia: Squamata) from the Brazilian Amazonia. I. Dactyloidae, Hoplocercidae, Iguanidae, Leiosauridae, Polychrotidae, Tropicuridae. *Zootaxa*, 3983 (3), 1-115.
- Ribeiro-Júnior, M. A. & Amaral, S. (2016). Catalogue of distribution of lizards (Reptilia: Squamata) from the Brazilian Amazonia. IV. Alopoglossidae, Gymnophthalmidae. *Zootaxa*, 4269 (2), 151-196.
- Rodriguez, L. O., & Duellman, W. E. (1994). Guide to the frogs of the Iquitos Region, Amazonian Peru. In *The University of Kansas Natural History Museum—Special Publication 22*, 1-80.
- Rossman, D. A. (1975). Redescription of the South American Colubrid Snake *Helicops hagmanni* Roux. *Herpetologica*, 31 (4), 414-418.
- Ruíz-Carranza, P. M., Ardila-Robayo, M. C., & Lynch, J. D. (1996). Lista Actualizada de La fauna de Amphibia de Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 20 (77), 365-415. Retrieved from [http://www.acefyn.org.co/revista/Vol\\_20/77/365-415.pdf](http://www.acefyn.org.co/revista/Vol_20/77/365-415.pdf)
- Serrano, F., & Díaz-Ricaute, J. C. (2018). *Erythrolamprus aesculapii* (Linnaeus, 1758): falsa coral. *Catálogo de anfibios y reptiles de Colombia*, 4 (3), 48-53.
- Sturaro, M. J., Costa, J. C. L., Maciel, A. O., Lima-Filho, G. R., Rojas-Runjaic, F. J. M., Mejia, D. P., Peloso, P. L. V. (2020). Resolving the taxonomic puzzle of *Boana cinerascens* (Spix, 1824), with resurrection of *Hyla granosa gracilis* Melin, 1941 (Anura: Hylidae). *Zootaxa*, 4750 (1), 1-30. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4750.1.1>
- Suárez-Mayorga, A. M. & Lynch, J. D. (2017). Myth and truth on the herpetofauna of Chiribiquete: from the lost world to the last world. *Revista Colombia Amazónica*, 10, 177-190.
- Trueb, L. & Duellman, W. E. (1971). A synopsis of Neotropical hylid frogs, genus *Osteocephalus*. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, The University of Kansas*, 1, 1-48.
- Tsalickis, M. (1970). Exportación de fauna amazónica. En: Idrobo, J. M. (Edit.). *II Simposio y Foro de Biología Tropical Amazónica*. Editorial Pax, Bogotá, Colombia. 139-144 pp.
- Turtle Taxonomy Working Group [Rhodin, A.G.J., Iverson, J. B., Bour, R., Fritz, U., Georges, A., Shaffer, H. B. & van Dijk, P. P.]. (2017). *Turtles of the World: Annotated Checklist and Atlas of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and Conservation Status (8th Ed.)*. In: Rhodin, A.G.J., Iverson, J. B., van Dijk, P. P., Saumure, R. A., Buhlmann, K. A., Pritchard, P. C. H. & Mittermeier, R. A. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs 7: 1-292. <https://doi.org/10.3854/crm.7.checklist.atlas.v8.2017>
- Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R. & Hošek, J. (eds.). (2021). The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, página consultada el 8 de diciembre de 2021.





*Lonchorhina aurita*, Río Apaporis, Vaupés. Foto: Darwin M. Morales-Martínez

# Murciélagos (Chiroptera) de dos localidades de la cuenca alta y media del río Apaporis, Guaviare y Vaupés, Colombia

Darwin M. Morales-Martínez<sup>1</sup>

## Resumen

Las tierras bajas del oriente de los Andes son una de las zonas con menor conocimiento de la diversidad de murciélagos, particularmente la provincia de la Guayana, donde los inventarios han sido escasos. Este desconocimiento obstaculiza el manejo efectivo de los recursos biológicos en el territorio y la gestión de planes de manejo para su uso y conservación. Dentro del marco de la expedición Colombia BIO Apaporis-2018 y con el fin de conocer la diversidad y composición de la comunidad de murciélagos, se realizaron inventarios en dos localidades de la cuenca alta y media del Río Apaporis: Buenos Aires y Cerro Campana respectivamente. Para ello utilizamos redes de niebla durante 25 días con un esfuerzo de muestreo total de 7692 m.h.r, 4200 m.h.r en la localidad de Buenos Aires, y 3492 m.h.r. en la localidad de Cerro Campana. Capturamos un total de 462 individuos correspondientes a 46 especies de murciélagos de cuatro familias: Emballonuridae, Phyllostomidae Molossidae y Vespertilionidae. Se registraron 37 especies en Buenos Aires y 28 especies en Cerro Campana. La representatividad del muestreo para el Cerro Campana fue de 66.7 % mientras que para la localidad de Buenos Aires fue de 68.6 %. Nuestros resultados elevan a 93 el número de especies de murciélagos reportados para la Guayana en Colombia y respaldan a esta provincia como una de las de mayor diversidad. Finalmente, se capturó *Lonchorhina orinocensis* una especie de murciélago vulnerable a la extinción así como nuevos registros de las especies *Phyllostomus latifolius* y *Vampyriscus brocki* pobremente representados en Colombia.

**Palabras clave:** Colombia-Bio, Diversidad, Mammalia, Neotrópico, Phyllostomidae.

## Abstract

the lowlands of the eastern Andes are one of the areas with the least knowledge of bat diversity, particularly the province of Guyana, where inventories have been scarce. This lack of knowledge hinders the effective management of biological resources in the territory, and the administration of management plans for their use and conservation. Within the framework of the Colombia BIO Apaporis-2018 expedition, and in order to know the diversity and composition of the bat community, inventories were carried out in two locations in the upper and middle basin of the Apaporis River: Buenos Aires and Cerro Campana respectively. With this purpose, we used fog nets for 25 days with a total effort of 7,692 fog net hour sampling: 4,200 in the town of Buenos Aires, and 3,492 in the town of Cerro Campana. We captured 462 individuals in total, corresponding to 46 species of bats from four families: Emballonuridae, Phyllostomidae Molossidae and Vespertilionidae. 37 species were recorded in Buenos Aires, and 28 in Cerro Campana. The representativeness of the sampling was 66.7% for Cerro Campana, while for the town of Buenos Aires it was 68.6%. Our results bring to 93 the number of bat species reported for Guyana in Colombia, and support this province as one of the most diverse. Finally, *Lonchorhina orinocensis*, a bat species vulnerable to extinction, was captured, as well as new records of *Phyllostomus latifolius* and *Vampyriscus brocki*, species poorly represented in Colombia.

**Keywords:** Colombia-Bio, diversity, Mammalia, Neotropical, Phyllostomidae.

<sup>1</sup> Grupo de Fauna, Programa de Ecosistemas y Recursos Naturales Instituto Amazónico de Investigaciones científicas SINCHI; Bogotá, Colombia. dmmoralesm@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

En Colombia la Amazonia y en particular la región Guayana *sensu* Hernández-Camacho et al. (1992) representan las áreas más desconocidas en términos de diversidad de mamíferos (Morales-Martínez 2021), a pesar de considerarse como el área con la mayor diversidad de murciélagos de las familias Phyllostomidae y Emballonuridae en Colombia por medio de modelos de distribución de la riqueza (Mantilla-Meluk et al. 2009; Mantilla-Meluk et al. 2014). Así mismo, son pocos los inventarios publicados en dicha región remontándose a la Serranía de Chiribiquete (Montenegro y Romero-Ruiz 1999), y los Parques Nacionales Naturales Nukak y Puinawai (Etter 2001) y más recientemente los ubicados sobre la Serranía de la Lindosa (Morales-Martínez et al. 2020; López-Arévalo et al. 2021), sin embargo, la mayoría del territorio aún permanece inexplorado.

La región de la Guayana es clave para la documentación de la diversidad de murciélagos Amazónicos ya que cuenta con formaciones rocosas aisladas conocidas como lajas o tepuyes que presentan una conformación vegetal distinta a las matrices circundantes de bosque amazónico y con similitudes biogeográficas distintas, ya que son cercanas a las formaciones del escudo de la Guayana de Venezuela conformando una región biogeográfica discontinua (Hernández-Camacho et al. 1992). Estas formaciones están relacionadas con la presencia de especies endémicas como *Lonchorhina marinkellei* (Morales-Martínez y López Arévalo 2018) y una elevada diversidad producto de la heterogeneidad de coberturas vegetales y la disponibilidad de cuevas como refugio (Morales-Martínez et al. 2020).

Así mismo los departamentos que componen la cuenca del río Apaporis en Colombia como Guaviare y Vaupés presentan un alto potencial para evaluar la diversidad amazónica de pequeños mamíferos ya que incluyen extensas áreas prioritarias para conducir inventarios de murciélagos, roedores y marsupiales considerando su alta probabilidad de registrar especies nuevas para el listado de la biodiversidad amazónica colombiana (Morales-Martínez 2021).

Bajo un contexto de escasa información científica de la diversidad de murciélagos y una alta prioridad de muestreo se presentan en este artículo los resultados de la caracterización de la diversidad de murciélagos en dos localidades a lo largo del río Apaporis con el fin de dar un punto de partida para conocer a fondo la riqueza biológica de la cuenca, considerada de alta biodiversidad, pero pobremente estudiada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en dos localidades, la primera ubicada en un sector comprendido en la confluencia de los ríos Ajaju y Tunia o Mayaca, conocido como Cerro de la Campana o Cerro Azul donde

el Apaporis bordea los límites de los departamentos de Guaviare y Caquetá representando la cuenca alta del Río Apaporis. Particularmente muestreamos la parte media del Cerro Campana en el departamento de Guaviare que incluyó áreas dentro de un rango de 2 km alrededor del campamento base (01° 17' 10.5" N 72° 37' 32.1" W; 256 msnm). La segunda localidad corresponde al sector de Buenos Aires, sobre el río Cananarí; donde el río Apaporis bordea los límites de los departamentos del Vaupés y Amazonas y corresponde a la cuenca media del Río Apaporis. En esta localidad nos centramos en cuatro puntos de muestreo en el departamento de Vaupés: la Comunidad de Buenos Aires (00° 01' 19.4" N 71° 00' 07.3" W, 230 m), El Raudal del Jirijirimo (00° 02' 19.7" S 70° 56' 40.2" W, 165 m), la parte baja del Cerro Morroco (00° 08' 19.0" N 70° 56' 59.9" W, 207 m) y la parte media del Cerro Morroco (00° 07' 49.3" N 70° 56' 37.8" W, 598 m) (Figura 1). La temperatura media anual es similar en las dos localidades estando entre 25° y 26° C, mientras que la precipitación media anual es menor en el Cerro Campa estando entre 2243 mm y 2777 mm, comprada con Buenos Aires donde los valores se centran entre 3668 mm y 5415 mm (Rudas 2009). Los tipos de vegetación donde se realizó el muestro *sensu* Rudas (2009) corresponden a bosques de terrazas altas y tierra firme del terciario (formación Pebas), bosques de llanuras aluviales del sistema guyanés, y herbazales y arbustales de serranías de planicies paleozoicas en la localidad de Buenos Aires; y bosques de terrazas altas y tierra firme del terciario (formación Pebas), y herbazales y arbustales de serranías de planicies paleozoicas en la localidad de Cerro Campana.

### Muestreo de murciélagos

Capturamos murciélagos con ayuda de redes de niebla. Usamos entre 8 y 10 redes niebla de 9 y de 12 m de longitud ubicadas a una altura entre los 0 y los 3 m entre las 18 h y las 23 h. Calculamos el esfuerzo de muestreo como el número de metros lineales de red por las horas de muestreo o metros-hora-red (m.h.r). El esfuerzo de muestreo total fue de 7692 m.h.r. En Buenos Aires se usó un total de 4200 m.h.r mientras que en el Cerro Campana se usó un total de 3492 m.h.r. Se obtuvo información sobre el sexo, el estado reproductivo y la categoría de edad de todos los individuos capturados (Kunz y Parsons 2009). Se recolectó mínimo un espécimen de referencia por cada morfotipo capturado con el fin de confirmar las identificaciones realizadas en campo; los individuos no recolectados fueron marcados semipermanente con esmalte de uñas en el antebrazo y posteriormente fueron puestos en libertad. Todos los ejemplares recolectados fueron depositados en la colección del Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia con números de colección ICN 24031 al ICN 24114.



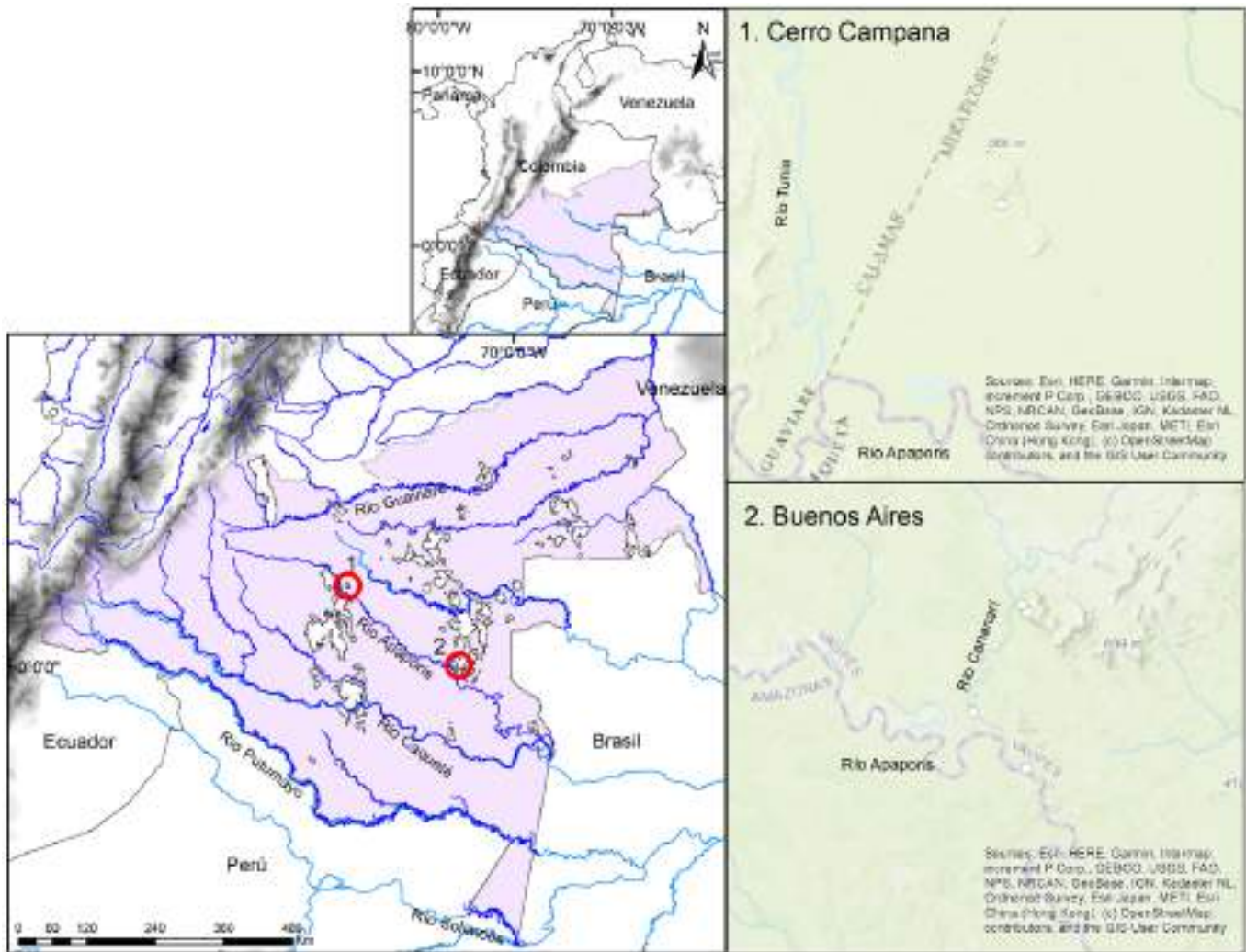


Figura 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de la expedición Apaporis-2018 (Puntos Blancos en paneles 1 y 2).

## Representatividad del muestreo

Se realizó una curva de acumulación de especies para establecer la representatividad del inventario y predecir la riqueza específica. Se utilizó el estimador no paramétrico de Jackknife 2, el cual no asume homogeneidad ambiental en la muestra (Heltshe y Forrester 1983), no necesita una distribución estadística conocida (Moreno 2001, Villarreal et al. 2004) y es el menos sesgado para muestreos cortos (Rex et al. 2008). Cada uno fue aleatorizado 100 veces para evitar la influencia del orden de aparición en el muestreo. Con base en los valores máximos de riqueza estimada por los índices y asumiendo este valor como el 100%, se determinó el porcentaje de representatividad de las especies registradas durante la fase de campo. Todos los análisis se realizaron por medio del software EstimateS 9.1. (Colwell 2013).

## RESULTADOS

Se capturaron un total de 462 individuos correspondientes a 46 especies de murciélagos de 27 géneros y cuatro familias: Emballonuridae, Phyllostomidae, Molossidae y Vespertilionidae. La familia más diversa fue Phyllostomidae con 36 especies seguida de Vespertilionidae con 6 especies, Emballonuridae con 3 especies y finalmente Molossidae con una especie. La lista de las especies capturadas por localidad se encuentra en la Tabla 1. Para la localidad de Cerro Campana se capturaron 28 especies de tres Familias Phyllostomidae, Emballonuridae y Vespertilionidae. Para la localidad de Buenos Aires se capturaron 37 especies de cuatro familias Phyllostomidae, Emballonuridae, Molossidae y Vespertilionidae. Algunas especies capturadas en los inventarios pueden verse en la Figura 2.



**Tabla 1.** Lista de especies y número de capturas por localidad encontradas en el inventario de la expedición Apaporis 2018.

Especies	Buenos Aires	Cerro Campana
<b>Emballonuridae</b>		
<i>Rhynchonycteris naso</i>	3	
<i>Saccopteryx billineata</i>	3	2
<i>Saccopteryx leptura</i>		1
<b>Phyllostomidae</b>		
<b>Micronycterinae</b>		
<i>Micronycteris megalotis</i>	5	
<b>Lonchorhininae</b>		
<i>Lonchorhina aurita</i>		2
<i>Lonchorhina orinocensis</i>	3	
<b>Phyllostominae</b>		
<i>Gardnerycteris crenulatum</i>	1	1
<i>Lophostoma silvicolum</i>	1	1
<i>Phyllostomus elongatus</i>	3	2
<i>Phyllostomus hastatus</i>	1	1
<i>Phyllostomus latifolius</i>	3	3
<i>Tonatia maresi</i>	2	1
<i>Trachops cirrhosus</i>	1	5
<b>Glossophaginae</b>		
<i>Anoura caudifer</i>	1	
<i>Anoura geoffroyi</i>	2	
<i>Glossophaga soricina</i>	2	3
<b>Lonchophyllinae</b>		
<i>Hsunycteris pattoni</i>	1	
<i>Lionycteris spurrelli</i>		9
<b>Carolliinae</b>		
<i>Carollia castanea</i>	6	
<i>Carollia perspicillata</i>	158	44
<b>Glyphonycterinae</b>		
<i>Glyphonycteris sylvestris</i>		3
<b>Rhinophyllinae</b>		
<i>Rhinophylla fischeriae</i>	2	
<i>Rhinophylla pumilio</i>	24	14
<b>Stenodermatinae</b>		
<i>Artibeus concolor</i>		1
<i>Artibeus lituratus</i>	6	2
<i>Artibeus obscurus</i>	15	7
<i>Artibeus planirostris</i>	2	2
<i>Artibeus sp.</i>	1	
<i>Chiroderma trinitatum</i>	9	1
<i>Dermanura glaucus</i>	1	
<i>Dermanura gnoma</i>	5	14
<i>Mesophylla macconnelli</i>	12	14
<i>Platyrrhinus fusciventris</i>	1	
<i>Platyrrhinus incarum</i>	27	
<i>Sturnira giannae</i>	1	
<i>Sturnira tildae</i>	1	
<i>Uroderma bilobatum</i>	3	5
<i>Vampyressa thuyone</i>		1
<i>Vampyriscus brocki</i>	4	
<b>Vespertilionidae</b>		
<i>Eptesicus furinalis</i>		1
<i>Myotis keaysi</i>		1
<i>Myotis nigricans</i>		2
<i>Myotis riparius</i>	1	
<i>Myotis sp 1</i>	1	3
<i>Myotis sp 2</i>	1	
<b>Molossidae</b>		
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	1	

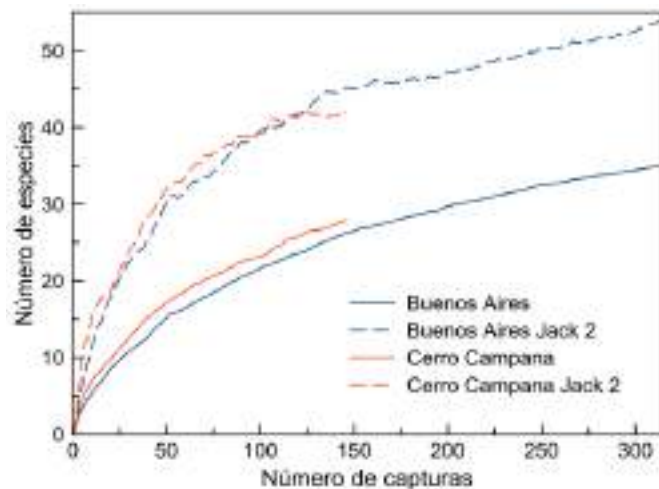


Figura 2. Algunas especies de murciélagos capturadas en la localidad de Buenos Aires: A. *Anoura caudifer*, B. *Gardnerycteris crenulatum*, C. *Micronycteris megalotis*, D. *Glossophaga soricina*, E. *Mesophylla macconnelli*, F. *Lonchorhina orinocensis*. Algunas especies de murciélagos capturadas en la localidad de Cerro Campana: G. *Artibeus obscurus*, H. *Lionycteris spurrelli*, I. *Trachops cirrhosus*, J. *Lonchorhina aurita*, K. *Artibeus concolor*, L. *Saccopteryx leptura*.

Los modelos de estimación de la riqueza producidos por el estimador Jackknife 2 muestran que tanto Cerro Campana como Buenos Aires presentan curvas de acumulación crecientes sin evidencia de estabilidad, esto indica que existen varias especies aún por registrar. La representatividad del muestreo en las dos localidades estuvo por debajo del 70%, para la localidad de Cerro Campana la representatividad del muestreo fue de 66.7% (42 especies esperadas; Figura 3). La representatividad del muestreo para Buenos Aires fue de 68.6% (54 especies esperadas; Figura 3).

## DISCUSIÓN

En este trabajo se presentan los primeros inventarios de murciélagos publicados sobre el Río Apaporis en Colombia. Estos inventarios incluyen seis especies aún no reportadas para la región Guayana lo que aumenta el número de especies de la región a 93 según la última recopilación hecha por Trujillo et al. (2018): *H. pattoni*, *N. laticaudatus*, *M. keaysi*, *P. fusciventris*, *P. incarum* y *V. brocki*. Por localidad se espera una diversidad mayor a la encontrada, considerando que los valores de los estimadores están por debajo del 70%, también la riqueza encontrada por localidad (28 especies para Cerro Campana y 37 especies para Buenos Aires) es menor a otros inventarios a corto plazo realizados en la misma provincia Guayana como la Serranía de La Lindosa (46, especies, Morales Martínez et al. 2020) y los sectores Sur (46 especies, Montenegro y Romero-Ruiz 1999) y norte de la Serranía de Chiribiquete (56 especies, Mantilla-Meluk et al. 2017); y finalmente a que los inventarios de murciélagos a largo plazo en otras áreas similares de la Guayana han arrojado valores de más de 100 especies, como es el caso de la Serranía de La Lindosa en el departamento de Guaviare (López-Arevalo et al. 2021). Por lo tanto, es imperativo seguir incrementando los esfuerzos de muestro tanto en la cuenca del río Apaporis, como en cada una de las localidades.



**Figura 3.** Curva de acumulación de especies por localidad. Muestra que en las dos localidades aún faltan especies por registrar.

Se encontraron dos ampliaciones de distribución para Colombia dentro de las especies capturadas. *Phyllostomus latifolius* es un murciélago insectívoro que cuenta con pocos registros en colecciones de Colombia provenientes del Río Mesay dentro del Parque Nacional Natural Chiribiquete (Montenegro y Romero-Ruiz 1999) y recientemente para la Serranía de La Lindosa (López-Arévalo et al. 2021), los presentes registros representan el extremo sur oriental de la distribución conocida de la especie en el país. *Vampyriscus brocki* es una especie que previamente se conocía con un solo registro para Colombia en el municipio de Leticia en el departamento de Amazonas (Baker et al 1972), este registro extiende la distribución de la especie 450 km al norte de dicha localidad. También se reporta *Lonchorhina orinocensis* una especie Vulnerable a la extinción según la UICN (Solari 2020), que junto con *Lonchorhina aurita*, otra especie dentro del mismo género, presentan restricciones en su distribución debido a que son especies que están ligadas a la presencia de las Lajas o Tepuyes de la Guayana (Morales-Martínez y López Arévalo 2018) y, por lo tanto, la conservación de sus poblaciones depende de la preservación de los ecosistemas asociados a estos cerros.

Por otra parte, la revisión taxonómica de los especímenes recolectados en las dos localidades arrojó que existe una diversidad posiblemente no descrita, incluyendo el género *Artibeus* dentro de la familia Phyllostomidae, y dos posibles nuevos taxones dentro del género *Myotis* en la familia Vespertilionidae. Esta última familia es de interés taxonómico ya que recientemente se han descrito varias especies para Colombia como el caso de *Histiotus cadenai* (Rodríguez-Posada et al. 2021) y *Eptesicus orinocensis* (Ramírez-Chaves et al. 2021), y se ha llamado la atención de la necesidad urgente de realizar una revisión taxonómica en la mayoría de sus géneros, incluido *Myotis* (Rodríguez-Posada et al. 2021).

Los patrones de distribución de la diversidad de murciélagos en Colombia han mostrado que la riqueza de dos de las familias con mayor número de especies como Phyllostomidae y Emballonuridae se encuentran mayormente distribuidas en el cinturón norte de la Amazonia, reconocida como la provincia de la Guayana (Mantilla-Meluk et al. 2009, 2017). Estas predicciones se han venido corroborando a través de trabajos realizados en los últimos diez años donde se ha hipotetizado que la alta diversidad en esta provincia está relacionada con varias condiciones particulares. Primero esta provincia recibe aportes de especies de provincias adyacentes como los Llanos del Orinoco, elementos amazónicos propios de las planicies inundables y terrazas terciarias, así como la presencia de elementos andinos (Trujillo et al. 2018) siendo un área de intercambio biogeográfico. Segundo posee una heterogeneidad en términos de coberturas vegetales y de altitud que promueve el establecimiento de comunidades diferenciadas en cuanto a composición y estructura (Morales-Martínez y López-Arévalo 2018; López-Arévalo et al. 2021); tercero, esta región posee una diversidad "única" con especies que solamente se encuentran asociadas a esta provincia, incluso especies que predominantemente se encuentran asociadas a

los tepuyes, lajas y afloramientos rocosos (Morales-Martínez y López-Arévalo 2018). Sin embargo, futuros estudios deben corroborar el aporte de estos componentes a la diversidad, así como las similitudes biogeográficas de cada inventario.

Finalmente es importante recalcar que el conocimiento de la riqueza de murciélagos en la Amazonia colombiana en general es aún incipiente, y requiere de esfuerzos mancomunados para realizar estudios a largo plazo con metodologías complementarias que permitan obtener inventarios robustos que alcancen una alta representatividad así como del incremento de estudios en sistemática y taxonomía que incluyan herramientas moleculares que permitan identificar la diversidad críptica (Morales-Martínez 2021).

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Colciencias que mediante las convocatorias Colombia BIO financiaron la expedición Apaporis-2018. También a las comunidades de Buenos Aires, Jirijirimo y Morroco quienes nos permitieron realizar la expedición en sus territorios y nos apoyaron durante la fase de campo, especialmente a Faustino Rojas, Bernardo Rojas y Nicolás Buitrago que hicieron parte del levantamiento de la información en el componente de Mamíferos.

## REFERENCIAS

Baker RJ, HH Genoways. 1972. The Phyllostomid bat, *Vampyressa brocki*, in Colombia. Bulletin of the Southern California Academy of Science 71:54.

Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.

Etter A. 2001. Puinawai y Nukak: Caracterización ecológica de dos reservas nacionales naturales de la Amazonia colombiana. Bogotá. Instituto de Ambiente y Desarrollo. 381 p.

Heltshe JF, NE Forrester. 1983. Estimating diversity using quadrat sampling. Biometrics. 39:1073-1076.

Hernández-Camacho JI, AH Guerra, RO Quijano, T Walschburger. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. En Halffter G. La diversidad Biológica de Iberoamérica I. Xalapa, México. Volumen Especial, Acta Zoologica Mexicana, nueva serie. Instituto de Ecología, A.C. p. 105-151.

Kunz TH, S Parsons. 2009. Ecological and behavioral methods for the study of bats. Washington, D.C. Smithsonian Institution Press. 901 p.

López-Arévalo HF, DM Morales-Martínez, C Mora-Beltrán, MC Calderón-Capote, C Cárdenas-González, N Atuesta-Dimian, MJ Melo, W Ramírez. 2021. Mamíferos (Mammalia) de San José del Guaviare, Colombia. Biota Colombiana, 22: 127-146.

Mantilla-Meluk H, AM Jiménez -Ortega, RJ Baker. 2009. Phyllostomid bats of Colombia: Annotated checklist, distribution, and biogeography. Spec. publ. Mus., Tex. Tech. Univ. 56:1-37.

Mantilla-Meluk H, HE Ramírez-Chaves, AM Jiménez-Ortega, ME Rodríguez-Posada. 2014. Emballonurid bats from Colombia: Annotated checklist, distribution, and biogeography. Therya. 5: 229-255.

Mantilla-Meluk H, F Mosquera-Guerra, F Trujillo, N Pérez, A Velásquez-Valencia, A Vargas-Pérez. 2017. Mamíferos del sector norte del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. Revista Colombia Amazónica 10:99-113.

Montenegro OL, M Romero-Ruíz. 1999. Murciélagos del sector sur de la Serranía de Chiribiquete, Caquetá, Colombia Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 23:641-649.

Morales-Martínez DM, HF López Arévalo. 2018. Distribución y conservación de los murciélagos del género *Lonchorhina* (Chiroptera: Phyllostomidae) en Colombia. Caldasia 40:349-365.

Morales-Martínez DM., HF López-Arévalo, OL Montenegro-Díaz. 2020. Los ensamblajes de murciélagos de la Serranía de la Lindosa son diversos y heterogéneos. Acta Biológica Colombiana. 25:322-332.

Morales-Martínez DM. 2021. Mamíferos (Mammalia) de la Amazonia colombiana. Revista de la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 45:474-488.

Moreno CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza. M&T-Manuales y Tesis SEA.

Ramírez-Chaves HE, DM Morales-Martínez, WA Pérez, D Velásquez-Guarín, IY Mejía-Fontecha, M Ortiz-Giraldo, PA Ossa-López, FA Rivera Páez. 2021. A new species of small *Eptesicus* Rafinesque (Chiroptera: Vespertilionidae) from northern South America. Zoo-taxa 5020:489-520.

Rex K, DH Kelm, K Wiesner, TH Kunz, CC Voigt. 2008. Species richness and structure of three Neotropical bat assemblages. Biological Journal of the Linnean Society. 94:617-629

Rodríguez-Posada ME., DM Morales-Martínez, HE Ramírez-Chaves, D Martínez-Medina, CA Calderón-Acevedo. 2021. A new species of Long-eared Brown Bat of the genus *Histiotus* (Chiroptera) and the revalidation of *Histiotus colombiae*. Caldasia, 43:221-234.

Rudas A. 2009. Unidades ecogeográficas y su relación con la diversidad vegetal de la Amazonia colombiana. Tesis doctoral. Bogotá, Colombia. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. 147p.

Solari S. 2020. *Lonchorhina orinocensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T12273A22039832. Consultado 19 dic. 2021. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/12273/166505026>

Trujillo F, F Mosquera-Guerra, A Díaz-Pulido, JD Carvajal-Castro, H Mantilla-Meluk. 2018. Mamíferos del Escudo Guayanés de Colombia. En: Lasso CA, C Señaris C. Fauna silvestre del Escudo Guayanés (Colombia-Venezuela). Serie Fauna Silvestre Neotropical. Número IV. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. p. 345-378.

Villarreal H, M Álavarez, S Córdoba, F Escobar, G Fagua, F Gast, H Mendoza, V Ospina, AM Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Bogotá D.C. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 235 p.



Mico maicero, *Sapajus apella*. Foto: Jorge Contreras







# Mamíferos medianos y grandes de la cuenca media del río Apaporis, Amazonia colombiana

Natalia Atuesta-Dimian<sup>1\*</sup>

## Resumen

La Amazonia se considera una de las ecoregiones que alberga una de las comunidades mastozoológicas más diversas, tanto a nivel mundial como nacional. Sin embargo, la cuenca media del río Apaporis, donde predomina un paisaje de cerros o tepuyes en medio de grandes extensiones de bosque bien conservado, corresponde a un área poco explorada y con grandes vacíos de información. En esta área se realizó un inventario rápido para evaluar la diversidad de mamíferos medianos y grandes en el sector del Cerro Campana (Guaviare) y de Cerro Morroco a Jirijirimo (Vaupés). Se instalaron 37 estaciones de fototrampeo en cinco localidades de muestreo, acumulando un esfuerzo de 182 cámaras\*noche, se realizaron recorridos para avistamiento y búsqueda de rastros en jornadas diurnas y nocturnas y se complementó el listado con entrevistas a los pobladores locales y registros ocasionales de cacería. 38 especies de mamíferos medianos y grandes fueron registradas, siete de ellas consideradas como amenazadas según UICN y 27 consumidas por las comunidades locales. La riqueza de especies fue similar para los paisajes de cerros y las zonas bajas, pero se registraron mayores abundancias relativas en los cerros, lo que puede convertir a estos paisajes en áreas de reserva que provean fauna hacia zonas bajas, donde las comunidades locales están asentadas y acceden a los recursos que utilizan. Esta expedición aportó datos que permiten llenar los vacíos de información respecto a la mastofauna de la región amazónica, además contribuyó a fortalecer el conocimiento y la relación de las comunidades con la biodiversidad de sus territorios.

**Palabras clave:** Colombia BIO, fototrampeo, Serranía de Chiribiquete, Vaupés, Guaviare

## Abstract

The Amazon is considered one of the ecoregions that is home to one of the most diverse mastozoology communities, both globally and nationally. However, the middle basin of the Apaporis River, where a landscape of hills or tepuis predominates in the middle of large areas of well-preserved forest, corresponds to a little explored area with large gaps in information. A rapid inventory was carried out in this area, to evaluate the diversity of medium and large mammals in the sector of Cerro Campana (Guaviare), and from Cerro Morroco to Jirijirimo (Vaupés). 37 photo-trap stations were installed in five sampling locations, accumulating an effort of 182 cameras\*night; besides, sighting tours were made in the search for traces in day and night journeys, and the list was complemented with interviews with local inhabitants and occasional hunting records. 38 species of medium and large mammals were recorded, seven of them considered threatened according to IUCN, and 27 that are consumed by local communities. The richness of species was similar for hill landscapes and low-lying areas, but greater relative abundance was recorded in the hills, which can turn these landscapes into reserve areas that provide wildlife to low-lying areas, where local communities are settled and access the resources they use. This expedition provided data that allows filling information gaps regarding the mammal fauna of this Amazonian region, and contributed to strengthening the knowledge and relationship of the communities with the biodiversity of their territories.

**Keywords:** Colombia BIO, camera trapping, Serranía de Chiribiquete, Vaupés, Guaviare.

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Fauna Amazónica Colombiana, Programa Ecosistemas y Recursos Naturales–Fauna, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

\* [natuesta@sinchi.org.co](mailto:natuesta@sinchi.org.co)

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la actualización más reciente de la lista de mamíferos de Colombia en el país se registran 543 especies de mastofauna (Ramírez-Chaves et al. 2021ab), de las cuales 172 (32%) corresponden a mamíferos medianos y grandes. Para la región amazónica, que alberga una de las faunas de mamíferos más diversas del mundo y del país (Bonvicino y Weskler 2012, Alberico y Rojas-Díaz 2002, Rodríguez-Mahecha et al. 2006), Morales-Martínez (2021) reporta 265 especies de mamíferos, 83 de ellas de tamaño medio a grande.

Trabajos recientes enfocados en la diversidad de mamíferos destacan que la región amazónica corresponde a un área importante para ampliar el conocimiento de la diversidad de este grupo de fauna en el país, con estimaciones de complementariedad de los inventarios superiores al 40%, lo que sugiere que la Amazonia aún alberga áreas poco exploradas y que resultan idóneas para llenar los vacíos en la información sobre la diversidad de mamíferos, incluyendo grupos de mamíferos medianos y grandes como los carnívoros y los primates (Morales-Martínez 2021, Suarez-Castro et al. 2021).

De acuerdo con el diagnóstico de Montenegro (2007) para la cuenca del río Apaporis se dispone de una buena cantidad de información sobre la mastofauna presente en área, principalmente trabajos que se centran en los primates de la parte baja de la cuenca en el sector de la estación biológica Caparú (Defler 1983, 1989ab, Defler 1991, Defler 1994ab, Defler 1995, Palacios y Rodríguez 1995, Defler 1996, Palacios y Rodríguez 1997, Palacios et al. 1997, Defler 1999ab, Palacios 2000, Palacios y Rodríguez 2001, Palacios et al. 2004). Más recientemente se ha generado información sobre la diversidad del grupo, producto de varias expediciones hacia la parte alta de la cuenca para sustentar la ampliación del PNN Serranía de Chiribiquete y su declaratoria como patrimonio de la humanidad (Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible–FCDS et al. 2017, Mantilla-Meluk et al. 2017, Parques Nacionales Naturales de Colombia 2018, Atuesta-Dimian y Ganeden 2019).

A pesar del conocimiento acumulado para la cuenca, la zona media del río Apaporis prácticamente carece de inventarios biológicos que incluyan al grupo de los mamíferos medianos y grandes, salvo trabajos incipientes de fototrampeo al sur del PNN Serranía de Chiribiquete (Rodríguez-Mongui y Link-Ospina 2020, von Hildebrand et al. 2020). Conocer este grupo de mamíferos resulta importante ya que cumplen un papel fundamental en los ecosistemas al regular las poblaciones de otras especies, sea como dispersores o depredadores de semillas, consumidores de plántulas o depredadores de otros animales de menor tamaño (Terborgh 1988, Rumiz 2010, Payán y Escudero-Páez 2015). Adicionalmente en la Amazonia, y particularmente en el departamento del Vaupés, este grupo de animales reviste gran importancia dentro de la dieta de las comunidades indígenas, aportando a su seguridad alimentaria pero también jugando un papel fundamental a nivel cultural (Osorno et al. 2014).

La expedición BIO Apaporis 2018, donde se enmarca la presente investigación, buscó identificar y registrar la diversidad biológica de la cuenca media del río Apaporis, con la participación de las comunidades locales, para generar información científica que a la vez fuera útil para estas comunidades en el desarrollo de proyectos productivos sostenibles como el ecoturismo. A continuación, se presentan los resultados de un inventario rápido de mamíferos medianos y grandes en dos sectores de la cuenca media del río Apaporis. Con este inventario se buscó caracterizar la fauna de mamíferos de talla media a grande presente en los diferentes paisajes del área de estudio y aproximarse al estado de la comunidad mastozoológica presente en la cuenca media del río Apaporis.

## MÉTODOS

### Área de estudio

El río Apaporis nace cerca de San Vicente del Caguán (Caquetá) y recorre aproximadamente 1.540 kilómetros hasta su desembocadura en el río Caquetá. En su recorrido, buena parte sobre afloramientos del escudo Guayanés atraviesa paisajes y ecosistemas únicos como las Sabanas del Yarí y el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. La geomorfología del área, con fracturamientos de la antigua placa basáltica, conforma sectores encañonados y numerosos raudales o cachiveras que hacen difícil el acceso a la zona ya que la navegación está restringida en varios sectores del río (Domínguez 1975, IGAC 1997, Palacios et al. 2009).

Este estudio se realizó en la cuenca media del río Apaporis, comprendida entre la confluencia de los ríos Ajaju y Macaya o Tunia, sector conocido como Cerro Campana o Cerro Azul; y el raudal de Jirijirimo, algunos kilómetros aguas debajo de la confluencia de los ríos Apaporis y Cananarí (Figura 1). La zona está conformada por un mosaico de paisajes guyaneses y amazónicos que proveen una gran variedad de hábitats singulares, como cerros (tepuyes) o afloramientos rocosos que conforman mesetas en medio de la selva, y las cuales se encuentran en muy buen estado de conservación para la fauna (Mantilla-Meluk 2016). En general, la cuenca la conforman ríos y caños de aguas negras, caracterizados por el bajo contenido de nutrientes, que hacen poco productivos tanto los ecosistemas acuáticos como los terrestres (IGAC 1997, Palacios et al. 2009, García-Villacorta et al 2016).

Culturalmente el río Apaporis es el referente geográfico más importante para varios grupos indígenas como los Tukano Oriental, pues es el sitio de nacimiento de su territorio donde el árbol de *Ikogi* fue tumbado por los creadores para conseguir agua y con su caída formó el Raudal de Jirijirimo, el río Apaporis y el Chorro de la Libertad; además de acuerdo con los Tukano Oriental en sus alrededores se encuentran todos los lugares de origen de los animales (ACAIPI y Fundación GAIA AMAZONAS 2014, Botero 2019).

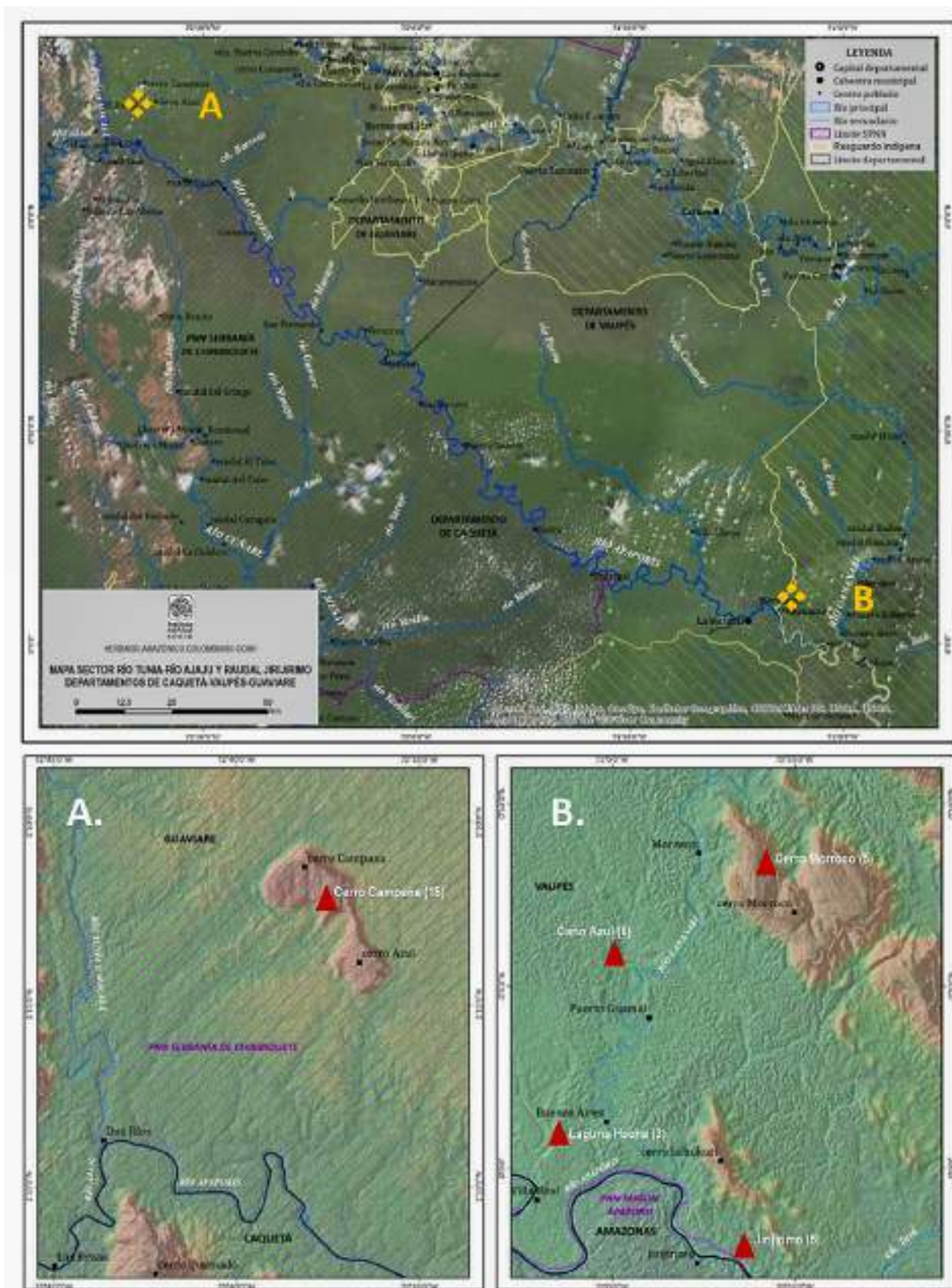


Figura 1. Área de la Expedición Colombia-BIO, río Apaporis 2018 y sitios de muestro. A = Cerro La Campana (Guaviare). B = Cerro Morroco, Caño Azul, Laguna Hacha y Jirijirimo (Vaupés). Entre paréntesis se presenta el número de estaciones de fototrampeo en cada sitio de muestro.

Murciélagos (Chiroptera) de dos localidades de la cuenca alta y media del río Apaporis, Guaviare y Vaupés, Colombia



En la zona se muestrearon cinco localidades principales, cuatro en el corregimiento de Pacoa en Vaupés y una en Cerro Campana al oriente del PNN Serranía de Chiribiquete (Guaviare), las cuales se resumen en la tabla 1 (Figura 1). Las coberturas estudiadas fueron bosque de tierra firme (BTF), cananguchal (bosques de *Mauritia flexuosa*) (Cg), rastrojo (R), bosque inundable o rebalse (BI), sabanas casmófitas (SC) y varillales (V); además de ríos y quebradas para los mamíferos acuáticos.

## Métodos de muestreo

El muestro se realizó entre el 19 de febrero y el 7 de marzo de 2018 por medio de fototrampeo y recorridos de búsqueda para avistamiento directo o registro de rastros. La información se complementó con entrevistas a miembros de la comunidad e investigadores locales.

Para el registro de fauna por medio de cámaras trampa se establecieron 37 estaciones de fototrampeo en las cinco localidades de muestreo, donde se ubicaron cámaras de rastreo Bushnell (Trophy Cam) a una altura promedio de 40 cm del suelo (Mandrujano et al. 2019). Las cámaras se programaron para tomar tres fotografías y un video por detección y se mantuvieron activas entre cuatro y siete noches por estación, con un esfuerzo de muestreo acumulado de 4.382,4 horas que equivale a 182 noches-cámara. Para maximizar las posibilidades de detección, las estaciones de fototrampeo se establecieron de acuerdo con la presencia de rastros de la fauna de interés (huellas, refugios y sendas dejadas por el tránsito de fauna y conocidas localmente como pasaderos) o recursos clave para mamíferos medianos y grandes como pepeaderos y salados (Morales-Martínez et al. 2021). Cada estación fue georreferenciada y se tomó información de localidad de muestreo, cobertura vegetal presente en la zona, fecha y hora de activación y desactivación de la cámara trampa. Las imágenes fueron revisadas una a una, de forma manual sin recurrir a identificaciones automáticas, con el fin de establecer las detecciones efectivas e identidad taxonómica de la fauna registrada.

Para el avistamiento directo de mamíferos medianos y grandes y el registro de rastros, durante los 11 días efectivos de muestreo se realizaron recorridos diurnos entre las 06:00 y las 18:00 horas, además de algunos recorridos nocturnos entre las 20:00 y 24:00

horas, en los que participaron como mínimo dos observadores. Los rastros de fauna fueron identificados para establecer al menos la identidad taxonómica a nivel de género y para ello se recurrió a guías de identificación de rastros (Novarro y Muñoz 2000, Morales-Jiménez et al. 2004, Zapata-Ríos et al. 2015), con el apoyo del conocimiento y experiencia de los investigadores locales como cazadores en sus comunidades. Todos los avistamientos y rastros fueron georreferenciados y en la medida de lo posible fotografiados.

Para complementar el listado de especies se adicionaron algunos reportes de cacería, con evidencias de la presa, realizados por las comunidades durante la visita de campo, además de las especies identificadas a partir de entrevistas apoyadas en fichas con fotografías de mamíferos potencialmente presentes en la zona.

El ordenamiento jerárquico del listado de mamíferos medianos y grandes siguió la taxonomía presentada en la más reciente revisión de especies de mamíferos de Colombia realizada por la Sociedad Colombiana de Mastozoología (Ramírez-Chaves et al. 2021ab; Ramírez-Chaves et al. 2016; Solari et al. 2013) y adicionalmente fue validada en el Catalogue of Life (<http://www.catalogueoflife.org/>). Particularmente para las especies de primates se empleó la propuesta taxonómica de la Asociación Primatológica Colombiana-APC (2020).

Se elaboraron curvas de rarefacción para establecer la representatividad del muestreo y la riqueza de especies esperada a nivel general pero también diferenciando entre el paisaje de cerros o tepuyes y tierras bajas. Para el análisis se usó el programa iNEXT Online (Chao et al. 2016), el cual calcula las diversidades estimadas estandarizando el tamaño de la muestra y extrapolando para comparar entre muestras incompletas (Chao y Jost 2012, Chao et al. 2014).

Para las especies detectadas por cámaras trampa se realizó una primera aproximación a su abundancia usando un índice de abundancia relativa construido como número de individuos detectados por especie / esfuerzo total de muestreo, entendiendo el esfuerzo de muestreo como noches de cámaras trampa \* 100 (Tobler et al. 2008, Díaz-Pulido y Payán-Garrido 2012). En este cálculo se usaron únicamente los datos de detecciones independientes, las cuales se asumieron como las detecciones de individuos de una

**Tabla 1.** Localidades de muestreo de mamíferos medianos y grandes en la expedición BIO Apaporis 2018. Coberturas: bosque de tierra firme (BTF), cananguchal (*Mauritia flexuosa*) (Cg), rastrojo (R), bosque inundable o rebalse (BI), sabanas casmófitas (SC) y varillales (V).

Localidad	Ubicación	Tipo de Formación	Cobertura
Departamento del Vaupés, corregimiento de Pacoa, Gran Resguardo Vaupés, Zona Activa, Comunidad Buenos Aires, sector Caño Azul	N0° 05' 43.9" W70° 59' 46.1"	Zonas bajas	BTF, BI, R
Departamento del Vaupés, Corregimiento Pacoa, Gran Resguardo Vaupés, Zona Activa, Comunidad Buenos Aires, Sector laguna Hacha	N0° 01' 09.8" W71° 01' 26.9"	Zonas bajas	BTF, R
Departamento del Vaupés, Corregimiento Pacoa, Gran Resguardo Vaupés, Zona Activa, Comunidad Morroco, cerro Morroco	N0° 08' 11.6" W70° 56' 40.3"	Cerro	BTF, BI
Departamento del Vaupés, Corregimiento Pacoa, Gran Resguardo Vaupés, Zona Activa, Comunidad Jirijirimo, sector Raudal Jirijirimo	S0° 02' 15.1" W70° 56' 46.3"	Zonas bajas	BTF
Departamento del Guaviare, municipio de Miraflores, Cerro Campana (Cerro Azul)	N1° 17' 07.1" W72° 37' 34.4"	Cerro	BTF, Cg, V, SC

misma especie por cámara, separadas por un lapso mínimo de 30 minutos. Considerando la relación entre abundancia y tasa de encuentro (Buckland et al. 2001, Marsden et al. 2016) se calculó la abundancia relativa de las especies registradas por avistamientos directos como número de individuos avistados por especie / esfuerzo acumulado, en días de muestreo.

## RESULTADOS

### Descripción del inventario y efectividad métodos de muestreo

Se obtuvieron 129 registros de mamíferos medianos y grandes que corresponden a 38 especies. Ocho especies fueron registradas por medio de fototrampeo (1.336 fotos y videos que corresponden a 57 detecciones independientes de mamíferos), 17 especies por avistamiento directo, 14 especies por rastros y once especies exclusivamente por entrevistas. En las localidades de muestreo del Vaupés se registraron 21 especies para las cuales se cuenta con algún tipo de evidencia (fotografías, avistamientos y rastros) y 17 especies registradas exclusivamente por entrevistas. En el cerro La Campana (Guaviare) se registraron 14 especies por avistamientos, cámaras trampa o rastros; sin embargo, en este sector no fue posible realizar entrevistas ya que en la zona no se encuentran asentamientos humanos (Tabla 2).

### Riqueza y composición de especies

Las 38 especies registradas en la cuenca media del río Apaporis, de 36 géneros, 23 familias y ocho órdenes, representan el 7% de la mastofauna colombiana y el 15% de los mamíferos amazónicos. Particularmente, respecto a los mamíferos medianos y grandes las especies registradas en el presente inventario representan el

22% de las especies reconocidas para Colombia y cerca del 45% de las especies del grupo presentes en la Amazonia.

En general en la cuenca media del río Apaporis los órdenes Carnívora y Primates aportaron la mayor riqueza específica con nueve especies cada uno, seguidos de los roedores con siete especies (Figura 2); en tanto las familias con mayor riqueza (diversidad  $\alpha$ ) corresponden a Cebidae, Felidae y Mustelidae con tres especies cada una (Tabla 2).

### Representatividad del muestreo por paisaje

Ya que entre los paisajes menos explorados de la Amazonia se encuentran los cerros o tepuyes, buena parte del muestreo se centró en estos paisajes donde se acumuló un esfuerzo de 102 noches-cámara con 23 estaciones de fototrampeo, mientras en las zonas bajas el esfuerzo de muestreo fue de 80 noches-cámara con 14 estaciones de muestreo.

De acuerdo con los análisis de cobertura del muestreo y las curvas de rarefacción es necesario un mayor esfuerzo para lograr registrar la totalidad de especies de mamíferos medianos y grandes presentes en la cuenca media del río Apaporis. Las curvas de rarefacción muestran aún una tendencia creciente, a pesar de aproximarse a la asíntota, lo que indica que se espera un mayor número de especies tanto en el paisaje de cerros o tepuyes como en las zonas bajas (Figura 3A). Como muestra la Figura 3B la cobertura de la muestra alcanzó el 92% para la cuenca media del río Apaporis, mientras que en el paisaje de cerros alcanzó el 89% y en las zonas bajas llegó solo al 82% (Figura 3B).

El mayor esfuerzo y en consecuencia mayor cobertura del muestreo en el paisaje de cerros no conllevó a un mayor registro de especies, pues en los cerros se registraron 19 especies frente a 18 registradas en tierras bajas. Es importante aclarar que estas comparaciones no incluyen las especies registradas

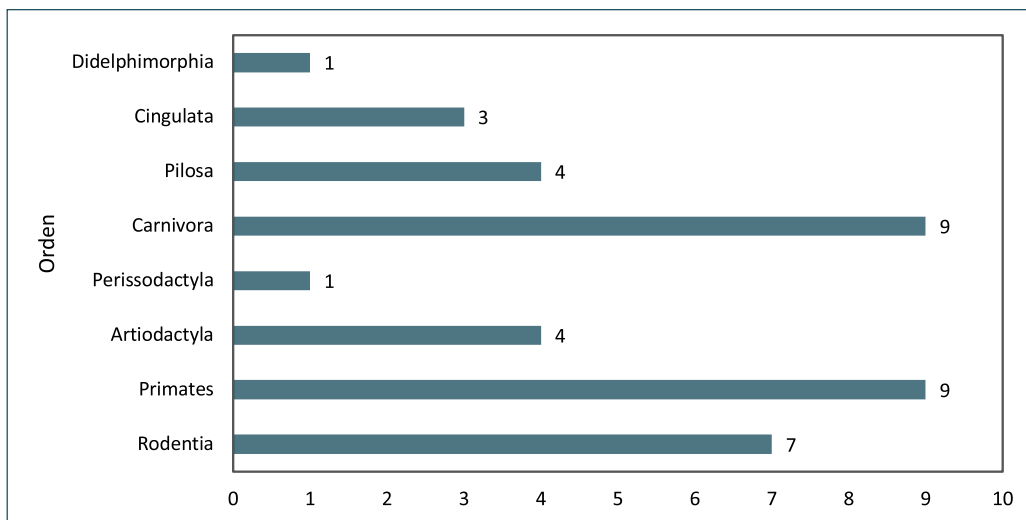


Figura 2. Riqueza de especies por órdenes de mamíferos medianos y grandes en la cuenca media del Río Apaporis

Murciélagos (Chiroptera) de dos localidades de la cuenca alta y media del río Apaporis, Guaviare y Vaupés, Colombia

**Tabla 2.** Listado de especies de mamíferos medianos y grandes registrados en la cuenca media del río Apaporis. Evidencia: A = Avistamiento; E = Entrevista; E = Entrevista; CT = Cámara Trampa; R = Rastro; Cz = Cacería, V= Vocalización. Amenaza: VU= Vulnerable; EN= En Peligro. CITES: I= Apéndice I CITES; II= Apéndice II CITES.

Orden	Familia	Especie	Jirimo-Moroco-Vaupés	Cerro Campana, Guaviare	Abundancia relativa * Cerros	Abundancia relativa * Zonas bajas	Evidencia	CITES	Amenaza MADS (2017)	Amenaza IUCN	Especies de consumo
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	X				R, E				
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Dicotyles tajacu</i>	X	X	7,84/0,57	2,50	R, CT, A, E	II			X
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>	X				R, E	II		VU	X
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama zamora</i>	X	X	0,14	0,40	A			DD	X
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama sp</i>	X	X	7,84		R, A, CT, E				X
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama murelia</i>	X	X	0,98		CT, E				X
Carnivora	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	X				E				X
Carnivora	Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i>	X	X	0,14		A, E	I	VU		
Carnivora	Mustelidae	<i>Pteronura brasiliensis</i>	X				E	I	EN		
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i>	X		0,29		R, A, E				X
Carnivora	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	X			0,20	A, E				
Carnivora	Felidae	<i>Leopardus sp</i>	X	X			R, E	I			
Carnivora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	X	X			R, E	I			
Carnivora	Felidae	<i>Puma concolor</i>	X				E	II			
Carnivora	Canidae	<i>Speothos venaticus</i>	X				E	I			
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	X	X		8,75	CT, R, E				X
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus sp</i>	X	X			E, R				X
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus pastasae</i>	X				E				X
Cingulata	Chlamyphoridae	<i>Priodontes maximus</i>	X	X			R, E	I	EN	VU	
Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	X	X	1,96/0,29	8,75	CT, A, R, Cz, E	II		VU	X
Pilosa	Choloepidae	<i>Choloepus didactylus</i>	X				E				X
Pilosa	Cyclopedidae	<i>Cyclopes ida</i>	X			0,20	A, E				
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	X				R, E	II		VU	X
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>	X				E				X
Primates	Aotidae	<i>Aotus vociferans</i>	X			0,80	A, E	II			X
Primates	Atelidae	<i>Alouatta seniculus</i>	X		0,14	0,20	V, A, E	II			X
Primates	Atelidae	<i>Lagothrix lagotricha</i>	X	X	0,14		A, E	II		VU	X
Primates	Cebidae	<i>Cebus albifrons</i>	X				A, E	II			X
Primates	Cebidae	<i>Sapajus apella</i>	X	X	1,14		A, E	II			X
Primates	Cebidae	<i>Saimiri cassiquiarensis</i>	X	X	0,43		A, E	II			X
Primates	Callitrichidae	<i>Saguinus inustus</i>	X		0,14		E, A	II			X
Primates	Pitheciidae	<i>Cheracebus lugens</i>	X			0,40	A, E	II			X
Primates	Pitheciidae	<i>Cacajao melanocephalus</i>	X				E	I			X
Rodentia	Caviidae	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	X				R, E				X
Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	X	X	10,78	8,75	R, CT, Cz, E, A				X
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	X	X	5,88	5,00	CT, E, R				X
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Myoprocta pratti</i>	X				E				X
Rodentia	Erethizontidae	<i>Coendou prehensilis</i>	X				E				X
Rodentia	Sciuridae	<i>Hadroscurus igniventris</i>	X				E				X
Rodentia	Sciuridae	<i>Guerlinguetus aestuans</i>	X			1,25	CT				X

\* Abundancias relativas: en texto normal (sin negrilla) se presentan las abundancias calculadas a partir de detecciones por cámaras trampa y en **negrilla** se presentan las abundancias calculadas a partir de observaciones directas.

por entrevistas, de las cuales no se tiene asignación a uno de los tipos de paisaje.

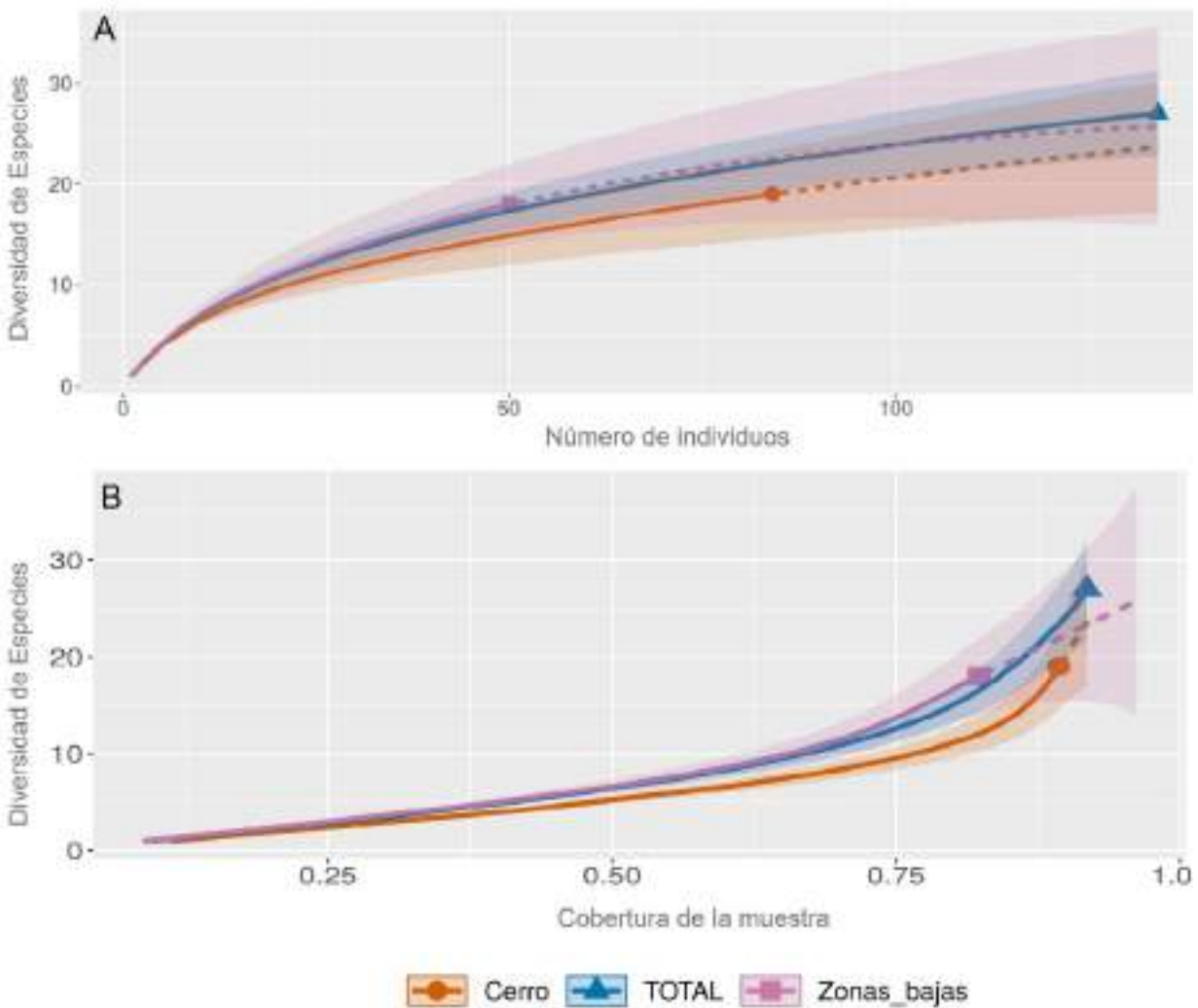
Por fototrampeo se detectaron seis especies en el paisaje de cerros las cuales corresponden a *Cuniculus paca*, *Dasyprocta fuliginosa*, *Mazama murelia*, *M. sp*, *Dicotyles tajacu* y *Tapirus terrestris*; en zonas bajas las cámaras trampa detectaron el mismo número de especies, pero con diferencias en la composición, pues las especies registradas corresponden a *C. paca*, *D. fuliginosa*, *Dasyprocta novemcinctus*, *Guerlinguetus aestuans*, *D. tajacu* y *T. terrestris* (Tabla 2).

### Abundancia relativa y tasas de encuentro

Las especies con mayor abundancia relativa en la zona de estudio corresponden a la lapa (*C.paca*), el armadillo (*D. novemcinctus*), la danta (*T. terrestris*), el venado (*Mazama sp*) y los

cerrillos *D. tajacu*. En general en el paisaje de cerros o tepuyes se registraron abundancias relativas de mayor magnitud para las especies detectadas por fototrampeo salvo para la danta (*T. terrestris*) la cual fue más abundante en las tierras bajas, particularmente en las áreas con presencia de salados. El cerrillo *D. tajacu* corresponde a la especie con diferencia más marcada en las abundancias relativas por paisaje, registrando un índice de abundancia relativa mayor en el paisaje de cerros respecto a las zonas bajas (7,84 individuos vs. 2,50 individuos) (Tabla 2).

La abundancia relativa o tasa de encuentro para las especies registradas por avistamientos directos muestra al mono maicero (*Sapajus apella*), seguido de los monos nocturnos (*Aotus vociferans*) y los cerrillos (*D. tajacu*) como las especies más abundantes. Este índice de abundancia solo es comparable entre paisajes para el caso del mono aullador (*Alouatta seniculus*)



**Figura 3.** Curvas de rarefacción y extrapolación del muestreo de mamíferos medianos y grandes en la cuenca media del río Apaporis. A. Riqueza de especies. B. Cobertura del muestreo. Se muestran los valores observados, su interpolación (línea sólida), su extrapolación (línea punteada) y el intervalo de confianza del 95% (área sombreada). Cálculos basados en la abundancia de las especies e intervalos de confianza establecidos por bootstrap con 50 replicaciones.



y el venado colorado (*Mazama zamora*), para los cuales se registraron mayores abundancias en las zonas bajas. Sin embargo, en el paisaje de cerros o tepuyes fue posible registrar un mayor número de especies por avistamientos directos respecto a las zonas bajas, con diez especies avistadas en los cerros versus seis en zonas bajas. Es decir, en el paisaje de cerros los mamíferos medianos y grandes parecen más abundantes considerando la tasa de encuentro (Tabla 2).

## Estado de conservación y uso de la fauna

En la zona de estudio se registraron tres especies de mamíferos medianos y grandes categorizadas como amenazas a nivel nacional (MADS 2017): la nutria *Lontra longicaudis* (VU), el perro de agua *Pteronura brasiliensis* (EN) y el ocarro *Priodontes maximus* (EN). Ya que la resolución de categorización de amenaza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS 2017) se basa en las evaluaciones nacionales y los libros rojos (Rodríguez et al. 2006); y que solo hasta 2021 se inició el proceso de actualización de las evaluaciones de riesgo de extinción de los mamíferos de Colombia, bajo la coordinación del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, la Asociación Colombiana de Zoología-ACZ y la Sociedad Colombiana de Mastozoología, es importante considerar la categorización de la UICN a nivel mundial. Según UICN (2021) siete de las especies registradas, de seis órdenes y siete familias, se consideran amenazadas a la extinción: cinco en categoría vulnerable VU (*Tayassu pecari*, *P. maximus*, *T. terrestris*, *Myrmecophaga tridactyla* y *Lagothrix lagotricha*), una en peligro EN (*P. brasiliensis*) y una con datos deficientes DD (*M. zamora*) (Tabla 2).

A pesar de no ser el objetivo central del presente trabajo, pero considerando su importancia cultural y en la subsistencia de las comunidades indígenas locales, se pudo establecer que, entre las 38 especies de mamíferos medianos y grandes registradas en la zona, 27 corresponden a fauna de consumo (Tabla 2) y fueron reportadas por la comunidad de Buenos Aires (Vaupés) como parte de su seguridad alimentaria. De las 27 especies de mamíferos de consumo reportadas por las comunidades, durante la expedición se comprobó de manera directa el consumo de especies apetecidas como la lapa (*C. paca*) y la danta (*T. terrestris*), mientras las otras 25 especies únicamente fueron referidas por las comunidades, pero sin contar con *voucher* de la presa.

## DISCUSIÓN

### Riqueza de especies y representatividad del inventario

Este inventario rápido registró cerca el 7% de las especies de mamíferos reportadas para Colombia, el 22% de las especies de mamíferos medianos y grandes del país (Ramírez-Chaves

et al. 2021ab) y alrededor de la mitad de la diversidad de mamíferos medianos y grandes presentes en la Amazonia (45%) y en la provincia biogeográfica de la Guayana amazónica (54%) (Morales-Martínez 2021). Respecto a los mamíferos reportados para el escudo Guayanés en Colombia (Trujillo et al. 2018), el presente trabajo registró el 72% de las especies de mamíferos medianos y grandes y aumentó de 24 a 38 el registro de especies del grupo para la unidad de paisaje Sierra de La Macarena-Serranía de La Lindosa-Serranía de Chiribiquete, posiblemente al desarrollar el inventario en sectores localizados más al suroccidente de la unidad de paisaje mencionada.

Este inventario registró la mayor riqueza de especies respecto a evaluaciones de diversidad en áreas cercanas a la cuenca media del río Apaporis; así como en otras zonas de la cuenca. Frente a las 38 especies aquí reportadas, en el sector de Puerto Abeja (Río Mesay), cercano a la cuenca media del Apaporis, tan solo se han registrado entre 7 y 13 especies (von Hildebrand 2020, Rodríguez-Mongui y Link-Ospina 2020); mientras en la parte alta de la cuenca (Río La Tunia) y en el sector del PNN Chiribiquete se registraron entre 17 y 19 especies de mamíferos medianos y grandes (Atuesta-Dimian y Ganeden 2019, Mantilla-Meluk et al. 2017); y en la parte baja de la cuenca (PNN Yaigojé- Apaporis) se reportan 21 especies de este grupo de mamíferos (UAESPNN 2009, Palacios et al. 2009). Esta mayor diversidad registrada en el presente trabajo puede relacionarse con el uso combinado de varios métodos de registro, incluyendo cámaras trampa, recorridos para avistamientos y búsqueda de rastros, así como las entrevistas a habitantes y cazadores de las comunidades locales.

Considerando exclusivamente las detecciones obtenidas por cámaras trampa, en la zona de estudio se registraron ocho especies de mamíferos medianos y grandes ajustándose a lo reportado en otros inventarios rápidos en la Amazonia donde la riqueza registrada oscila entre cinco y 13 especies (Morales-Martínez et al. 2021). Esta diversidad registrada se relaciona directamente con el esfuerzo de muestreo, ya que se ha estimado que el esfuerzo mínimo necesario para detectar las especies más comunes oscila entre 350 y 400 cámaras trampa activas por día, mientras que para el registro de especies raras y poco abundantes se requiere de un esfuerzo sustancialmente mayor con ejemplos de hasta 4.815 cámaras activas por día para registrar algunas especies en tan solo una fotografía (Tobler et al. 2008, Díaz-Pulido et al. 2017, Morales-Martínez et al. 2021). Por ejemplo, en la zona del Río Mesay (Rodríguez-Mongui y Link-Ospina 2020) con un esfuerzo de muestreo de 1.260 cámaras trampa-noche, muy superior a las 182 cámaras-noche del presente trabajo, tan solo se han registrado 13 especies y ninguna de ellas corresponde a especies raras o poco abundantes. Esto reafirma la necesidad de recurrir a una variedad de métodos complementarios que permitan registrar, por medio de inventarios rápidos, la mayor riqueza posible de especies para este grupo de fauna.



A



B



C



D



E



F



G



H

**Figura 4.** Algunas especies de mamíferos medianos y grandes registrados en el área de estudio. A. *Cyclopes ida*. B. *Aotus cf. vociferans*. C. *Lagothrix lagothricha* D. *Cuniculus paca*. E. *Tapirus terrestris*. F. *Mazama murelia*. G. *Saguinus inustus*. H. *Panthera onca*.

Murciélagos (Chiroptera) de dos localidades de la cuenca alta y media del río Apaporis, Guaviare y Vaupés, Colombia

A pesar de registrar altos valores de riqueza de especies de mamíferos medianos y grandes, con un porcentaje de riqueza registrada superior al 50% de especies reportadas en la región y valores de cobertura del muestreo cercanos al 90% de la riqueza estimada, aún quedan vacíos de información que es necesario llenar. Para ello es preciso intensificar la investigación; por un lado, con el incremento en el esfuerzo de muestreo con cámaras trampa que permita detectar especies raras; además de hacer recolección de tejidos e incluso especímenes voucher para colecciones científicas de algunas especies con grandes incertidumbres taxonómicas y de distribución en el país como los venados *Mazama* spp (Montenegro et al. 2019, Morales-Martínez 2021, Ramírez-Chaves et al. 2021b).

En cuanto a su composición la comunidad de mamíferos medianos y grandes en la cuenca media del Apaporis presentó gran coincidencia con la organización de este grupo de mastofauna reportada para el país, donde los órdenes Primates, Carnívora y Rodentia corresponden a los más representativos (Solarí et al. 2013, Ramírez-Chaves et al. 2016, 2021b). En general los primates, que corresponden al orden con mayor número de especies en la zona, presentan una alta riqueza específica en los bosques tropicales de tierras bajas, donde además de ser comunes, probablemente son los contribuyentes principales al mantenimiento de la alta diversidad vegetal de estos ecosistemas (Defler 2010). Estos tres órdenes cumplen un papel fundamental en el mantenimiento de la dinámica de los bosques tropicales, con los roedores y primates depredando y dispersando semillas mientras los carnívoros regulan poblaciones de otros consumidores primarios y secundarios (Terborgh et al. 1999, Rumíz 2010, Estes et al. 2011, Peres et al. 2016, Camargo-Sanabria y Mendoza 2018).

## Amenazas y conservación

La región del Apaporis, a pesar de las dificultades para el acceso derivadas de su geomorfología, ha sido afectada por varias bonanzas económicas que impactaron los recursos naturales del área. En la segunda mitad del siglo XX, la región fue el escenario de sucesivos auges de explotación comercial, basados en la caza de fauna silvestre para la obtención de pieles finas (1940–1974), en la producción de coca (1980), y desde finales de los ochenta hasta principios de los noventa en la explotación aurífera en la Serranía del Taraira (Rincón, 2009). Estas intervenciones han afectado no sólo el hábitat de las especies de fauna, también han impactado directamente en las poblaciones de los mamíferos medianos y grandes (Domínguez 1975, Payán y Trujillo 2006). Tanto los carnívoros como los primates se vieron fuertemente afectados durante la bonanza de las pieles conocida como las “tigrilladas”, cuando no solo se cazaron grandes cantidades de felinos sino también nutrias para la extracción de pieles finas y un gran número de primates que eran usados como carnada para la captura de los

tigres y tigrillos. De hecho, se ha estimado que de la región del Apaporis salieron entre 1972 y 1974 cerca de 60.000 pieles de estos animales, lo cual equivale a la depredación de cerca de un millón de animales, considerando los felinos y las otras especies utilizadas como cebo para su consecución (Dominguez 1975, Defler 1983, Payán y Trujillo 2006).

Conociendo este antecedente resulta muy relevante que en la zona se haya registrado una alta riqueza específica de primates y carnívoros, más aún cuando los bosques localizados sobre el escudo Guayanés corresponden a ecosistemas con baja productividad que redundan en bajas densidades poblacionales (Palacios et al. 2009). Sin embargo, a pesar de las bajas densidades esperadas, el grado de conservación de los ecosistemas presentes en el área juega un papel determinante en el establecimiento de grandes y medianos carnívoros terrestres y acuáticos como *P. onca*, *L. pardalis*, *P. brasiliensis* y *L. longicaudis*, cuya ocurrencia indica que en la zona existe una oferta de presas suficientes y constantes para el mantenimiento de poblaciones viables (Garrote et al. 2017, Payán et al. 2007).

La presencia de especies amenazadas como el cajucho *T. pecari*, el perro de agua *P. brasiliensis*, el ocarro *P. maximus*, la danta *T. terrestris*, el oso palmero *M. tridactyla* y el churuco *L. lagotricha*, indica que actualmente la cuenca media del río Apaporis corresponde a un área con baja presión antrópica pues las amenazas más importantes que recaen sobre ellas son debidas a su sensibilidad a cambios ambientales y conflictos con humanos (UICN 2021).

Adicional a la presencia en el área de especies amenazadas, es importante resaltar el papel que los mamíferos medianos y grandes juegan en la alimentación de las poblaciones locales, pues 27 de las 38 especies registradas corresponden a fauna de consumo, situación común para varias comunidades indígenas del Vaupés asentadas sobre el escudo Guayanés y adaptadas a utilizar una amplia gama de especies de fauna, aprovechando las condiciones propias de los bosques de la zona donde se presenta una alta diversidad de especies pero con bajas densidades poblacionales (Moran 1997, Osorno et al. 2014). De hecho, la importancia de los mamíferos medianos y grandes en la alimentación de las comunidades indígenas de la zona se evidencia en que aunque la pesca representa el mayor aporte proteico (65%) y la cacería solo equivale al 20% de su dieta, son los mamíferos medianos y grandes el grupo que aporta el mayor porcentaje de biomasa dentro de la fauna de cacería, llegando a representar en áreas cercanas a la cuenca media del río Apaporis, como la zona del río Tiquié, hasta el 83% del peso producto de cacería (Osorno et al. 2014, Atuesta-Dimian 2017).

El aprovechamiento de la fauna, cuando se realiza fuera de los límites de sostenibilidad, corresponde a uno de los principales motores de pérdida de biodiversidad (Bustamante et al. 2018); sin embargo, en la cuenca media del río Apaporis la extracción de fauna se realiza casi exclusivamente con fines de consumo pues el área se localiza muy lejos de los mercados donde se comercia la carne de fauna silvestre, como el municipio de Mitú

(Jaramillo-Hurtado 2020), por lo cual es posible que las comunidades locales mantengan la cacería dentro de niveles sostenibles.

De manera complementaria es importante tener en cuenta el papel que juegan las concepciones y normas culturales en la regulación del uso de la fauna, pues se considera que los manejos tradicionales propenden por el mantenimiento del recurso para las comunidades locales (Cruz-Antia 2014, Atuesta-Dimian et al. 2021). En este sentido, la cuenca media del río Apaporis presenta la ventaja de albergar comunidades indígenas Tukano Oriental que aún conservan sus tradiciones, incluyendo la concepción del dueño de los animales, los sitios sagrados y los lugares de origen y casa de los animales; lugares que se localizan en los alrededores del río Apaporis y el Chorro de la Libertad (ACAIFI y Fundación GAIA AMAZONAS 2014, Botero 2019).

En la cosmovisión Tukano Oriental los sitios sagrados y la casa de los animales se deben conservar ya que son los encargados de producir la fauna (Reichel-Dolmatoff 1997, Cabalzar 2002, Epps y Oliveira 2013). Esta práctica puede verse reflejada en los resultados de este trabajo, pues las abundancias relativas que se establecieron muestran que los paisajes de cerros podrían encontrarse en mejor estado de conservación albergando mayores poblaciones de mamíferos medianos y grandes, lo que puede relacionarse con un menor uso de estas formaciones por parte de las comunidades locales, tanto de su hábitat como de las especies que allí se encuentran. En consecuencia, estas poblaciones localizadas en los cerros podrían estar aportando individuos hacia las zonas bajas y por ende funcionando como poblaciones fuente, haciendo importantes estos paisajes para la conservación de la zona.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta expedición muestran la importancia de realizar muestreos en áreas poco exploradas, pues la cuenca media del río Apaporis corresponde a una de las áreas con mayor diversidad de mamíferos medianos y grandes registrada hasta ahora en la Amazonia, los cuales no solo son importantes para el mantenimiento de los ecosistemas naturales, sino que aportan a la seguridad alimentaria de las comunidades locales. Adicionalmente, los paisajes de cerros o tepuyes presentes en la zona se constituyen en sectores importantes para la conservación de las especies de mamíferos medianos y grandes, pues albergan una alta diversidad de especies y desde la concepción cultural se favorece su preservación.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es producto la Expedición Colombia-BIO Apaporis 2018, enmarcada en la iniciativa Colombia BIO, co-financiada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Quiero agradecer a todos los colegas participantes de la expedición quienes aportaron información de avistamientos de mamíferos y apoyaron

el trabajo de campo, particularmente a Efraín Henao con quien compartimos días de trabajo en el cerro La Campana. Especialmente quiero dar mis más sinceros agradecimientos a los coinvestigadores locales Armando Rojas, Benjamín Restrepo, Ramiro Sánchez y Fausto Martínez cuya participación jugó un papel fundamental en el éxito del muestreo. De igual forma, quiero agradecer a los evaluadores del presente manuscrito por sus valiosas sugerencias.

## REFERENCIAS

- ACAIFI (Asociaciones de Capitanes y Autoridades Tradicionales Indígenas del río Pirá Paraná), Fundación GAIA AMAZONAS. 2014. El territorio de los jaguares de Yuruparí -HEE YAIA GODO ~BAKARI. Vaupés, Colombia. ACAIFI, Fundación GAIA y Ministerio de Cultura de Colombia.
- Alberico M, V Rojas-Díaz. 2002. Mamíferos de Colombia. In Ceballos G, J Simonetti (eds.). Diversidad y conservación de mamíferos neotropicales. Ciudad de México, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Ecología. Universidad Autónoma de México. p.185-226
- Asociación Primatológica Colombiana-APC. 2020. Lista de Primates Colombianos de la Asociación Primatológica Colombiana. Actualizada a agosto 12 de 2020. Obtenido de: <https://www.asoprimatologicacolombiana.org>
- Atuesta-Dimian N. 2017. Factores que inciden en la sostenibilidad y vulnerabilidad del sistema de cacería de subsistencia en dos comunidades indígenas del sector guayanés de la Amazonia colombiana. Tesis de Maestría en Ciencias-Biología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá, D.C.
- Atuesta-Dimian N, J Ganeden. 2019. Mamíferos medianos y grandes de las cuencas altas de los ríos Tunia, Itilla y Yarí. In Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. Expediciones científicas en las nuevas áreas del PNN Serranía de Chiribiquete. Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia. p. 77-93.
- Atuesta-Dimian N, LF Jaramillo-Hurtado, MF Parra-Torres, M Osorno-Muñoz. 2021. La diversidad de fauna en la alimentación de los pueblos amazónicos en Colombia. Pp. 129-151. In Lasso CA, MA Morales-Betancourt (Eds.). La caza y pesca de subsistencia en el norte de Suramérica. Parte I: Colombia, Venezuela y Guyana. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Bonvicino CR, M Weksler. 2012. Speciation in Amazonia. Patterns and predictions of a network of hypotheses. In Patterson BD, LP Costa (Eds.). Bones, Clones and Biomes. The history and geography of recent Neotropical mammals. Chicago. The University of Chicago Press. p. 259-282.
- Botero R. 2019. El escudo Guayanés, territorio de guerras históricas y epicentro de biodiversidad. In Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. Expediciones científicas en las nuevas áreas



- del PNN Serranía de Chiribiquete. Bogotá, D.C. Colombia. Fundación para la Conservación y Desarrollo sostenible. p. 7-13
- Buckland ST, DR Anderson, KP Burnham, JL Laake, DL Borchers, L Thomas. 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Bustamante M, EH Helmer, S Schill, J Belnap, LK Brown, E Brugnoli, JE Compton, RH Coupe, M Hernández-Blanco, F Isbell, J Lockwood, JP Lozoya Ascárate, D McGuire, A Pauchard, R Pichs-Madruga, RR Rodrigues, GA Sanchez- Azofeifa, A Soutullo, A Suarez, E Troutt, L Thompson. 2018. Chapter 4: Direct and indirect drivers of change in biodiversity and nature's contributions to people. In IPBES (2018): The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas. Rice J, CS Seixas, ME Zaccagnini, M Bedoya-Gaitán, N Valderrama. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, pp. 295-435.
- Cabalzar, A. 2002. Etnias do rio Uaupés: Os Tukano e os Maku. Disponible en: <http://pib.socioambiental.org/pt/povo/tuyuka/1788>. Acceso: 05/07/2013.
- Camargo-Sanabria A, E Mendoza. 2018. Impactos ecológicos de la defaunación de mamíferos herbívoros tropicales. In Ramírez-Bautista A y R Pineda-López (Eds.). 2018. Ecología y Conservación de Fauna en Ambientes Antropizados. Querétaro. México. REFAMA-CONACyT-UAQ. p. 5-17
- Chao A, KH Ma, TC Hsieh. 2016. iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at [http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software\\_download/](http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/)
- Chao A, NJ Gotelli, TC Hsieh, EL Sander, KH Ma, RK Colwell, AM Ellison. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. Ecological Monographs, 84: 45-67.
- Chao A, L Jost. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. Ecology, 93: 2533-2547
- Cruz-Antia D. 2014. Transformaciones en el manejo indígena local de la fauna de cacería en la Estrella Fluvial Inírida. Pp. 250-274. In Trujillo F, JS Usma, CA Lasso (Eds.). Biodiversidad de la Estrella Fluvial Inírida. WWF Colombia, CDA, Fundación Omacha, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia. Bogotá, D. C., Colombia. 328 pp.
- Defler TR. 1983. Observaciones sobre los primates del bajo río Miriti-Parana, Amazonas, Colombia. Lozania (Acta Zoológica Colombiana) 46: 1-13.
- Defler TR. 1989a. Recorrido y uso del espacio en un grupo de *Lagothrix lagothricha* (Primates: Cebidae) mono lanudo churuco en la Amazonia colombiana.
- Defler TR. 1989b. The status and some ecology of primates in the Colombian Amazon. Primate Conservation 10: 51-55.
- Defler TR. 1991. Preliminary observations of *Cacajao melanocephalus* Humboldt, 1811 (Primates, Cebidae) in Colombia. Trianea 4: 557-558.
- Defler TR. 1994a. *Callicebus torquatus* is not a white-sand specialist. American journal of primatology 33: 149-154.
- Defler TR. 1994b. La conservación de primates en Colombia. Trianea 5: 255-287.
- Defler T. 1995. The time budget of a group of wild woolly monkeys (*Lagothrix lagothricha*). International Journal of Primatology 16(1): 107-120.
- Defler T. 1996. Aspects of the ranging pattern in a group of wild woolly monkeys (*Lagothrix lagothricha*). American Journal of Primatology 38: 289-302.
- Defler T. 1999a. Fission-fusion in the black-headed uacari (*Cacajao melanocephalus*) in eastern Colombia. Neotropical Primates 7(1): 5-8.
- Defler T. 1999b. Locomotion and posture in *Lagothrix lagothricha*. Folia Primatologica 70: 313-327.
- Defler TR. 2010. Historia natural de los primates colombianos. Actualización de la versión de Guía de campo 4, Primates de Colombia. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.
- Díaz-Pulido A, T Velásquez, A López, J Alfonso, H Mantilla-Meluk. 2017. Mamíferos. In Lasso CA, MA Morales (Eds.). III Fauna de Caño Cristales, Sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Bogotá, D. C., Colombia. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). p. 157-183.
- Díaz-Pulido A, E Payán-Garrido. 2012. Manual de Fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32pp.
- Domínguez CA. 1975. El río Apaporis: Visión Antropogeográfica. Revista Colombiana de Antropología 18: 127-182.
- Epps P, M Oliveira. 2013. The serpent, the Pleiades and the one-legged hunter: astronomical themes in the upper río Negro. In Epps P, K Stenzel (Eds.), Upper Rio Negro: cultural and linguistic interaction in Northwestern Amazonia. Rio de Janeiro. Museu Nacional, Museu do Índio-FUNAI. p 90-128.
- Estes JA, J Terborgh, JS Brashares, ME Power, J Berger, WJ Bond, SR Carpenter, TE Essington, RD Holt, JBC Jackson, RJ Marquis, L Oksanen, T Oksanen, RT Paine, EK Pikitch, WJ Ripple, SA Sandin, M Scheffer, TW Schoener, JB Shurin, ARE Sinclair, ME Soulé, R Virtanen, DA Wardle. 2011. Trophic Downgrading of Planet Earth. Science 333: 301-306. DOI: [10.1126/science.1205106](https://doi.org/10.1126/science.1205106)
- Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible-FCDS, Parques Nacionales Naturales de Colombia-PNN, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 2017. Caracterización biofísica y cultural. Caracterización biofísica. Cobertura vegetal, flora y fauna. Realizado con el apoyo financiero de Andes Amazon Fund, USAID y el Departamento del Interior de los Estados Unidos de América, en el marco del convenio de asociación 010 celebrado entre Parques Nacionales Naturales y la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. 163 p.

- García-Villacorta R, KG Dexter, T Pennington. 2016. Amazonian white sand forests show strong floristic links with surrounding oligotrophic habitats and the Guiana Shield. *Biotropica*, 48(1): 47–57.
- Garrote G, P Rodríguez-Castellanos, F Trujillo, F Mosquera-Guerra. 2017. Características de los ataques de jaguar (*Panthera onca*) sobre el ganado y evaluación económica de las pérdidas en fincas ganaderas de los Llanos Orientales (Vichada, Colombia). In Castaño-Urbe C, CA Lasso, R Hoogesteijn, E Payán-Garrido (Eds.). II. Conflicto entre felinos y humanos en América Latina. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Bogotá D.C., Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), p. 89-102.
- IGAC. 1997. Zonificación ambiental para el plan modelo colombiano-brasilero (Eje Apaporis-Tabatinga: PAT) Bogotá, D.C., Colombia. Instituto geográfico Agustín Codazzi.
- Jaramillo-Hurtado LF. 2020. Incidencia de la comercialización de carne de monte en la percepción de la disponibilidad de fauna y regulación cultural de la cacería en comunidades indígenas del nororiente de la Amazonia colombiana. Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C., Colombia. 99 pp.
- Mandujano S, LA Perez Solano, E López Tello. 2019. Cámaras-trampas para monitorear la fauna. In Mandujano S, LA Pérez-Solano. (Eds.). Fototrampeo en R: organización y análisis de datos. Volumen I. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Ver., México. p 27-49.
- Mantilla-Meluk H, F Mosquera-Guerra, F Trujillo, N Pérez, A Velásquez-Valencia, A Vargas Pérez. 2017. Mamíferos del sector norte del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. *Revista Colombia Amazónica* (10): 21 – 55.
- Mantilla-Meluk H, O Montenegro. 2016. Nueva especie *Lonchorhina* (Chiroptera: Phyllostomidae) de Chiribiquete, Guyana colombiana. *Revista Biodiversidad Neotropical*. Vol.6, Núm 2. 171-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.18636/bioneotropical.v6i2.576.g548>
- Marsden SJ, E Loqueh, JM Takuo, JA Hart, R Abani, DD Ahon, NND Annor-bah, R Johnson, S Valle. 2015. Using encounter rates as surrogates for density estimates makes monitoring of the heavily-traded Grey Parrots achievable across Africa. *Oryx* doi: [doi.org/10.1017/S0030605315000484](https://doi.org/10.1017/S0030605315000484)
- MADS–Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2017. Resolución Número 1912 del 15 de septiembre de 2017. “Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se toman otras determinaciones”.
- Montenegro OL. 2007. Mamíferos terrestres del sur de la Amazonia. In Ruiz SL, E Sánchez, E Tabares, A Prieto, JC Arias, R Gómez, D Castellanos, P García, L Rodríguez (eds). 2007. Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia colombiana–Diagnóstico. Bogotá–D. C., Colombia Corpoamazonia, Instituto Humboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN. p.134 –141.
- Montenegro OL, HF López-Arévalo, C Mora-Beltrán, DJ Lizcano, H Serrano, E Mesa, A Bonilla-Sánchez. 2019. Tropical Ungulates of Colombia. In Gallina-Tessaro S. (ed.) *Ecology and Conservation of Tropical Ungulates in Latin America* Cham, Suiza: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28868-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28868-6_9), p. 157-195
- Morales-Jiménez AL, F Sánchez, K Poveda, JV Rodríguez-Mahecha, A Cadena. 2004. Mamíferos terrestres y voladores de Colombia, guía de campo. Bogotá, Colombia, 248 pp.
- Morales-Martínez DM, N Atuesta-Dimian, D Martínez Medina, DR Gutiérrez Sanabria, ME Rodríguez Posada. 2021. Completeness of rapid assessments of medium and large mammal diversity in the northwestern Amazon in Colombia. *Acta Amazonica* 51(3):224-233
- Morales-Martínez DM. 2021. Mamíferos (Mammalia) de la Amazonia colombiana. 2021. *Revista de la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 45(175): 474-488. <https://doi.org/10.18257/raccefyfyn.1318>
- Morán EF. 1997. La ecología humana en los pueblos de la amazonia. Fondo de Cultura Económica. Madrid.
- Navarro JF y J Muñoz. 2000. Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia. Medellín, Colombia. 123 pp
- Osorno M, N Atuesta-Dimian, LF Jaramillo, SS Tunjano, A Barona, N Roncancio. 2014. La despensa del Tiquié: Diagnóstico y manejo comunitario de la fauna de consumo en la Guayana colombiana. Bogotá, D.C., Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 140 p.
- Palacios E. 2000. Density of the red howler monkey (*Alouatta seniculus*) in southeastern Colombia. *American Society of Primatologists Bulletin* 2(24): 7.
- Palacios E, A Rodríguez. 1995. Caracterización de la dieta y comportamiento alimentario de *Callicebus torquatus lugens*. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Palacios E, A Rodríguez. 1997. Patrones de producción y oferta de frutos en tres hábitats de bosque primario en la Amazonia colombiana. Reporte final Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología – Banco de la República. Bogotá, Colombia.
- Palacios E, A Rodríguez, TR Defler. 1997. Diet of a group of *Callicebus torquatus lugens* (Humboldt, 1812) during the annual resource bottleneck in Amazonian Colombia. *International Journal of Primatology* 18: 503-522.
- Palacios E, A Rodríguez. 2001 Ranging pattern and use of space in a group of red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in a southeastern Colombian rainforest. *American Journal of Primatology* 55(4): 233-251.
- Palacios E, A Rodríguez, C Castillo. 2004. Preliminary observations on the mottled faced tamarin (*Saguinus inustus*) on the lower rio Caqueta, Colombian Amazonia. *Neotropical Primates* 12(3): 123-126.
- Palacios E, A Rodríguez, G Alarcón-Nieto. 2009. Aspectos físicos y biológicos del bajo río Apaporis y la Estación Biológica Mosiro Itajura – Caparú. In Alarcón-Nieto G y E Palacios (Eds.). Estación Biológica Mosiro Itajura-Caparú: Biodiversidad en el territorio Yagóje-Apaporis. Bogotá, Colombia. Conservación Internacional Colombia. p. 29-40.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia–PNN. 2018. Propuesta de ampliación del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. Documento síntesis, abril de 2018. Parques Nacionales Naturales

- de Colombia (PNNC), WWF Colombia, WCS Colombia, Fundación Julio Mario Santo Domingo, Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (FCDS), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IDEAM, Instituto SINCHI y Ministerio del Interior.
- Payán E, LA Trujillo. 2006. The Tigrilladas in Colombia. *CatNews*, 44: 25-28.
- Payán E, MPQ Mesa, AM Franco. 2007. Los felinos como especies focales y de alto valor cultural. Serie especies colombianas 7. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Payán E, S Escudero-Páez. 2015. Densidad de jaguares (*Panthera onca*) y abundancia de grandes mamíferos terrestres en un área no protegida del Amazonas colombiano. In Payán E, CA Lasso, C Castaño (Eds.). Conservación de grandes vertebrados en áreas no protegidas de Colombia, Venezuela y Brasil. Bogotá, D.C., Colombia. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). p. 225-242
- Peres CA, T Emilio, J Schietti, SJM Desmoulière, T Levi. 2016. Dispersal limitation induces long-term biomass collapse in overhunted Amazonian forests. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 113:892–897.
- Ramírez-Chaves HE, AF Suárez-Castro, JF González-Maya. 2016. Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes / Notas Mastozoológicas Sociedad Colombiana de Mastozología*, 3 (1), 1-9.
- Ramírez-Chaves HE, AF Suárez Castro, DM Morales-Martínez, ME Rodríguez-Posada, D Zurc, DC Concha Osbahr, A Trujillo, EA Noguera Urbano, GE Pantoja Peña, JF González Maya, J Pérez Torres, H Mantilla Meluk, C López Castañeda, A Velásquez Valencia, D Zárrate Charry. 2021a. Mamíferos de Colombia. v1.12. Sociedad Colombiana de Mastozología. Dataset/Checklist. <https://doi.org/10.15472/kl1whs>
- Ramírez-Chaves HE, DM Morales-Martínez, ME Rodríguez-Posada, AF Suárez-Castro. 2021b. Checklist of the mammals (Mammalia) of Colombia: Taxonomic changes in a highly diverse country. *Mammalogy Notes* 2021, 7(2), mn0113. <https://doi.org/10.47603/mano.v7n2.253>
- Reichel-Dolmatoff G. 1997. Chamanes de la selva pluvial: Ensayos sobre los indios Tukano del Noroeste Amazónico. Themis Books, London.
- Rincón AS. 2009. Caracterización socio-económica y cultural del resguardo Yaigojé Apaporis, departamentos de Amazonas y Vaupés, Colombia. Fundación Gaia Amazonas. Documento inédito.
- Rodríguez-Mahecha JV, M Alberico, F Trujillo, J Jorgenson (Eds.). 2006. Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Conservación Internacional Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 429 pp.
- Rodríguez-Mongui Y, A Link-Ospina. 2020. Informe Parcial de investigación-Characterización de la comunidad de medianos y grandes mamíferos en el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. Universidad de los Andes y Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Rumiz, DI. 2010. Roles Ecológicos de los Mamíferos Medianos y Grandes. In RB Wallace, H Gómez, ZR Porcel, DI Rumiz (eds.) Distribución, Ecología y Conservación de los Mamíferos Medianos y Grandes de Bolivia. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. p. 53-70
- Solari S, Y Muñoz-Saba, JV Rodríguez-Mahecha, TR Defler, HE Ramírez-Chaves, F Trujillo. 2013. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozología Neotropical*, 20(2):301-365.
- Suárez-Castro AF, HE Ramírez-Chaves, EA Noguera-Urbano, J Velásquez-Tibatá, JF González-Maya, DJ Lizcano. 2021. Vacíos de información espacial sobre la riqueza de mamíferos terrestres continentales de Colombia. *Caldasia* 43(2):247–260. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n2.85443>
- Terborgh J. 1988. The big things that run the world—a sequel to E.O. Wilson. *Conservation biology* (2): 402-403
- Terborgh J, JA Estes, P Paquet, K Ralls, D Boyd-Heger, BJ Miller, RF Noss. 1999. The role of top carnivore in regulating terrestrial ecosystems. In Soulé M y J Terborgh (eds.) *Continental conservation*. The Island Press. EUA. P. 39-64
- Tobler MW, SE Carrillo-Percastegui, R Leite Pitman, R Mares, G Powell. 2008. An Evaluation of Camera Traps for Inventorying Large- and Medium-Sized Terrestrial Rainforest Mammals. *Animal Conservation* 11 (3): 169–78. doi: [10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x).
- Trujillo F, F Mosquera-Guerra, A Diaz-Pulido, JD Carvajal-Castro, H Mantilla-Meluk. 2018. Mamíferos de la Guayana colombiana. In Lasso CA y JC Señaris (Eds.), Volumen VI. Fauna Silvestre del Escudo Guayanés (Colombia-Venezuela). Bogotá, D. C., Colombia. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. p. 345-379.
- UAESPNN. 2009. Propuesta de Declaratoria PARQUE NACIONAL NATURAL YAIGOJE-APAPORIS: Síntesis para su Justificación. Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Ampliación y Declaratoria de Nuevas Áreas Protegidas. Bogotá, Colombia.
- UICN 2021. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2*. <https://www.iucnredlist.org>.
- von Hildebrand P, E Molina, D Cárdenas, G Mejía, A Meneses, G Fagua, A Urbano. 2020. Inventario de flora, avifauna, mamíferos, mariposas y peces realizado en el sector de Puerto Abeja y durante la expedición científica en la ventana Mesay en el sector sur del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. v1.0. Fundación Puerto Rastrojo, Amazon Conservation Team (ACT Colombia) Dataset/Occurrence. [https://ipt.biodiversidad.co/sib/resource?r=fpr\\_sch\\_ventana\\_masayyv=1.0](https://ipt.biodiversidad.co/sib/resource?r=fpr_sch_ventana_masayyv=1.0) <https://doi.org/10.15472/1utybp>
- Zapata-Ríos G, J Palacios, E Araguillín, F Anaguano, R Cueva. 2015. Huellas y rastros de mamíferos del Ecuador. Guía de campo. Wildlife Conservation Society Ecuador, Gordon and Betty Moore Foundation.



Hormiguero. *Cyclopes didactylus*. Foto: Jorge Contreras







*Pescador de la comunidad de Buenos Aires, Vaupés. Foto: Astrid Acosta Santos*





# Listado comentado de la ictiofauna de los ríos Apaporis y Cananarí, resultados de la Expedición Colombia Bio – Apaporis, Vaupés

Astrid Acosta-Santos<sup>1\*</sup>, Juan David Bogotá-Gregory<sup>1a</sup> & Edwin Agudelo Córdoba<sup>1b</sup>

## Resumen

Entre febrero y marzo de 2018 se realizó la Expedición Colombia Bio, Apaporis 2018, en el departamento del Vaupés, en la cual se tomaron muestras de peces en 13 estaciones. Se recolectaron 1.839 peces, agrupados en 225 lotes los cuales pertenecen a siete órdenes, 29 familias y 91 especies, las cuales cuentan con registros biológicos en la Colección Ictiológica de la Amazonia Colombiana CIACOL, del Instituto Sinchi. A partir del material revisado se listan como nuevos reportes de distribución para la Amazonia colombiana un género y ocho especies. Considerando los resultados presentados se reconocen un total de 178 especies para el río Apaporis y tres especies aún no descritas para la ciencia. Se registraron tres especies migratorias, no se recolectaron especies incluidas en el libro rojo de peces dulceacuícolas en alguna categoría de amenaza, como tampoco especies endémicas.

**Palabras clave:** Amazonia, Biodiversidad, CIACOL, peces dulceacuícolas, río Apaporis.

## Abstract

Between February and March 2018, the Colombia Bio Expedition Apaporis 2018, was carried out in the department of Vaupés, in which fish samples were taken at 13 sites. A total of 1,839 fish were collected, grouped into 225 lots which belong to 7 orders, 29 families and 91 species, which have duly curated vouchers in the Ichthyological Collection of the Colombian Amazon CIACOL, of the Sinchi Institute. Based on the revised material, a total of 8 species are listed as new distribution for the Colombian Amazon, including the genus *Potamoglanis* (Trichomycteridae). Considering these results a total of 178 species are recognized for the Apaporis river basin, three species not yet described by science. No species included in any threat category were recorded, nor were endemic species, and three migratory species were recorded.

**Keywords:** Amazonia, Biodiversity, CIACOL, freshwater fishes, Apaporis River.

<sup>1\*</sup> Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Grupo de Ecosistemas Acuáticos, aacosta@sinchi.org.co

<sup>1a</sup> Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Grupo de Ecosistemas Acuáticos, juandbogota@gmail.com

<sup>1b</sup> Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Líder del Grupo de Ecosistemas Acuáticos, eagudelo@sinchi.org.co

## INTRODUCCIÓN

Según la zonificación hídrica del IDEAM (2013) Colombia posee cinco áreas hidrográficas, conformadas por 40 zonas hidrográficas y estas, a su vez, conformadas por 311 subzonas hidrográficas. Considerando la cifra más actualizada de peces de agua dulce, Colombia es el segundo más biodiverso del mundo en este grupo taxonómico (Maldonado-Ocampo et al., 2020), en razón a la presencia de 1.572 especies, lo cual está estrechamente relacionada con la oferta de agua dulce del país (Maldonado-Ocampo, 2006).

Determinar la biodiversidad de la ictiofauna en las diferentes zonas y subzonas hidrográficas ha sido una tarea compleja, pues adicionalmente a las dificultades que ofrece la intrincada geografía colombiana, el acceso a varias áreas remotas ha estado ligado a la situación de orden público que por décadas ha estado restringido. Sin embargo, en los últimos diez años se han adelantado inventarios en los ríos Putumayo, Caquetá, Guainía y Vaupés para la Amazonia (Bogotá-gregory et al., 2020; Juan D Bogotá-Gregory et al., 2022; de Souza et al., 2019; Faustino-Fuster et al., 2021; Peña & Alonso, 2015; Urbano-Bonilla, de Souza, et al., 2018; Usma et al., 2011). Para la Orinoquia, se han adelantado estudios en el piedemonte del departamento del Meta y Guaviare y en las tierras bajas de esta región, se han llevado a cabo en los sistemas del río Bitá y el Inírida. Para la cuenca del Magdalena, en los sectores alto y medio de este sistema (DoNascimento et al., 2017) Orinoco: 663, Caribbean: 223, Magdalena-Cauca: 220, Pacific: 130; and 3. Number of endemic species: 374 (76% from the trans-Andean region).

Específicamente el área hidrográfica del Amazonas alberga el 48% de las especies reportadas para el país (754; DoNascimento et al., 2018), destacando por su caudal y número de especies los ríos Amazonas (510 especies), Caquetá (356), Putumayo (234), Apaporis (128), Vaupés (124) y Guainía-Negro (22 IGAC, 1999; Bogotá-Gregory & Maldonado-Ocampo, 2006). Sin embargo, estas cifras son resultado de la oportunidad de realizar muestreos en cada una de ellas, más que conocer la biodiversidad real.

En este contexto, una de las zonas hidrográficas menos estudiadas corresponde al río Apaporis, el cual es considerado el tributario de aguas negras más importante del río Caquetá (IGAC, 1999), pues aporta cerca de un tercio de su caudal. El primer intento por dilucidar las especies presentes en el Apaporis fue publicada por Mojica-C, (1999) en la lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia, reportando la presencia de cinco especies. Posteriormente, Correa (2003) realizó una exploración en el lago Taraira, localizado en el sector bajo de la subcuenca, identificando un total de 121 especies de las cuales el 56% pertenecen al orden Characiformes.

En el último listado de peces de la Amazonia colombiana, Bogotá-Gregory & Maldonado-Ocampo (2006) presentaron un total de 128 especies. Más recientemente, se publicó la lista preliminar de los peces de la serranía del Chiribiquete, producto

de expediciones realizadas principalmente en la red de drenaje del río Apaporis, reportando un total de 60 especies para los ríos Vaupés, Apaporis y Caquetá (Mojica et al., 2017).

Los resultados del presente documento constituyen un aporte valioso al conocimiento de la ictiofauna del Apaporis, a partir de la ampliación de distribuciones geográficas de especies a las diferentes subzonas y área hidrográfica visitada, producto de recolectas realizadas en el marco del proyecto “Expedición Colombia BIO, Apaporis 2018”, ejecutado entre el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

## MÉTODOS

### Área de estudio

De acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1999) el río Apaporis tiene un área de drenaje que alcanza los 49.236 km<sup>2</sup>, nace de la confluencia de los ríos Tunia o Macaya y Ajajú, en inmediaciones de la población de San Vicente del Caguán en el departamento del Caquetá, en un área levemente accidentada lo que hace que su cauce sea poco sinuoso. En sus 1.020 kilómetros de longitud recorre el territorio colombiano en dirección Noroeste-Sureste conectando los departamentos de Guaviare, Caquetá, Vaupés y Amazonas, en donde presenta varias caídas de agua conocidas localmente como cachiveras, sobre todo en su parte baja, siendo en un contexto cultural, la más importante la del Jirijirimo en el departamento del Vaupés (Domínguez, 1975).

Sus mayores tributarios son el río Cananarí, que con una extensión de 200 kilómetros confluye en las aguas del Apaporis a la altura de la comunidad de Buenos Aires de Lérida en el municipio de Pacoa (Vaupés) y el río Pirá Paraná, con 250 km y un área de drenaje de aproximadamente 5.900 km<sup>2</sup>. Previo a alcanzar su desembocadura al río Caquetá, cerca del límite fronterizo entre Brasil y Colombia recibe a su último tributario, el río Taraira (Domínguez, 1975).

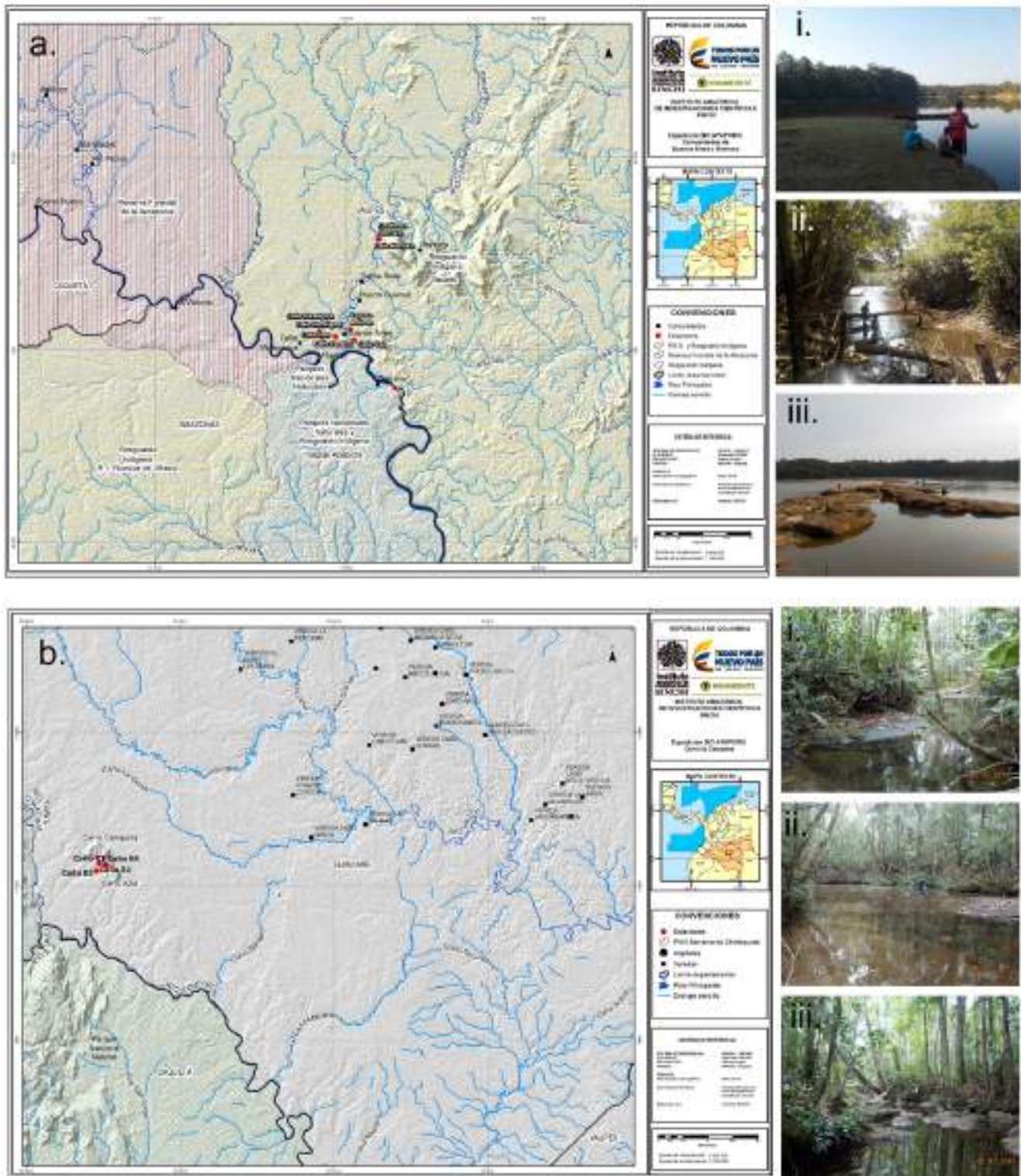
La región presenta un régimen fluvial monomodal, donde el periodo hidrológico de aguas altas ocurre entre abril y agosto y las aguas bajas entre agosto y febrero (IGAC, 1999). Esta región hace parte del Escudo de las Guayanas el cual presenta un basamento del precámbrico, que hace parte de las regiones de la Orinoquia y la Amazonia, ocupando casi un 16% del territorio nacional entre los departamentos del Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Meta y Vaupés, con una gran variedad de ecosistemas dulceacuícolas que albergan una amplia biodiversidad (Lasso & Señaris, 2018).

### Fase de campo

La caracterización biológica estuvo dividida en dos etapas, la primera de ellas se llevó a cabo en ecosistemas acuáticos en inmediaciones de las comunidades de Buenos Aires y Morroco

y en el canal principal del río Apaporis, aguas abajo del chorro del Jirijirimo (Figura 1; Tabla 1). La segunda de ellas se desarrolló en el Cerro de la Campana o Cerro Azul, el cual se encuentra bordeando los límites de los departamentos de Guaviare y

Vaupés por el norte, y el Caquetá y Amazonas por el sur (Figura 1; Tabla 1). Según la zonificación del IDEAM (2013), los muestreos se realizaron en caños y lagunas de las subzonas hidrográficas del alto y bajo Apaporis, bajo Vaupés y río Cananarí.



**Figura 1:** Estaciones de muestreo visitadas. a. Primera etapa: Pacoa, Vaupés, subzonas hidrográficas del alto y bajo Apaporis, río Cananarí y bajo Vaupés. i. Laguna Achiote, ii. Bocana caño Hormiga, iii. Caño Morroco b. Segunda etapa: Miraflores, Guaviare, Alto río Apaporis. i. Caño E1, ii. Caño E2, iii. Caño E3.



**Tabla 1:** Localización de las estaciones de muestreo. Las subzonas hidrográficas fueron adjudicadas de acuerdo con el (IDEAM, 2013).

Localidad	Estación	Latitud	Longitud	Tipo de aguas	Subzona hidrográfica
Comunidad de Buenos Aires	Laguna Achote	00°01'36,7" N	70°59'40,9" W	Negras	Río Cananarí
	Caño Hormiga (alta)	00°02'8,26" N	71°01'29,11" W	Negras	Alto río Apaporis
	Caño Hormiga (bocana)	00°01'28,12"N	71°02'6,40" W	Negras	Alto río Apaporis
	Caño Sardina	01°01'1,01"N	71°01'48,04" W	Negras	Río Cananarí
	Caño Loro	00°01'02,2" N	71°00'50,3" W	Negras	Río Cananarí
	Caño Uva	00°00'46,4" N	70°59'24,2" W	Claros	Río Cananarí
Comunidad de Morroco	400 m aguas abajo del raudal del Jirijirimo	00°02'57,54" S	70°56'6,8" W	Negras	Bajo río Apaporis
	Caño Morroco	00°08'38,9" N	70°57'25,3" W	Negras	Río Cananarí
	Cachivera Morroco	00°08'37,4" N	70°57'30,8" W	Negras	Río Cananarí
Cerro la Campana o Cerro Azul	Caño E1	01°17'07,4"N	72°37'20,4"W	Claros	Alto río Apaporis
	Caño E2	01°17'15,18"N	72°37'53,8"W	Claros	Alto río Apaporis
	Caño E3	01°16'30,9"N	72°38'09,2"W	Claros	Alto río Apaporis
	Caño E4	01°17'05,0"N	72°37'06,7"W	Claros	Alto río Apaporis

Entre las estaciones establecidas en el área de influencia de la comunidad de Buenos Aires, primaron los ecosistemas de aguas negras (laguna Achote, caño Hormiga alto y bocana, caño Sardina, Loro, y 400 m aguas abajo del raudal del Jirijirimo), mientras que el caño Uva es de aguas transparentes. En términos generales, los caños se encontraron inmersos en matrices con vegetación (cobertura entre el 70 y el 100%) en buen estado de conservación, siendo estos ambientes dependientes de elementos alóctonos provenientes del bosque ribereño. El sustrato estuvo compuesto principalmente por arcilla, limo, arena y materia orgánica (troncos, ramas y hojarasca). Los principales microambientes observados fueron playas, vegetación sumergida, palizadas y remansos. Las subzonas hidrográficas a las que corresponden cada una de las estaciones se presentan en la tabla 1.

La laguna Achote es un cuerpo de agua permanente formada por el río Cananarí, es el principal sitio de pesca de los pobladores de la comunidad de buenos aires, al momento del muestreo no se observó vegetación acuática, los bordes presentan vegetación riparia y los microambientes observados fueron playas, vegetación sumergida y palizadas. La cachivera Morroco es una caída de agua inferior a 150 cm, también lleva las aguas del río Cananarí, el sustrato es mayormente rocoso, dentro de los microambientes observados y muestreados estaban remansos en las riberas, pocetas y rápidos.

Por su parte, los cuatro ambientes acuáticos visitados en la segunda etapa de muestreo están localizados en el cerro la Campana, el cual hace parte de los Tepuyes presentes en el municipio de Miraflores, Guaviare. Estos ecosistemas se clasifican como de aguas claras, con menor cobertura vegetal (40–70%). El sustrato estuvo compuesto principalmente por rocas, arena, limo y como componentes orgánicos se destacaron los troncos, ramas y hojarasca. Estos caños presentan pozas; los márgenes fueron encajonados con corrientes bajas. Estas estaciones corresponden a la subzona hidrográfica del alto río Apaporis (IDEAM, 2013).

En total se muestrearon 13 sitios con ambientes heterogéneos, condición que permitió el uso combinado de varios artes de pesca como redes agalleras de 2", 3" y 3 ½", anzuelos, red de arrastre (3.5 x 1.2m) y jama manual (60 x 45 cm). Los muestreos abarcaron jornadas de pesca, diurnas y nocturnas, los ejemplares capturados fueron fijados en una solución de formol al 10% de concentración, rotulados, embalados y transportados a las instalaciones del Instituto Sinchi en la ciudad de Leticia para su procesamiento.

### Fase de laboratorio

Las determinaciones taxonómicas se realizaron siguiendo los trabajos más recientes para cada uno de los grupos encontrados y se realizaron hasta el nivel más preciso posible. Los individuos fueron preservados en una solución de etanol al 75% de concentración, catalogados, etiquetados y depositados en la Colección Ictiológica de la Amazonia Colombiana CIACOL.

El listado taxonómico siguió la clasificación propuesta por Fricke et al. (2021) en el Catálogo de Peces de California-CAS. Las ampliaciones de distribución para la zona hidrográfica del río Apaporis fueron consultadas en Bogotá-Gregory & Maldonado-Ocampo, (2006); Correa, (2003). Por su parte, las ampliaciones para el área hidrográfica de la Amazonia, se consultaron en DoNascimento et al., (2018). En el enlace del Sistema de Información de Biodiversidad SIB [https://ipt.biodiversidad.co/sinchi/resource?r=colombiabio\\_apaporis\\_peces](https://ipt.biodiversidad.co/sinchi/resource?r=colombiabio_apaporis_peces) se puede consultar este recurso, que describe las especies identificadas en el estudio.

Este trabajo cita ejemplares depositados en las siguientes colecciones biológicas:

**AFY:** Agustín Fernández-Yépez Collection.

**ANSP:** Academy of Natural Sciences of Drexel University.

**BMNH:** Natural History Museum, London.

**CAS/CAS-SU:** California Academy of Sciences.

**CIACOL:** Colección Ictiológica de la Amazonia Colombiana.

**CM:** Carnegie Museum of Natural History.

**FMNH:** Division of Fishes, Department of Zoology, Field Museum of Natural History.

**IU:** Indiana University.

**MBUCV:** Museo de Biología, Universidad Central de Venezuela, Instituto de Zoología Tropical.

**MCZ:** Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Ichthyology Department, Cambridge.

**MCNG:** Museo de Ciencias Naturales de la UNELLEZ, Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología.

**MUSM:** Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

**MZUSP:** Universidade de São Paulo, Museu de Zoologia.

**NMW:** Naturhistorisches Museum, 1. Zoologische Abteilung,

**NRM:** Naturhistoriska Riksmuseet, Department of Vertebrate Zoology, Ichthyology Section.

**UF:** University of Florida, Florida Museum of Natural History.

**USMN:** Smithsonian Institution National Museum of Natural History, Department of Vertebrate Zoology, Division of Fishes.

**ZMA:** Originally: Universiteit van Amsterdam, Faculty of Science, Zoologisch Museum.

## RESULTADOS

Se recolectaron 1.839 ejemplares, los cuales fueron agrupados en 225 lotes. Se identificaron cinco órdenes, 29 familias y 91 especies que cuentan con registro biológico en la CIACOL. Adicionalmente, se fotografiaron cinco especies que fueron empleadas en el consumo local, por tanto, no cuentan con váucher en la colección. (Anexo 1). Entre las subzonas hidrográficas muestreadas, el río Cananarí aportó 80 especies, seguido por el alto río Apaporis con 35, mientras que los sectores bajos de los ríos Apaporis y Vaupés aportaron siete y una, respectivamente.

El grupo de los Characiformes presentó la mayor diversidad taxonómica con 48 especies (52,7%), seguido por Siluriformes, Gymnotiformes y Blenniiformes con el 23,1% y 14,3% y 8,8% respectivamente. Por su parte, el orden Synbranchiformes aportó una especie al inventario realizado (Tabla 2).

En términos de familias, la más diversa fue Characidae con 20 especies, seguida por Serrasalminidae, Cichlidae y Heptapteridae, con seis especies cada una, Crenuchidae con cinco e Hypopomidae y Loricariidae con cuatro (Tabla 3). En cuanto a las abundancias de las especies, *Hemigrammus analis* fue la más

**Tabla 2:** Número de familias, especies y ejemplares para cada uno de los órdenes registrados.

Órdenes	Familias		Especies		Ejemplares	
	No.	%	No.	%	No.	%
Characiformes	11	37,9	48	52,7	1192	64,8
Gymnotiformes	5	17,2	13	14,3	67	3,6
Siluriformes	9	31	21	23,1	67	3,6
Synbranchiformes	1	3,4	1	1,1	6	0,3
Blenniiformes	3	10,3	8	8,8	507	27,6
Totales	29	100	91	100	1839	100

**Tabla 3:** Número de especies y ejemplares para cada una de las familias identificadas.

Familia	Especies		Ejemplares		Familia	Especies		Ejemplares	
	No.	%	No.	%		No.	%	No.	%
Characidae	20	22	615	33,4	Gymnotidae	2	2,2	11	0,6
Cichlidae	6	6,6	328	17,8	Iguanodectidae	2	2,2	78	4,2
Heptapteridae	6	6,6	23	1,3	Trichomycteridae	2	2,2	5	0,3
Serrasalminidae	6	6,6	14	0,8	Acestrorhynchidae	1	1,1	2	0,1
Crenuchidae	5	5,5	261	14,2	Apterontidae	1	1,1	2	0,1
Hypopomidae	4	4,4	6	0,3	Belonidae	1	1,1	4	0,2
Loricariidae	4	4,4	12	0,7	Callichthyidae	1	1,1	1	0,1
Anostomidae	3	3,3	3	0,2	Cetopsidae	1	1,1	5	0,3
Curimatidae	3	3,3	24	1,3	Gasteropelecidae	1	1,1	23	1,3
Doradidae	3	3,3	14	0,8	Hemiodontidae	1	1,1	1	0,1
Erythrinidae	3	3,3	31	1,7	Pimelodidae	1	1,1	1	0,1
Lebiasinidae	3	3,3	140	7,6	Pseudopimelodidae	1	1,1	1	0,1
Rhamphichthyidae	3	3,3	39	2,1	Rivulidae	1	1,1	175	9,5
Sternopygidae	3	3,3	9	0,5	Synbranchidae	1	1,1	6	0,3
Auchenipteridae	2	2,2	5	0,3	Totales	91	100	1839	100

común con 364 ejemplares (19%), seguida por *Apistogramma hongloi* (16%), *Poecilocharax weitzmani* (11%), *Anablepsoides elongatus* (9%) y *Copella eigenmanni* (6%). Estas cinco especies aportaron el 61% de los individuos colectados; mientras que el 30% de las especies restantes estuvieron representadas por un solo ejemplar. Adicionalmente, no se registraron especies catalogadas como endémicas o incluidas dentro de alguna categoría de amenaza.

De las 91 especies identificadas, 50 de ellas (55%) no se habían colectado para la subzona hidrográfica del Apaporis (Anexo 1) y ocho (14%) no contaban con registro en la Amazonia colombiana, las cuales se comentan a continuación.

## Orden Characiformes

**Familia** Crenuchidae

**Subfamilia** Characidiinae

**Género** *Ammocryptocharax* Weitzman & Kanazawa 1976

*Ammocryptocharax elegans* Weitzman & Kanazawa, 1976 (Figura 2a, CIACOL 3147)

**Nuevo registro para la Amazonia colombiana:** Se colectó un ejemplar en el caño Morroco, en inmediaciones de la comunidad de Morroco, afluente del río Cananarí (N 0° 8' 38,9" O 70° 57' 25,3").

**Localidad tipo:** Caño Muco, aproximadamente a 15 kilómetros al oeste de Puerto Gaitán, cuenca del río Vichada, Meta, Colombia. Holotipo: USNM 210692

**Registros previos:** Cuenca del río Orinoco en Venezuela: Río Sipapo, 67°43'W 4°51'N. 6 km aguas arriba de Pendare, Territorio Federal del Amazonas (ANSP 159411); El Pozo de Lucas, San Fernando de Atabapo, Territorio Federal del Amazonas (MBUCV V-7126); Balneario Río Azul, 28 km N de Puerto Ayacucho en la vía Puerto Ayacucho Caicara del Orinoco, Territorio Federal del Amazonas (MBUCV V-12545); 'cano' en frente de 'La Gran Parada Los Garzones', 67°1'W 6°14'SN, aproximadamente 34 km SE desde el cruce de vías a Puerto Ayacucho, Estado Bolívar (UF 47537); Cafío Agua Mena, aproximadamente 67°16'W 6°14'SN, 20 km SE desde el cruce de vías de Puerto Ayacucho, Estado Bolívar (MCNG 17765); Caño Garrapata en el puente en la vía Puerto Ayacucho – Caicara del Orinoco, Estado Bolívar (UF 47576); Sector alto del Río Nichare, Estado Bolívar (MCNG 20863) (Buckup, 1993) *Microcharacidium* e *Odontocharacidium*. (DoNascimento et al. 2017). FMNC: 105943, 140202, 80402, 80419, 80420, 93047; USNM: 210691, 210692, 214364, 216555, 270148, 270204, 270205, 270206, 270207, 70208 (Fricke et al., 2022)

**Distribución:** Río Amazonas y el sector alto de la Cuenca del río Orinoco, en Bolivia, Brasil, Colombia y Venezuela (Fricke et al., 2022)

**Diagnóstico:** Esta especie se reconoce por la presencia de puntos negros en los primeros radios de las aletas pectorales, pélvicas, dorsal y anal. Línea media del cuerpo con una franja café

oscura, conspicua, los costados con seis barras oblicuas que se extienden hasta el vientre (Buckup, 1993) *Microcharacidium* e *Odontocharacidium*.

**Familia** Lebiasinidae

**Subfamilia** Pyrrhulininae

**Género** *Pyrrhulina* Valenciennes en Cuvier & Valenciennes 1847:535

*Pyrrhulina lugubris* Eigenmann, 1922 (Figura 2b, CIACOL 3312).

**Nuevo registro para la Amazonia colombiana:** Se colectaron 33 ejemplares, 32 de ellos procedentes de la subzona hidrográfica del alto río Apaporis: CIACOL:3341, diez ejemplares, Caño N.N. estación 1, Cerro Campana, Miraflores, Guaviare; 01° 17' 07,4"N, 72°37' 20,4"W. CIACOL:3313, 12 ejemplares, Caño N.N. Estación 2, Cerro Campana, Miraflores, Guaviare; 01° 17' 15,18"N, 72° 37' 53,8"W. CIACOL:3312, 10 ejemplares, Caño N.N. Estación 3, Cerro Campana, Miraflores, Guaviare (01° 16' 30,9" N, 72° 38' 09,2"W). Un ejemplar en la subzona hidrográfica del bajo Apaporis, 400 metros aguas abajo del raudal del Jirijirimo, Pacoa, Vaupés 00°02'57,54" S, 70°56'6,8" W.

**Localidad tipo:** Barrigón, Colombia. Holotipo: CAS 78888 [ex IU 15041a]. Paratipos: CAS 78888 [ex IU 15041] (12 a 13). Material original adicional CAS 78889 [IU 15042] (2), CM 3868 (2), CAS 71033 [ex IU 13791] (4). También aparece al mismo tiempo en Eigenmann 1922:164.

**Registros previos:** Cuenca del río Orinoco (DoNascimento et al. 2018). Urbano-Bonilla et al 2018:86, Vieira & Netto-Ferrerira 2019:7.

**Distribución:** Cuenca del río Meta y los llanos venezolanos, se encuentra en Colombia y Venezuela (Fricke et al., 2022)

**Diagnóstico:** Aleta adiposa ausente, franja lateral corta, se extiende desde la punta del hocico hasta aproximadamente seis a siete escamas por detrás del opérculo, membranas branquiales solamente unidas anteriormente (Taphorn, 2003).



**Figura 2:** a. *Ammocryptocharax elegans* (Crenuchidae). B. *Pyrrhulina lugubris* (Lebiasinidae).

## Orden Gymnotiformes

**Familia** Apterontidae

**Subfamilia** Apterontinae

**Género** *Apterontus* La Cepède 1800: 208

***Apterontus apurensis*** Fernández-Yépez, 1968 (Figura 3a. CIACOL 3291).

**Nuevo registro para la Amazonia colombiana:** Se colectaron dos ejemplares en la cachivera Morroco en inmediaciones de la comunidad de Morroco, Pacoa (00°08'37,4" N; 70°57'30,8" W).

**Localidad tipo:** Río Bucaral, Paso Mirabal, sistema del río Apure, cuenca del río Orinoco, Venezuela. Holotipo: MBUCV-V-10840 [ex AFY 51253].

**Registros previos:** Cuenca del río Orinoco (DoNascimento et al. 2018), Ferraris et al. 2014; Barriga Salazar, 2014 Triques 2011; Triques 2007; cuenca del río Apure en Venezuela (Albert en Reis et al. 2003),

**Distribución:** Se reporta en Colombia, Ecuador y Venezuela (Fricke et al., 2022)

**Diagnosis:** Línea media dorsal del cuerpo flanqueada por escamas en serie, una a cada lado, sobre la línea media se encuentran más profundamente debajo de la piel, con una mancha color crema en la base de la aleta caudal, porción distal de la caudal, hialina (Triques, 2005).

**Familia** Hypopomidae

**Género** *Brachyhypopomus* Mago-Leccia, 1994:74

***Brachyhypopomus sullivani*** Crampton, de Santana, Waddell & Lovejoy 2017:767 (Figura 3b. CIACOL 3296).

**Nuevo registro para la Amazonia colombiana:** Se colectó un ejemplar en caño Uva, inmediaciones de la comunidad de Buenos Aires, Pacoa, Vaupés (N 00°00'46,4", W 70°59'24,2").

**Localidad tipo:** Caño cerca de Jenaro Herrera, afluente del río Ucayali, municipalidad de Requena, drenaje del Amazonas, Loreto, Perú, 04°54'39"S, 73°39'29"W. Holotipo: MUSM 39624. Paratipos: MUSM, MZUSP, UF, USNM.

**Registros previos:** Cuenca del río Orinoco (DoNascimento et al. 2017). Ochoa et al. 2020:64, Dutra et al. 2021:12

**Distribución:** América del Sur, en las cuencas de los ríos Amazonas, Orinoco y Esequibo, en los países de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Venezuela (Fricke et al., 2022). Ampliamente distribuido a lo largo de la cuenca amazónica incluyendo múltiples sitios en los sectores alto, medio y bajo del Amazonas, Negro, Purús, alto y bajo Madeiras y Tapajós. También es conocido en algunos drenajes costeros del estado de Pará, cerca de la boca del río Tocantins. Recolectado en algunos sectores de la cuenca de los ríos Orinoco y Esequibo (Crampton et al., 2016).

**Diagnosis:** Escamas presentes en la región media dorsal; órgano eléctrico accesorio sobre la región opercular, ausente; profundidad de la cabeza a la altura del ojo 38,5%-47,6% de la longitud de la cabeza; manchas negras conspicuas esparcidas

en los flancos, filamento caudal más oscuro que el cuerpo, con algunas marcas oscuras irregulares; aleta anal con 167 radios (Crampton et al., 2016).



**Figura 3:** a. *Apterontus apurensis* (Apterontidae).  
b. *Brachyhypopomus sullivani* (Hypopomidae).

## Orden Siluriformes

**Familia** Trichomycteridae

**Subfamilia** Tridentinae

**Género** *Potamoglanis* Henschel, Mattos, Katz & Costa 2018

***Potamoglanis hasemani*** (Eigenmann 1914). (Figura 4a, CIACOL 3218)

**Nuevo registro para la Amazonia colombiana:** Se colectaron cuatro ejemplares en el caño Sardina, inmediaciones de la comunidad de Buenos Aires, Pacoa, Vaupés (N 01°01'1,01", W 71°01'48,04").

**Localidad tipo:** Santarém, estado de Pará, Brasil. Holotipo: FMNH 56425 [ex IU 13334, CM 5239], FMNH 56425. Paratipos: (numerosos CM y IU) CAS 64584 [ex IU 13334, CM 5239] (36), FMNH 56425 (312).

**Registros previos:** *Trichomycterus hasemani* Burgess 1989:322, de Pinna 1998:198, Fernández & Bichuette 2002:278, de Pinna & Wosiacki en: Reis et al. 2003, Ferraris 2007:418, Dutra et al. 2012:226, Barriga Salazar 2014:111, DoNascimento et al. 2014:726. *Potamoglanis hasemani* cuenca del río Orinoco (DoNascimento et al. 2018).

FMNC: 105943, 140202, 80402, 80419, 80420, 93047; USNM: 210691, 210692, 214364, 216555, 270148, 270204, 270205, 270206, 270207, 70208.

**Distribución:** Cuenca del río Amazonas, en Bolivia, Brasil, Ecuador, Guyana y Perú (Fricke et al., 2022)

**Diagnosis:** Aleta pélvica presente, tres radios pectorales no ramificados, mentón sin barbillones, líneas longitudinales irregulares en los lados del cuerpo, línea medioventral ausente.

**Familia** Doradidae

**Subfamilia** Doradinae



**Género** *Leptodoras* Boulenger, 1898a

***Leptodoras* cf. *linnelli*** Eigenmann, 1912:191 (Figura 4b, CIACOL 3228)

**Nuevo registro para la Amazonia colombiana:** Se colectó un ejemplar en la Laguna Achiote, formada por las aguas del río Cananarí, frente a la comunidad de Buenos Aires, (N 00°01'36,7", W 70°59'40,9").

**Localidad tipo:** Río Potaro, Tumatumari, Mazaruni-Potaro, Guyana. Holotipo: FMNH 53561 [ex CM 1652a]. Paratipos: (36, 3 perdidos) BMNH 1911. 10. 31. 73-74 (2), 1911. 10. 31. 75 (1), CAS 59775-77 [ex IU 12022-24] (5, 2, 1); FMN 7399 (1), 53186 (12), 53187-88 (1, 1), 53562 (1); MCZ 30070-71 (1, 1); NMW 46109 (1); CAS-SU 21940 (1); USNM 66222 [ex CM 1627] (1); ZMA 110690 (1).

**Registros previos:** Böhlke 1970:59, Ortega & Vari 1986:13, Burgess 1989:222, Sabaj & Ferraris en: Reis et al., 2003:462, Sabaj 2005:655, Ferraris 2007:173, Birindelli et al 2008:478, Birindelli & Sousa 2010: 292, Sarmiento et al. 2017:88, Cuenca del río Orinoco (DoNascimento et al., 2018).

**Distribución:** Zona alta del río Orinoco, cuencas de los ríos Esequibo y Demerara y el sector izquierdo de los tributarios de la zona norte del bajo Amazonas, en los países de Brasil, Colombia, Bolivia, Guayana y Venezuela (Fricke et al., 2022).

**Diagnos:** Cuerpo alargado, barbillones fimbriados, zona media distal de la aleta dorsal con una mancha negra (Sabaj, 2005).

**Familia** Heptapteridae

**Subfamilia** Rhamdiinae

**Género** *Rhamdia* Bleeker, 1858

***Rhamdia laukidi*** Bleeker, 1858 (Figura 4c, CIACOL 3265).

**Nuevo registro para la Amazonia colombiana:** Se colectaron dos ejemplares en la Estación 2 de cerro Campana, sector alto de la zona hidrográfica del río Apaporis, Miraflores, Guaviare (N 01° 17' 15,18", W 72° 37' 53,8").

**Localidad tipo:** Primer caño del río Casiquiare, aproximadamente a cinco minutos de la confluencia del río Casiquiare y el Orinoco, margen izquierdo, Venezuela. Neotipo: ANSP 174652. Catálogo tipo: Boeseman 1972:308. Neotipo designado por Silfvergrip 1996:131.

**Registros previos:** DoNascimento et al., 2018 lo reportan para el Orinoco colombiano.

**Distribución:** Ríos Amazonas, Esequibo y Orinoco, reportado por Brasil, Colombia y Guyana (Costa, 2017).

**Diagnos:** Espinas pectorales aserradas en ambos bordes, con el lóbulo caudal inferior ligeramente más largo que el superior. La aleta adiposa representa entre el 44,6 al 51,3% de la longitud estándar. Barbillas maxilares representan del 42,9 al 90,6% de la longitud estándar (Silfvergrip, 1996).

**Orden** Cichliformes

**Familia** Cichlidae

**Subfamilia** Cichlinae

**Género** *Apistogramma* Regan, 1913

***Apistogramma hongloi*** Kullander 1979 (Figura 5; CIACOL 3324).



**Figura 4:** a. *Nannoglanis fasciatus*. B. *Leptodoras linnelli*. C. *Rhamdia laukidi*. La escala de medida para las especies *L. linnelli* y *R. laukidi*, corresponden a 1 centímetro.

**Nuevo registro para la Amazonia colombiana:** Se colectaron 305 ejemplares para las subzonas hidrográficas del río Cananarí y del alto Apaporis, organizados de la siguiente manera: Río Cananarí, en inmediaciones de la comunidad de Buenos Aires: CIACOL:3250,

1 ejemplar del sector alto de caño hormiga N 00°02' 8,26" N; W 71°01' 29,11". CIACOL:3253, 2 ejemplares en caño Uva N 00°00' 46,4"; W 70°59' 24,2". CIACOL:3254, 6 ejemplares de la laguna Achiote N 00°01' 36,7"; W 70°59' 40,9" y CIACOL:3257, 2 ejemplares de la laguna Achiote. CIACOL:3255, 4 ejemplares del caño Loro N 00°01' 02,2"; W 71°00' 50,3". CIACOL:3256, 7 ejemplares del caño N.N., afluente de la laguna Achiote. Subzona hidrográfica del río Cananarí, en inmediaciones de la comunidad de Morroco" CIACOL 3251, 11 ejemplares en caño Morroco, N 0° 8' 38,9"; W 70° 57' 25,3". CIACOL: 3252: 1 ejemplar en cachivera Morroco N 00°08' 37,4"; W 70°57' 30,8". 271 ejemplares procedentes de la subzona hidrográfica del Apaporis alto, en Cerro Campana. CIACOL:3324, 93 ejemplares de caño N.N. estación 1, N 01° 17' 07,4"; W 72° 37' 20,4". CIACOL:3325, 46 ejemplares de caño N.N. estación 2, N 01° 17' 15,18"; W 72° 37' 53,8". CIACOL:3326, 48 ejemplares de caño N.N. estación 4, N 01° 17' 05,0"; W 72° 37' 06,7". CIACOL:3327, 84 ejemplares de caño N.N. estación 3, N 01° 16' 30,9"; W 72° 38' 09,2".

**Localidad tipo:** Finca Boca de Guarrojo, Río Guarromo, Vichada, Colombia, 4° 07' N, 70° 45' W. Holotipo: NRM 11234. Otros especímenes (Paratipos): NRM 11235-39 (8, 3, 2, 1, 1).

**Registros previos:** DoNascimento et al., 2018 lo reportan para el Orinoco colombiano, sub cuenca del río Cusiana (Urbano-Bonilla, Ballen, et al., 2018), cuenca baja del río Cataniapo, en

los ríos Suapure y Capanaparo, río Manacacías en la cuenca del río Meta y en el río Tuparro (Mesa-Salazar & Lasso, 2011).

**Distribución:** Río Orinoco y el sector medio de la cuenca del río Meta, se han reportado ejemplares para Colombia y Venezuela (Fricke et al., 2022)

**Diagnóstico:** Longitud de la cabeza 29,6-34,4%. Profundidad del cuerpo 32-37%, de la longitud estándar. Sin puntos laterales, barras y puntos caudales presentes. D XV-7. A III.6. Banda lateral hasta la séptima barra, sin puntos sobre ella. Aleta caudal redondeada, se distingue por la ausencia de puntos laterales y líneas abdominales (Kullander, 1979).



Figura 5: *Apistogramma hongsloui* (Cichlidae).

## DISCUSIÓN

El Neotrópico ha sido identificado como la mayor fuente de biodiversidad en el planeta, particularmente para el grupo de peces de agua dulce (Reis et al., 2016). No obstante, una verdadera aproximación de cómo están distribuidas las especies en los ecosistemas acuáticos de la región está lejos de completarse (Oberdorff et al., 2019).

De acuerdo con lo reportado previamente como modelo de composición para sistemas de agua dulce del Neotrópico (De Brito & Buckup, 2019), más del 90% de la ictiofauna es aportada por los Siluriformes, Characiformes, Cichliformes y Gymnotiformes (van der Sleen & Albert, 2018). Para el caso de los dos primeros, quienes aportan la mayor cantidad de familias y especies a la composición de los ensambles ícticos (Reis et al., 2016), su dominancia está influenciada por el alto número de especies que reúne cada uno de ellos (Fricke et al., 2022), gracias a la gran variedad de adaptaciones y especializaciones ecológicas, morfológicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir en una amplia variedad de ambientes (Reis et al., 2016; Claro-García et al., 2018).

En términos de ampliación de distribución geográfica para especies, se esperaban nuevos registros para la Amazonia colombiana, así como para las zonas y subzonas hidrográficas en las que se enmarca el área de estudio, pues el río Apaporis

constituye un área donde persisten grandes vacíos de información, razón por la cual el 55% de las especies identificadas se adicionan al listado conocido para la zona hidrográfica del río Apaporis (Juan David Bogotá-Gregory & Maldonado-Ocampo, 2006; Correa, 2003) y el 14% para la Amazonia colombiana (DoNascimento et al., 2018), reflejando el bajo número de inventarios ícticos realizados previamente.

Considerando las abundancias para cada una de las especies, el 30% de ellas estuvieron representadas por un solo ejemplar y el 32% por menos de cinco ejemplares, lo que sugiere que los ensamblajes ícticos se componen principalmente por especies con bajas densidades poblacionales y unas pocas dominantes, resultados que coinciden con lo reportado por otros autores para ecosistemas acuáticos de origen amazónico (Mojica-C, 1999; Mojica et al., 2017) con aguas ácidas, baja concentración de nutrientes y baja productividad primaria (Weitzman & Vari, 1988).

De acuerdo con los propósitos de las expediciones Colombia Bio, el presente trabajo constituye el primer registro de la biodiversidad en la cuenca, resultados que aumentan los inventarios de especies y fortalecen las colecciones biológicas a partir de la inclusión de ejemplares únicos, la visita de especialistas y la oportunidad de realizar publicaciones científicas de alto impacto, objetivos cumplidos en este caso. Los trabajos de investigación como el que se presenta aquí, permiten llegar a una mejor aproximación de la diversidad y patrones de distribución de la ictiofauna con mayor diversidad del mundo.

La información y análisis que se proporcionan son de gran utilidad para diferentes áreas de la investigación, incluyendo ecología, biogeografía y taxonomía, y es de gran importancia frente a la falta de formulación e implementación de planes de manejo, hoy muy necesarios, debido a las amenazas que afrontan los peces como resultado de las actividades antropogénicas que se realizan a lo largo de la cuenca, que implican la transformación y degradación de los ecosistemas acuáticos por la canalización, deforestación y sobre pesca (Abell et al., 2008).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a COLCIENCIAS (hoy Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación). A los investigadores locales Pedro Pablo Buitrago Suarez, Alberto Rojas Suarez, Reinel Rojas Suarez y Cristian Gómez Rojas. A los especialistas Flavio Lima por la revisión de Characidae, a Carlos DoNascimento por la revisión de Heptapteridos, Pimelodidae y Auchenipteridae y a Joseph Waddell por la revisión de las especies del género *Brachyhypopomus*. Los autores dedican esta publicación a la memoria de nuestro colega, amigo y compañero Dairon Cárdenas López, coordinador general de la Expedición, fallecido en enero de 2022.

## REFERENCIAS

- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S. C., Bussing, W., Stiassny, M. L. J., Skelton, P., Allen, G. R., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., ... Petry, P. (2008). Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *Bioscience*, 58(5), 403–414. <https://doi.org/10.1641/b580507>
- Bogotá-gregory, J. D., Acosta-Santos, A., & Agudelo Córdoba, E. (2020). *Los peces del Camino Andakí en la transición andino-amazónica*. Río August.
- Bogotá-Gregory, Juan D, Lima, F. C. T., Donascimento, C., Acosta-Santos, A., Villa-Navarro, F. A., Usma-Oviedo, J. S., Ortega-Lara, A., Castro-Pulido, W., & Córdoba, E. A. (2022). Fishes of the Mitú Region: middle basin of the río Vaupés, Colombian Amazon. *Biota Neotropica*, 22(1). <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2021-1244>
- Bogotá-Gregory, Juan David, & Maldonado-Ocampo, J. A. (2006). Peces de la zona hidrogeográfica de la Amazonia, Colombia. *Biota Colombiana*, 7(1), 55–94.
- Buckup, P. A. (1993). Review of the characidiin fishes (Teleostei: Characiformes), with descriptions of four new genera and ten new species. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 4(2), 97–154. <http://www.mendeley.com/research/review-of-the-characidiin-fishes-teleostei-characiformes-with-description-of-four-new-genera-and-ten-new-species/>
- Claro-García, A., Assega, F. M., & Shibatta, O. A. (2018). Diversity and distribution of ichthyofauna in streams of the middle and lower tibagi river basin, Paraná, Brazil. *Check List*, 14(1), 43–53. <https://doi.org/10.15560/14.1.43>
- Correa, S. B. (2003). Ichthyofauna of Lago Taraira, lower río Apaporis system, Colombian Amazon. *Dahlia-Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.*, 6, 59–68.
- Costa Angrizani Rafael. (2017). Desvendando Rhamdia quelen Quoy & Gaimard, 1824. In *Instituto de Biociencias*. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- Crampton, W. G. R., Santana, C. D. De, Waddell, J. C., & Lovejoy, N. R. (2016). A taxonomic revision of the Neotropical electric fish genus *Brachyhypopomus* (Ostariophysi : Gymnotiformes : Hypopomidae), with descriptions of 15 new species. *Neotropical Ichthyology*, 14(4), e150146. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20150146>
- De Brito, V., & Buckup, P. A. (2019). The fish fauna of the upper Pirai drainage, a transposed mountain river system in southeastern, Brazil. *Check List*, 15(1), 235–247. <https://doi.org/10.15560/15.1.235>
- de Souza, L., García-Melo, J. E., Maldonado-Ocampo, J. A., Sánchez, E., Silva, J., Moquena, C., Rodríguez, H., Ortiz, J., Ruíz, A., Rodríguez, H., & Peña, R. (2019). Peces. In *Rapid inventories 29 Colombia: Bajo Caguán-Caquetá*. Field Museum.
- Domínguez Ossa, C. A. (1975). El Río Apaporis Visión Antropo-Geográfica. *Revista Colombiana de Antropología*, 18, 129–181. <https://doi.org/10.22380/2539472X.1606>
- DoNascimento, C., Herrera-Collazos, E. E., Herrera-R, G. A., Ortega-Lara, A., Villa-Navarro, F. A., Oviedo, J. S. U., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2017). Checklist of the freshwater fishes of colombia: A darwin core alternative to the updating problem. *ZooKeys*, 2017(708), 25–138. <https://doi.org/10.3897/zookeys.708.13897>
- DoNascimento, C., Herrera-Collazos, E. E., Ortega-Lara, A., Villa-Navarro, F., & Usma, S. (2018). Checklist of freshwater fishes of Colombia: A Darwin Core alternative to the updating problem. *Versión En Línea*.
- Faustino-Fuster, D., Patarroyo-Baez, J. J., & de Souza, L. (2021). Peces. In *Colombia, Perú: Bajo Putumayo-Yaguas-Cothué*. *Inventario rápido* 31 (pp. 138–145).
- Fricke, R., Eschmeyer, W., & Richard, V. der L. (2022). *Catalog of fishes CAS*. Catalog of Fishes CAS. <https://researcharchive.calacademy.org/>
- IDEAM. (2013). *zonificación y codificación de uniades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IGAC. (1999). *Paisajes fisiográficos de Orinoquia-Amazonia (DRAM) Colombia. Análisis Geográficos Nos. 27-28* (Primera). Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. Ministerio de Hacienda y Crédito Público.
- Kullander, S. O. (1979). Species of *Apistogramma* (Teleostei, Cichlidae) from the Orinoco Drainage Basin, South America, with Descriptions of Four New Species. *Zoologica Scripta*, 8(1–4), 69–79. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.1979.tb00620.x>
- Lasso, C. A., & Señaris, J. C. (Eds.). (2018). *VI. FAUNA SILVESTRE DEL ESCUDO GUAYANÉS* (Serie edit). Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://doi.org/10.21068/a2018n01>
- Maldonado-Ocampo, J. A. (2006). *Prefacio. Peces dulceacuícolas colombianos* (Vol. 7, pp. 194–195). Biota Colombiana. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Maldonado-Ocampo, J. A., DoNascimento, C., Usma, S., Herrera-Collazos, E. E., & García, J. E. (2020). Colombia, país de peces. In *La pesca en Colombia: del agua a la mesa* (pp. 18–31). Agenda del Mar, Conservación Internacional Colombia, WWF.
- Mao, R., Lang, M., Yu, X., Wu, R., Yang, X., & Guo, X. (2020). Aging mechanism of microplastics with UV irradiation and its effects on the adsorption of heavy metals. *Journal of Hazardous Materials*, 393(December 2019), 122515. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122515>
- Mesa-Salazar, L. M., & Lasso, C. A. (Eds.). (2011). *III. Revisión del género Apistogramma Regan 1913 (Perciformes, Cichlidae) en la cuencal del río Orinoco* (Serie Recu). Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Mojica-C, J. I. (1999). Lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia.pdf. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, XXIII(Suplemento especial), 547–566.

- Mojica, J. I., Taphorn, D. C., & Martinez, C. (2017). Peces de la serranía de chiribiquete, amazonia colombiana: lista preliminar, expediciones 2015, 2016 y 2017. *Revista Colombia Amazónica*, 10(December 2017), 161–176.
- Oberdorff, T., Dias, M. S., Jézéquel, C., Albert, J. S., Arantes, C. C., Bigorne, R., Carvajal-Valleros, F. M., De Wever, A., Frederico, R. G., Hidalgo, M., Huguény, B., Leprieur, F., Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J., Martens, K., Ortega, H., Sarmiento, J., Tedesco, P. A., Torrente-Vilara, G., ... Zuanon, J. (2019). Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. *Science Advances*, 5(9), 1–10. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav8681>
- Peña, L. C., & Alonso, J. C. (2015). *Línea Base Ambiental en el ámbito de actividades extractivas (hidrocarburos/minería) en el municipio de San José del Fragua (Departamento del Caquetá-Colombia)–LBA-Caquetá. Informe final.*
- Reis, R. E., Albert, J. S., Di Dario, F., Mincarone, M. M., Petry, P., & Rocha, L. A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 12–47. <https://doi.org/10.1111/jfb.13016>
- Reis, Roberto E, Kullander, S. O., & Ferraris, C. J. (Eds.). (2003). *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. EDIPUCRS.
- Sabaj, M. H. (2005). Taxonomic assessment of Leptodoras (Siluriformes: Doradidae) with descriptions of three new species. *Neotropical Ichthyology*, 3(4), 637–678.
- Silfvergrip, A. M. C. (1996). *A systematic revision of the Neotropical catfish genus Rhamdia (Teleostei, Pimelodidae)*. Department of Vertebrate Zoology. Swedish Museum of Natural History.
- Taphorn, D. C. (2003). *Manual de Identificación y Biología de los Peces Characiformes de la Cuenca del Río Apure en Venezuela*. 1–393.
- Triques, M. L. (2005). Análise cladística dos caracteres de anatomia externa e esquelética de Apterodontidae (Teleostei: Gymnotiformes). *Lundiana*, 6(2), 121–149.
- Urbano-Bonilla, A., Ballen, G. A., Herrera-R, G. A., Zamudio, J., Herrera-Collazos, E. E., DoNascimento, C., Prada-Pedrerros, S., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2018). Fishes of the Cusiana River (Meta River basin, Colombia), with an identification key to its species. *ZooKeys*, 2018(733), 65–97. <https://doi.org/10.3897/zookeys.733.20159>
- Urbano-Bonilla, A., de Souza, L., Zamudio, J. E., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2018). Peces. In C. Vriesendorp, N. Pitman, D. Alvira Reyes, A. Salazar Molano, R. Botero García, A. Arciniegas, L. de Souza, Á. del Campo, D. F. Stotz, T. Wachter, A. Ravikumar, & J. Peplinski (Eds.), *Colombia: La Lindosa, Capricho, Cerritos. Rapid Biological and Social Inventories*. (Report 29, pp. 111–116).
- Uσμα, S., Roldán, A. M., Guevara, O., Villa-Navarro, F., Castroviejo, S., & Zamudio, J. (2011). *Informe de los proyectos CDA – WWF en la cuenca alta del río Negro*.
- van der Sleen, P., & Albert, J. (Eds.). (2018). *Field guide to the fishes of the Amazon, Orinoco and Guianas*. Princeton University Press.
- Weitzman, S. H., & Vari, R. P. (1988). Miniaturization in South American freshwater fishes: an overview and discussion. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 101(2), 444–465.

### Anexo 1. Listado de ictiofauna de los ríos Apaporis y Cananarí

Taxones	Nuevo zona Apaporis	Bogotá-Maldonado 2006	Alto Río Apaporis	Bajo Río Apaporis	Bajo Vaupés	Río Cananarí	Total general
<b>Characiformes</b>							
<b>Crenuchidae</b>							
<i>Ammocryptocharax elegans</i> Weitzman & Kanazawa 1976*	x					1	1
<i>Characidium pellucidum</i> Eigenmann, 1909	x	ama				1	1
<i>Characidium</i> sp.						25	25
<i>Elachocharax</i> sp.			3			29	32
<i>Poecilocharax weitzmani</i> Géry 1965	x	ama	24		26	152	202
<b>Erythrinidae</b>							
<i>Erythrinus erythrinus</i> (Bloch & Schneider 1801)		ama,cqt,aps	1		1	6	8
<i>Hoplerhythrinus unitaeniatus</i> (Agassiz 1829)		ama,put,cqt,aps,vau				2	2
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)		ama,put,cqt,aps	12			9	21
<b>Serrasalminidae</b>							
<i>Metynnys cf. hypsauchen</i> (Müller & Troschel 1844)	x	put				3	3
<i>Myleus setiger</i> Müller & Troschel, 1844	x	cqt				2	2
<i>Pristobrycon striolatus</i> (Steindachner 1908)		put,cqt,aps	1			5	6
<i>Serrasalmus eigenmanni</i> Norman 1929	x					1	1
<i>Serrasalmus gouldingi</i> Fink & Machado-Allison 1992	x	put	1				1
<i>Serrasalmus rhombeus</i> (Linnaeus 1766)	x	ama,put				1	1

Listado comentado de la ictiofauna de los ríos Apaporis y Cananarí, resultados de la Expedición Colombia Bio – Apaporis, Vaupés



Taxones	Nuevo zona Apaporis	Bogotá-Maldonado 2006	Alto Río Apaporis	Bajo Río Apaporis	Bajo Vaupés	Río Cananari	Total general
<b>Hemiodontidae</b>							
<i>Hemiodus unimaculatus</i> (Bloch 1794)		put,cqt,aps				1	1
<b>Anostomidae</b>							
<i>Leporinus brunneus</i> Myers 1950	x	cqt				1	1
<i>Leporinus friderici-gr.</i> (Bloch 1794)		ama,put,cqt,aps				1	1
<i>Leporinus</i> sp.						1	1
<b>Curimatidae</b>							
<i>Curimatopsis macrolepis</i> (Steindachner 1876)	x	ama,put,cqt	1			3	4
<i>Cyphocharax spiluroopsis</i> (Eigenmann & Eigenmann 1889)	x	ama,put	2			16	18
<i>Psectrogaster essequibensis</i> (Günther 1864)	x	ama				2	2
<b>Lebiasinidae</b>							
<i>Copella eigenmanni</i> (Regan 1912)	x		2		6	98	106
<i>Nannostomus marginatus</i> Eigenmann 1909	x	ama				1	1
<i>Pyrrhulina lugubris</i> Eigenmann 1922*		cqt	32	1			33
<b>Acestrorhynchidae</b>							
<i>Acestrorhynchus falcatus</i> (Bloch 1794)	x	ama,put,cqt				2	2
<b>Characidae</b>							
<i>Characidae</i> sp.			4				4
<i>Astyanax anterior</i> Eigenmann 1908	x		9		2	7	18
<i>Astyanax</i> cf. anterior Eigenmann 1908			6				6
<i>Bryconella pallidifrons</i> (Fowler 1946)	x	ama				14	14
<i>Hemigrammus analis</i> Durbin 1909		ama,put,cqt,aps	34			312	346
<i>Hemigrammus luelingi</i> Géry 1964		ama,put,cqt	1			9	10
<i>Hemigrammus</i> sp.						27	27
<i>Hemigrammus</i> sp. nv.			26			2	28
<i>Hemigrammus unilineatus</i> (Gill 1858)	x					14	14
<i>Hemigrammus</i> cf. orthus Durbin 1909						8	8
<i>Hyphessobrycon agulha</i> Fowler 1913	x	ama	22			3	25
<i>Hyphessobrycon</i> sp.						31	31
<i>Hyphessobrycon</i> cf. peruvianus Ladiges 1938		ama,put,cqt	22				22
<i>Knodus</i> sp.		ama,put,cqt,aps				1	1
<i>Moenkhausia collettii</i> (Steindachner 1882)			5			1	6
<i>Moenkhausia</i> cf. <i>collettii</i> (Steindachner 1882)	x	put,cqt	21				21
<i>Moenkhausia</i> cf. <i>cotinho</i> Eigenmann 1908		put,cqt				2	2
<i>Moenkhausia dichroua</i> (Kner 1858)	x	ama				2	2
<i>Moenkhausia lepidura-gr.</i> (Kner 1858)		ama,put,cqt,aps				1	1
<i>Charax michaeli</i> Lucena 1989	x	ama				4	4
<i>Creagrutus</i> sp. nv.						2	2
<i>Tyttocharax</i> sp.						23	23
<b>Gasteropelecidae</b>							
<i>Carnegiella strigata</i> (Linnaeus 1758)	x	ama,put,cqt	5			18	23
<b>Iguanodectidae</b>							
<i>Bryconops giacopinii</i> (Fernández-Yépez 1950)	x	put,cqt				65	65
<i>Bryconops inpai</i> Knöppel, Junk & Géry 1968	x	ama	13				13
<b>Gymnotiformes</b>							
<b>Gymnotidae</b>							
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus 1758	x	ama,put,cqt,vau	2			1	3
<i>Gymnotus coropinae</i> Hoedeman 1962	x	put,cqt				8	8
<b>Hypopomidae</b>							
<i>Brachyhypopomus beebei</i> (Schultz 1944)	x	ama			1		1
<i>Brachyhypopomus brevirostris</i> (Steindachner 1868)		ama,put,cqt,aps				1	1
<i>Brachyhypopomus sullivanii</i> Crampton, de Santana, Waddell & Lovejoy 2017*	x					1	1
<i>Brachyhypopomus</i> sp.						3	3
<b>Rhamphichthyidae</b>							
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i> (Miranda Ribero 1920)	x	ama,cqt				1	1

Taxones	Nuevo zona Apaporis	Bogotá-Maldonado 2006	Alto Río Apaporis	Bajo Río Apaporis	Bajo Vaupés	Río Cananarí	Total general
<i>Hypopygus lepturus</i> Hoedeman 1962	x	ama,put	12			23	35
<i>Steatogenys duidae</i> (La Monte 1929)	x	gna	1			2	3
<b>Sternopygidae</b>							
<i>Eigenmannia limbata</i> (Scheiner & Miranda Ribero 1903)		ama,aps				2	2
<i>Eigenmannia virescens</i> -gr. (Valenciennes 1842)	x	ama,put,cqt			2	2	4
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider 1801)	x	ama,put,cqt	1			2	3
<b>Apterotonidae</b>							
<i>Apterotonus apurensis</i> Fernández-Yépez 1968*	x					2	2
<b>Siluriformes</b>							
<b>Trichomycteridae</b>							
<i>Ituglanis</i> sp.						1	1
<i>Potamoglanis hasemani</i> (Eigenmann 1914)*	x				4		4
<b>Callichthyidae</b>							
<i>Callichthys serralabium</i> Lehmann A. & Reis 2004	x	vau				1	1
<b>Loricariidae</b>							
<i>Hypoptopoma thoracatum</i> Günther 1868	x	ama				4	4
<i>Ancistrus</i> sp.						5	5
<i>Hypostomus</i> sp.						1	1
<i>Hypostomus varimaculosus</i> (Fowler 1945)	x	cqt				2	2
<b>Cetopsidae</b>							
<i>Helogenes marmoratus</i> Günther 1863		ama,put,cqt,aps				5	5
<b>Auchenipteridae</b>							
<i>Auchenipterichthys coracoideus</i> (Eigenmann & Allen 1942)	x	ama				1	1
<i>Tatia</i> sp.			1			3	4
<b>Doradidae</b>							
<i>Physopyxis ananas</i> Sousa & Rapp Py-Daniel 2005	x		1			11	12
<i>Amblydoras affinis</i> (Kner 1855)	x	ama				1	1
<i>Leptodoras</i> cf. <i>linnelli</i> Eigenmann 1912*	x					1	1
<b>Heptapteridae</b>							
<i>Pimelodella cristata</i> (Müller & Troschel 1849)	x	ama,put,cqt				1	1
<i>Pimelodella</i> sp.						6	6
<i>Rhamdia laukidi</i> Bleeker 1858*	x		2				2
<i>Gladioglanis conquistador</i> Lundberg, Bornbusch & Mago-Leccia 1991	x		5				5
<i>Nannoglanis fasciatus</i> Boulenger 1887*	x					8	8
<i>Nemuroglanis</i> sp.						1	1
<b>Pimelodidae</b>							
<i>Pimelodus ornatus</i> Kner 1858	x	ama,put				1	1
<b>Pseudopimelodidae</b>							
<i>Batrochoglanis villosus</i> (Eigenmann 1912)	x	ama,vau	1				1
<b>Synbranchiformes</b>							
<b>Synbranchidae</b>							
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795		ama,put,cqt,aps,vau	1			5	6
<b>Blenniiformes</b>							
<b>Cichlidae</b>							
<i>Aequidens tetramerus</i> (Heckel 1840)		ama,put,cqt	2			7	9
<i>Apistogramma</i> cf. <i>hongsløi</i> Kullander 1979*	x		272			33	305
<i>Cichla monoculus</i> (Spix & Agassiz 1831)		ama,aps				8	8
<i>Crenicichla johanna</i> Heckel 1840		ama,cqt,aps				2	2
<i>Crenicichla</i> cf. <i>anthurus</i> Cope 1872		aps	1				1
<i>Satanoperca</i> sp.						3	3
<b>Belontiidae</b>							
<i>Potamorhaphis</i> sp.			1			3	4
<b>Rivulidae</b>							
<i>Anablepsoides elongatus</i> (Fels & de Rham 1981)		ama,aps	157			18	175

Listado comentado de la ictiofauna de los ríos Apaporis y Cananarí, resultados de la Expedición Colombia Bio – Apaporis, Vaupés





*Pamphobeteus* aff. *bicolor* (Theraphosidae), Cerro Campana, Vaupés. Foto: Jorge Contreras





# Arañas (Arachnida: Araneae) de la cuenca alta y media del río Apaporis, en la región amazónica colombiana

David A. Luna-Sarmiento<sup>1\*</sup>, Alexander Sabogal-González<sup>1</sup>

## Resumen

El conocimiento del orden Araneae en la región amazónica colombiana es aún escaso, dado que han sido pocas las expediciones enfocadas en la recolecta de este grupo de animales en esta área. El objetivo fue realizar un inventario de las arañas presentes en la parte alta y media de la cuenca del río Apaporis, enmarcado en la Expedición Colombia Bio Apaporis 2018. La expedición se desarrolló en dos sitios de la cuenca, el sector conocido como Cerro de la Campana en Guaviare y las comunidades de Buenos Aires, Jirijirimo y Cerro Morroco en Vaupés. Los muestreos se realizaron en los meses de febrero y marzo del 2018, y abarcaron diferentes hábitats y microhábitats presentes en la zona de estudio. Se recolectaron 921 individuos, 549 en las localidades Morroco-Buenos Aires-Jirijirimo y 387 en el sector de Cerro de la Campana. Se encontraron 218 especies/morfoespecies representadas en 97 géneros y 41 familias. Los géneros *Tetrablemma* y *Theotima* fueron por primera vez registrados en la cuenca del Amazonas. Nueve géneros se registraron por primera vez para Colombia, *Amazonepeira*, *Amazoromus*, *Bucranium*, *Guadana*, *Helvibis*, *Janula*, *Pseudanapis*, *Rhoicinus* y *Stemmops*. Las especies *Alpaida carminea*, *A. tayos*, *B. taurifrons*, *Chysometa aureola*, *Faiditus subflavus*, *Gelanor juruti*, *J. bicrucata*, *Kryptochroma quadrata*, *Neoxyphinus termitophilus*, *Rhoicinus urucu*, *Sparianthis juruti*, *S. ravida* y *Wixia abdominalis* son nuevos reportes para el país. Este trabajo eleva a 271 las especies documentadas para la Amazonia colombiana.

**Palabras clave:** Expedición Colombia Bio Apaporis 2018, *hot spot*, diversidad, arácnidos, neotrópico.

## Abstract

Knowledge of the Araneae order in the Colombian Amazon region is still scarce, given that there have been few expeditions that have focused on the collection of this group of animals in this area. The objective was to carry out an inventory of the spiders present in the upper and middle part of the Apaporis River basin, framed in the Colombia Bio Apaporis Expedition 2018. The expedition took place at two sites, the sector known as Cerro de la Campana in Guaviare and the communities of Jirijirimo, Buenos Aires and Cerro Morroco in Vaupés. The sampling was carried out the months of February and March 2018, and different habitats and microhabitats present in the study sector were covered. In total 921 individuals were collected, 549 in the Morroco, Buenos Aires, Jirijirimo localities and 387 in the Cerro de la Campana sector. We found 218 species/morphospecies represented in 97 genera and 41 families. The genera *Tetrablemma* and *Theotima* were first recorded in the Amazon basin. Nine genera were first recorded for Colombia, *Amazonepeira*, *Amazoromus*, *Bucranium*, *Guadana*, *Helvibis*, *Janula*, *Pseudanapis*, *Rhoicinus* and *Stemmops*. The species *Alpaida carminea*, *A. tayos*, *B. taurifrons*, *Chysometa aureola*, *Faiditus subflavus*, *Gelanor juruti*, *J. bicrucata*, *Kryptochroma quadrata*, *Neoxyphinus termitophilus*, *Rhoicinus urucu*, *Sparianthis juruti*, *S. ravida* and *Wixia abdominalis* are new reports for the country. This work brings to 271 the species documented for the Colombian Amazon.

**Keywords:** Colombia Bio Apaporis Expedition 2018, *hot spot*, diversity, arachnids, neotropics.

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Acarología S.A.S.

<sup>1\*</sup> E-mail: dalunas@unal.edu.co, Finca Villa Mercy, Vereda La Cabaña, Zipacón, Colombia.



## INTRODUCCIÓN

Las arañas son uno de los grupos megadiversos del planeta (Brescovit et al. 2002, Santos et al. 2017), actualmente se conocen 49.886 especies descritas WSC (2022), pero se estiman entre 76 a 170 mil especies en el mundo (Adis y Harvey 2000). Son organismos muy antiguos, que datan de hace 312 millones de años (Dunlop 2010), son de una gran importancia ecológica, al ser unos de los depredadores generalistas más abundantes (Wise 1993), presentes en la mayoría de los ecosistemas terrestres (Jocqué y Dippenaar-Schoeman 2006). Para Suramérica se reportan 83 familias, 1.018 géneros y 8.302 especies (Dupérré 2022), siendo los Andes septentrionales y la cuenca del Amazonas (Santos et al. 2017) las regiones con el mayor número de especies. Para la región amazónica hay más de 65 familias y más de 1.000 especies documentadas, aunque se estiman entre 4.000 y 8.000 especies (Adis y Harvey 2000). En Colombia el estudio de la diversidad del orden Araneae ha aumentado en las últimas décadas (Sabogal-González 2010, Perafán et al. 2013), sin embargo, aún estamos lejos de conocer en completitud la riqueza de este grupo en el país (Flórez y Sánchez 1995). Al presente se han registrado 63 familias, 392 géneros y 1.255 especies (Barriga y Moreno 2013, Saturnino y Bonaldo 2015, WSC 2022) para Colombia.

Hasta el año 2011 se registraban 173 especies válidas con ocurrencia en departamentos con influencia de la región amazónica colombiana (Levi 2007, Barriga y Moreno 2013). Posterior a esto, aportes en la descripción de nuevas especies o ampliaciones de distribución, realizadas por investigadores nacionales e internacionales, han aumentado el número de especies para esta región en el país: en el desarrollo del proyecto *Donopidae Planetary Biodiversity Inventory*, se registraron 24 especies de arañas duende (Abraham et al. 2012, Grismado y Rheims 2013, Platnick et al. 2013abc, Bonaldo et al. 2014, Platnick y Berniker 2014ab, Grismado et al. 2015, Moss et al. 2016, Izquierdo y Ramírez 2017, Ott et al. 2019); de trabajos realizados principalmente por aracnólogos colombianos, once especies de arañas saltarinas (Galvis 2015abc, Galvis 2017, Martínez y Galvis 2017, Galvis 2018, Bayer et al. 2020, Cala-Riquelme y Salgado 2021); ocho especies de aranéidos (Lise et al. 2015, Cabra-García y Hormiga 2020); seis especies de tarántulas (Guadanucci et al. 2017, Fukushima y Bertani 2017, Almeida et al. 2018, Hüsser 2018, Perafán et al. 2019); cinco especies de arañas cangrejo (Machado et al. 2018, Teixeira y Machado 2019, Molina-Gómez et al. 2020); cuatro de arañas fantasma (Martínez et al. 2018, Martínez et al. 2021) y de la familia Ctenidae (Hazzi et al. 2013, Hazzi y Hormiga 2021); tres de Clubionidae (Saturnino y Bonaldo 2015) y de Palpimanidae (Cala-Riquelme et al. 2018, Martínez y Gutierrez 2021); y de otras familias ocho especies (Da Silva y Carico 2012, Rheims 2013, Lopardo y Hormiga 2015, Benavides y Hormiga 2016, Cabra-García y Brescovit 2016, Martínez-Torres

y Galvis 2018, Sánchez-Ruiz et al. 2020, Crews et al. 2021). Por lo tanto, en la Amazonia colombiana se han documentado 250 especies.

Para la cuenca del río Apaporis hay dos estudios de diversidad de arañas desarrollados en la parte baja de la cuenca, en donde se reportan 46 familias y 182 morfoespecies de dosel y 310 de suelo y hojarasca (Benavides y Flórez 2006, Pinzón, 2008). Muchos de los nuevos registros para la región fueron aportados por el material resultante de estos dos muestreos, incluido el trabajo de Pinzón et al. (2010), la única publicación taxonómica enfocada en arañas del Amazonas colombiano. El presente trabajo estuvo enmarcado en la Expedición ColombiaBio Apaporis 2018, desarrollada por el Instituto SINCHI, y tuvo como objetivo realizar inventario con muestreo no estructurado de las arañas de la parte alta y media de la cuenca del río Apaporis, en la Amazonia colombiana.

## MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en dos sectores de la parte media de la cuenca del río Apaporis: en las localidades de Cerro Morroco (00°07'48,4"N; 70°56'36,6"W), la comunidad de Buenos Aires (00°00'50,7"N; 71°00'35,2"W) y Jirijirimo (00°02'14,0"S; 70°56'58,3"W), en el departamento del Vaupés (Cárdenas-López et al. 2019), entre el 19 de febrero y el 1 de marzo de 2018; y en la parte alta de la cuenca donde los ríos Ajaju y Tunia convergen, en la localidad conocida como Cerro de la Campana (01°17'07,5"N; 72°37'19,1"W), que hace parte de la serranía del Chiribiquete, en el departamento del Guaviare, del 2 al 8 de marzo del mismo año (Cárdenas-López et al. 2019) En cada sector (cuenca media y alta) los muestreos fueron realizados por dos personas, un investigador principal (primer autor) y un coinvestigador (ver agradecimientos).

El muestreo abarcó diferentes hábitats presentes en la zona (bosque de tierra firme, varillal o sabana, chagras, bosque inundable, afloramiento rocoso, tepuyes, morichal y rastrojos). Todos los especímenes fueron preservados en etanol a 70% y almacenados en frascos plásticos debidamente rotulados. Se aplicaron los siguientes métodos de recolecta:

**Captura manual diurna:** Este método de recolección se aplicó sin tener en cuenta tiempo de muestreo, ni área muestreada. Correspondió a las capturas realizadas en el rango de las 8 am a 4 pm, y la búsqueda se aplicó en microhábitat como vegetación, epifitas, suelo, troncos caídos y corteza. En cada sector se tuvo un esfuerzo aproximado de 24 horas/hombre.

**Captura manual nocturna:** Este método de recolección se aplicó sin tener en cuenta tiempo de muestreo, ni área muestreada. Correspondió a las capturas realizadas en el rango de las 7 pm a 1 am, y la búsqueda se aplicó en microhábitat como vegetación y suelo. En cada sector se tuvo un esfuerzo aproximado de 20 horas/hombre.

**Revisión manual de hojarasca:** Se recogió hojarasca y tamizó con ayuda de un cernidor. Lo depurado se colocó en un plástico blanco de 1 m<sup>2</sup> y se revisó manualmente, recolectando con un pincel las arañas encontradas. En la cuenca media se procesaron aproximadamente 10 m<sup>2</sup> de hojarasca, mientras que en la cuenca alta 8 m<sup>2</sup>.

**Búsqueda manual en bromelias:** Se examinaron bromelias de hábitos tanto epífitos como terrestres. La revisión de cada bromelia se realizó deshojando la planta sobre un plástico blanco de 1 m<sup>2</sup>, capturando las arañas presentes entre las hojas o inflorescencias, o que hayan caído sobre el plástico. En la cuenca media se revisaron 17 bromelias, mientras que en la cuenca alta cuatro.

**Trampas de caída:** Se establecieron transectos de aproximadamente de 180 m, en donde cada 30 m se colocaba un vaso plástico de 4 oz con la boca a ras de piso, llenado con una solución de etanol al 30% y jabón; este montaje se dejó activo por 48 horas. Se instaló un transecto en la localidad de Cerro Morroco y el otro en el Cerro Campana.

**Sacos Winkler:** Se recogieron cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> de hojarasca, los cuales se tamizaron con ayuda de un cernidor. Lo depurado se colocó posteriormente en sacos Winkler durante 48 horas. En cada sector muestreado se procesaron 6 m<sup>2</sup> de hojarasca respectivamente.

Los individuos recolectados fueron separados en morfoespecies, mediante el uso de un microscopio estereoscópico y solo se identificaron aquellas que tuvieran al menos un espécimen adulto, para garantizar que las morfoespecies fueran equivalentes a especies taxonómicas (Derraik et al. 2002). El material revisado fue determinado mínimo a nivel de familia, para ello se utilizaron la clave de Jocqué & Dippenaar-Schoeman, 2006 y las diagnósticos de Ramírez, 2014. Para la determinación a nivel de género y especie se utilizaron claves, revisiones o descripciones, disponibles en WSC (2022).

La información conseguida de la determinación taxonómica, así como la de recolección (número de individuos, localidad, coordenadas geográficas, altitud) y de carácter biológico (hábitat, microhábitat, sexo, edad) se recopilaron en una base de datos con un formato Darwin Core (Luna y Herrera-Collazos 2019). El material capturado fue depositado en la colección Aracnológica del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 921 individuos de arañas, 549 en las localidades Morroco-Buenos Aires-Jirijirimo y 387 en el sector de Cerro de la Campana. El 56,1 % del material pudo ser identificado al menos a nivel de familia y asignado a una morfoespecie. En total se encontraron 218 especies o morfoespecies representadas en 97 géneros y 41 familias (tabla 1). En la cuenca media del río

Apaporis se registraron 135 especies, 71 géneros y 37 familias, mientras que en la cuenca alta 113 especies, 62 géneros y 32 familias. El 71,1% de las familias, 37,1% de géneros y 13,9% de las especies fueron compartidas en ambas localidades. Pese a que el muestreo no fue estructurado, se encontraron el 77,3 % de las familias reportadas para el Amazonas colombiano (Benavides y Flórez 2006, Pinzón, 2008, Barriga y Moreno 2013, WSC 2022), y el número de familias recolectadas fue similar en otros inventarios realizados en la cuenca amazónica (Silva 1996, Höfer y Brescovit 2001, Bonaldo y Dias 2010). Sin embargo, el muestreo está lejos de representar la riqueza real de estos sitios, ya que en localidades de esta región se han recolectado entre 310 morfoespecies (sólo para arañas de suelo en Pinzón, 2008) hasta 506 (Höfer y Brescovit 2001), incluso con estimaciones de más de 600 especies en un solo lugar (Bonaldo y Dias 2010).

Las familias con mayor riqueza fueron Araneidae con 34 especies, Salticidae con 28, Theridiidae con 24 y Oonopidae con 21 (figura 1A). En las localidades de Morroco-Buenos Aires-Jirijirimo las familias Araneidae (27 spp.), Salticidae (17 spp.) y Oonopidae (13 spp.), fueron las más representativas. Las familias Clubionidae, Gnaphosidae, Hersiliidae, Miturgidae, Mysmenidae, Ochyroceratidae y Palpimanidae fueron exclusivas de esta parte de la cuenca. En Cerro de la Campana las familias con mayor número de especies fueron Theridiidae (20 spp.), Araneidae (14 spp.) y Salticidae (13 spp.). Las familias Caponidae, Deinopidae, Paratropididae y Senoculidae sólo se encontraron en esta localidad. Aunque estos patrones de riqueza por familia coinciden con otros estudios de diversidad realizados en el Amazonas (Höfer y Brescovit 2001, Bonaldo y Dias 2010, Benavides y Flórez 2006, Pinzón 2008) y en otras regiones del Neotrópico (Silva 1992, Cabra-García et al. 2010, Battirolo et al. 2016); la dominancia de la familia Araneidae se puede deber a la técnica de muestreo utilizada, ya que, los araneidos son más frecuentemente recolectados por captura manual (particularmente en la noche) que por otras técnicas (*v.gr.* agitación de vegetación, jameo, nebulizaciones, aspiración mecánica o búsqueda manual de vegetación rasante), en contraste a otras familias como Salticidae y Theridiidae (Höfer y Brescovit 2001). De igual manera, la alta proporción de oonópidos registrados, es debido al fuerte sesgo en técnicas y esfuerzo para el muestreo de microhábitat edáficos (revisión de hojarasca, sacos Winkler y trampas de caída).

Se encontraron representantes de todos los gremios categorizados en Cardoso et al. (2011), en ambos sectores de la cuenca. Los gremios con mayor proporción de especies fueron: otras cazadoras (28,4%), arañas de tela orbicular (21,6%), cazadoras de suelo (16,1%), y de tela irregular (13,3%). En la cuenca media los gremios dominantes fueron: las arañas de tela orbicular (27,4%), otras cazadoras ((25,9%), cazadoras de suelo (16,3%) y especialistas (10,4%); mientras que la cuenca

Tabla 1. Lista de arañas recolectadas en la cuenca alta y media del río Apaporis.

Familia	Especie	Localidades		Gremio
		Cuenca alta: Cerro de la Campana (Guaviare)	Cuenca media: Comunidades de: Buenos Aires, Jirijirimo y Morroco (Vaupés)	
<b>Anapidae</b>	<i>Pseudanapis</i> sp.	3♀ ; 2♂	1♀	Tela orbicular
<b>Anyphaenidae</b>	<i>Katissa?</i> sp.		1♀ ; 1♂ ; 1j	Otras cazadoras
	<i>Anyphaenidae</i> sp. 1		1♀	Otras cazadoras
	<i>Anyphaenidae</i> sp. 2	1♂		Otras cazadoras
	<i>Anyphaenidae</i> sp. 3	1♂		Otras cazadoras
<b>Araneidae</b>	<i>Alpaida bicornuta</i> (Taczanowski 1878)	1♀	1♀	Tela orbicular
	<i>Alpaida carminea</i> (Taczanowski 1878) *		1♀	Tela orbicular
	<i>Alpaida tayos</i> Levi 1988*		1♀ ; 1j	Tela orbicular
	<i>Alpaida truncata</i> (Keyserling 1865)		1♀	Tela orbicular
	<i>Alpaida</i> sp. 1		2♀ ; 4j	Tela orbicular
	<i>Alpaida</i> sp. 2		1♀	Tela orbicular
	<i>Alpaida</i> sp. 3		1♀	Tela orbicular
	<i>Amazonpeira</i> sp. ♂	1♀	1♀	Tela orbicular
	<i>Araneus horizonte</i> Levi 1991		1♀	Tela orbicular
	<i>Argiope argentata</i> (Fabricius 1775)	1♀		Tela orbicular
	<i>Eriophora fuliginea</i> (C. L. Koch 1838) +	4♀	1♀	Tela orbicular
	<i>Eustala</i> sp. 1		1♀	Tela orbicular
	<i>Eustala</i> sp. 2		2♀ ; 4j	Tela orbicular
	<i>Eustala</i> sp. 3	2♀ ; 2j	2♀ ; 4j	Tela orbicular
	<i>Eustala</i> sp. 4		3♀	Tela orbicular
	<i>Eustala</i> sp. 5		1♀	Tela orbicular
	<i>Eustala</i> sp. 6	2♀ ; 2♂ ; 3j	1♀ ; 1♂	Tela orbicular
	<i>Eustala</i> sp. 7		1♀ ; 4j	Tela orbicular
	<i>Hypognatha mozamba</i> Levi 1996		1♀	Tela orbicular
	<i>Mangora uraricoera</i> Levi 2007		1♀ ; 1j	Tela orbicular
	<i>Metazygia enabla</i> Levi 1995	1♀		Tela orbicular
	<i>Micrathena acuta</i> (Walckenaer 1841)	1♀		Tela orbicular
	<i>Micrathena cornuta</i> (Taczanowski 1873)		1♀	Tela orbicular
	<i>Micrathena cyanospina</i> (Lucas 1835)	3♀		Tela orbicular
	<i>Micrathena evansi</i> Chickering, 1960 +	1♂	1♂ ; 1j	Tela orbicular
	<i>Micrathena triangularispinosa</i> (De Geer 1778)	2♀		Tela orbicular
	<i>Ocrepeira herrera</i> Levi 1993		1♀	Tela orbicular
	<i>Parawixia velutina</i> (Taczanowski 1878) +		1♀	Tela orbicular
	<i>Spilasma duodecimguttata</i> (Keyserling 1879)	1♀		Tela orbicular
	<i>Wagneriana jelskii</i> (Taczanowski 1873)		1♀	Tela orbicular
	<i>Wagneriana</i> sp.		1♀ ; 1j	Tela orbicular
	<i>Wixia abdominalis</i> O. Pickard-Cambridge 1882 *	2j	3j	Tela orbicular
	<i>Xylethrus scrupeus</i> Simon 1895	1♀		Tela orbicular
Araneidae sp.		1♀	Tela orbicular	
<b>Barychelidae</b>	Barychelidae sp.		1♀ ; 2j	Detección por tela
<b>Caponidae</b>	<i>Nops</i> sp.	1♂		Especialistas
<b>Clubionidae</b>	<i>Elaver hortonii</i> (Chickering 1937) +		1♀ ; 1♂	Otras cazadoras
<b>Corinnidae</b>	<i>Corinnidae</i> sp. 1		1♀	Cazadoras de suelo
	<i>Corinnidae</i> sp. 2		1♀	Cazadoras de suelo
	<i>Corinnidae</i> sp. 3		1♀	Cazadoras de suelo
	<i>Corinnidae</i> sp. 4		1♂	Cazadoras de suelo
	<i>Corinnidae</i> sp. 5	1♀		Cazadoras de suelo
<b>Ctenidae</b>	<i>Ancylometes bogotensis</i> (Keyserling 1877) +	1♀		Otras cazadoras
	<i>Ctenus</i> sp. 1	1♀ ; 1j		Otras cazadoras
	<i>Ctenus</i> sp. 2		1♀ ; 1♂	Otras cazadoras
	<i>Ctenus</i> sp. 3	2♀ ; 1♂		Otras cazadoras
	<i>Ctenus</i> sp. 4	1♀		Otras cazadoras
	<i>Kieke</i> sp.		1♀ ; 1j	Otras cazadoras
	<i>Phoneutria fera</i> (Perty 1833)	2♀ ; 2♂ ; 1j	1♀ ; 1♂ ; 1j	Otras cazadoras
	<i>Ctenidae</i> sp. 1	1♂		Otras cazadoras
	<i>Ctenidae</i> sp. 2	1♀ ; 1j		Otras cazadoras
	<i>Ctenidae</i> sp. 3	1♀		Otras cazadoras
<i>Ctenidae</i> sp. 4		1♀ ; 2j	Otras cazadoras	

Familia	Especie	Localidades		Gremio	
		Cuenca alta: Cerro de la Campana (Guaviare)	Cuenca media: Comunidades de: Buenos Aires, Jirijirimo y Morroco (Vaupés)		
<b>Deinopidae</b>	<i>Deinopis</i> sp.	1♀		Emboscadoras	
<b>Gnaphosidae</b>	<i>Amazoromus</i> sp. ♂		1♀ ; 1♂	Cazadoras de suelo	
<b>Hahniidae</b>	<i>Hahnia?</i> sp.	1♀	2♀	Tela en sábana	
	Hahniidae sp.	1♀	1♀ ; 1♂ ; 1j	Tela en sábana	
<b>Hersiliidae</b>	<i>Neotama mexicana</i> (O. Pickard-Cambridge 1893) *		1♀	Detección por tela	
<b>Linyphiidae</b>	<i>Novafrofrontina uncata</i> (F. O. Pickard-Cambridge 1902) *	1♀		Tela en sábana	
	<i>Linyphiidae</i> sp. 1		1♂	Otras cazadoras	
	<i>Linyphiidae</i> sp. 2		1♂	Otras cazadoras	
	<i>Linyphiidae</i> sp. 3		1♂	Otras cazadoras	
	<i>Linyphiidae</i> sp. 4	1♂		Otras cazadoras	
<b>Liocranidae?</b>	<i>Liocranidae?</i> sp.		1♂ ; 2j	Cazadoras de suelo	
<b>Lycocidae</b>	<i>Lycocidae</i> sp. 1		1♂	Cazadoras de suelo	
	<i>Lycocidae</i> sp. 2	1♀		Cazadoras de suelo	
	<i>Lycocidae</i> sp. 3	1♀ ; 1♂ ; 2j		Cazadoras de suelo	
	<i>Lycocidae</i> sp. 4		2♀ ; 2♂	Cazadoras de suelo	
	<i>Ero</i> sp.	1♀	1♀	Especialistas	
<b>Mimetidae</b>	<i>Gelanor juruti</i> Benavides & Hormiga 2016 *	1♀ ; 1♂ ; 1j	1♂	Especialistas	
	<i>Mimetus</i> sp.		1♀	Especialistas	
	<i>Mimetus</i> aff. <i>trituberculatus</i> O. Pickard-Cambridge 1899		1♀ ; 1j	Especialistas	
<b>Miturgidae</b>	<i>Teminius insularis</i> (Lucas 1857) *		2♀	Otras cazadoras	
<b>Mysmenidae</b>	<i>Mysmenidae</i> sp.		1♀ ; 1♂ ; 3j	Tela irregular	
<b>Ochyroceratidae</b>	<i>Ochyrocera</i> sp.		2♀ ; 1♂	Tela en sábana	
	<i>Theotima</i> sp. ♂		1♂	Tela en sábana	
	<i>Cinetomorpha</i> sp.	1♀		Cazadoras de suelo	
	<i>Gradunguloonops florezi</i> Grismado, Izquierdo, González M. & Ramírez 2015		1♀ ; 1♂	Cazadoras de suelo	
	<i>Neotrops</i> sp. 1		1♂	Cazadoras de suelo	
	<i>Neotrops</i> sp. 2	1♂		Cazadoras de suelo	
	<i>Neoxyphinus petrogoblin</i> Abraham & Ott 2012	1♀ ; 3♂		Cazadoras de suelo	
	<i>Neoxyphinus</i> sp.		1♀	Cazadoras de suelo	
	<i>Neoxyphinus termitophilus</i> (Bristowe 1938) *		1♀ ; 4♂ ; 2j	Cazadoras de suelo	
	<i>Paradysderina</i> sp. 1		3♀ ; 1j	Cazadoras de suelo	
	<i>Paradysderina</i> sp. 2		2♀ ; 2j	Cazadoras de suelo	
	<b>Oonopidae</b>	<i>Reductoonops</i> sp. 1	6♀ ; 8♂		Cazadoras de suelo
		<i>Reductoonops</i> sp. 2		1♀ ; 1j	Cazadoras de suelo
		<i>Reductoonops</i> sp. 3	1♂		Cazadoras de suelo
		<i>Reductoonops</i> sp. 4		1♀	Cazadoras de suelo
		<i>Reductoonops</i> sp. 5		2♂	Cazadoras de suelo
		<i>Scaphiella</i> sp.	1♂		Cazadoras de suelo
		<i>Scaphios?</i> sp.	1♀		Cazadoras de suelo
		<i>Simlops cachorro</i> Ruiz 2014		1♂	Cazadoras de suelo
		<i>Simlops</i> sp.	1♂		Cazadoras de suelo
<i>Oonopidae</i> sp. 1			1♀	Cazadoras de suelo	
<i>Oonopidae</i> sp. 2		1♂	Cazadoras de suelo		
<i>Oonopidae</i> sp. 3		1♀	Cazadoras de suelo		
<b>Oxyopidae</b>	<i>Peucetia macroglossa</i> Mello-Leitão 1929	1j	1♀	Otras cazadoras	
	<i>Oxyopidae</i> sp. 1		3♀ ; 1♂ ; 9j	Otras cazadoras	
	<i>Oxyopidae</i> sp. 2	1♀	1♀	Otras cazadoras	
	<i>Oxyopidae</i> sp. 3		1♀	Otras cazadoras	
	<i>Oxyopidae</i> sp. 4	1♀ ; 1♂		Otras cazadoras	
	<i>Oxyopidae</i> sp. 5	1♂		Otras cazadoras	
<b>Palpimanidae</b>	<i>Fernandezina</i> sp. 1		1♀	Especialistas	
	<i>Fernandezina</i> sp. 2		1♀	Especialistas	
	<i>Fernandezina</i> sp. 3		1♀	Especialistas	
	<i>Fernandezina</i> sp. 4		1♀	Especialistas	
<b>Paratropidae</b>	<i>Paratropis</i> sp.	1♀		Cazadoras de suelo	

Arañas (Arachnida: Araneae) de la cuenca alta y media del río Apaporis, en la región amazónica colombiana



Familia	Especie	Localidades		Gremio
		Cuenca alta: Cerro de la Campana (Guaviare)	Cuenca media: Comunidades de: Buenos Aires, Jirijirimo y Morroco (Vaupés)	
	<i>Mecolaesthus?</i> sp.		1♀ ; 1j	Tela irregular
	<i>Mesabolivar aurantiacus</i> (Mello-Leitão 1930)		3♀ ; 2♂ ; 2j	Tela irregular
Pholcidae	<i>Mesabolivar</i> sp. 1		1♀	Tela irregular
	<i>Mesabolivar</i> sp. 2		1♀ ; 1♂	Tela irregular
	<i>Pholcidae</i> sp. 1	1♀	1♂	Tela irregular
	<i>Pholcidae</i> sp. 2	1♀		Tela irregular
	<i>Pholcidae</i> sp. 3	2♂ 1j		Tela irregular
	Pisauridae	<i>Architis tenuis</i> Simon 1898	3♀ ; 1♂	
<i>Thaumasia argenteonotata</i> (Simon 1898)			1♂	Tela en sábana
<i>Pisauridae</i> sp.		1♀		Tela en sábana
Prodidomidae	<i>Lygromma</i> sp. 1	1♂ 1j		Cazadoras de suelo
	<i>Lygromma</i> sp. 2		1♀	Cazadoras de suelo
Salticidae	<i>Amphidraus</i> sp.		2♀ ; 1♂	Otras cazadoras
	<i>Freya</i> sp. 1	1♀ ; 1♂	5♂ 1j	Otras cazadoras
	<i>Freya?</i> sp. 2		1♂	Otras cazadoras
	<i>Hypaeus</i> sp. 1		1♂	Otras cazadoras
	<i>Hypaeus</i> sp. 2		1♂	Otras cazadoras
	<i>Lyssomanes</i> sp. 1		1♂	Otras cazadoras
	<i>Lyssomanes</i> sp. 2	1♂		Otras cazadoras
	<i>Sidusa</i> sp.		2♂	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 1		1♀	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 2		1♂	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 3		2♂	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 4		1♀	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 5		1♀	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 6		1♀	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 7		1♂	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 8	1♂	1♀	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 9		1♀	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 10		1♀ ; 1j	Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 11	1♂		Otras cazadoras
	<i>Salticidae</i> sp. 12	1♂		Otras cazadoras
<i>Salticidae</i> sp. 13	1♀		Otras cazadoras	
<i>Salticidae</i> sp. 14	1♂		Otras cazadoras	
<i>Salticidae</i> sp. 15	1♂ 1j		Otras cazadoras	
<i>Salticidae</i> sp. 16	1♂		Otras cazadoras	
<i>Salticidae</i> sp. 17	1♀		Otras cazadoras	
<i>Salticidae</i> sp. 18	1♀		Otras cazadoras	
<i>Salticidae</i> sp. 19	1♂ 1j		Otras cazadoras	
<i>Salticidae</i> sp. 20	1♀		Otras cazadoras	
Scytodidae	<i>Scytodes</i> sp.	1♀ ; 1♂ ; 3j	1♀ ; 2j	Otras cazadoras
Senoculidae	<i>Senoculus</i> sp.	1♀		Otras cazadoras
Sicariidae	<i>Loxosceles</i> sp.	1♀ ; 1♂ ; 7j	1♀ ; 2j	Emboscadoras
Sparassidae	<i>Guadana</i> sp. ♀	1♂	1♀ ; 2j	Otras cazadoras
	<i>Sparianthis juruti</i> Rheims, 2020 *		1♀	Otras cazadoras
	<i>Sparianthis ravidia</i> (Simon 1898) *	1♀		Otras cazadoras
	<i>Sparassidae</i> sp. 1	1♀		Otras cazadoras
	<i>Sparassidae</i> sp. 2	1♀		Otras cazadoras
Symphytognathidae	<i>Anapistula?</i> sp.	1♀	6♀ ; 8♂ ; 4j	Tela orbicular
Tetrablemmidae	<i>Tetrablemma</i> sp.	1♀	3♀ ; 2♂	Tela en sábana
	<i>Chrysometa aureola</i> (Keyserling 1884)*		1♀	Tela orbicular
Tetragnathidae	<i>Leucauge</i> sp. 1		1♀	Tela orbicular
	<i>Leucauge</i> sp. 2		3♀ ; 1♂	Tela orbicular
	<i>Tetragnata</i> sp.	1♀ ; 3j	1♂	Tela orbicular

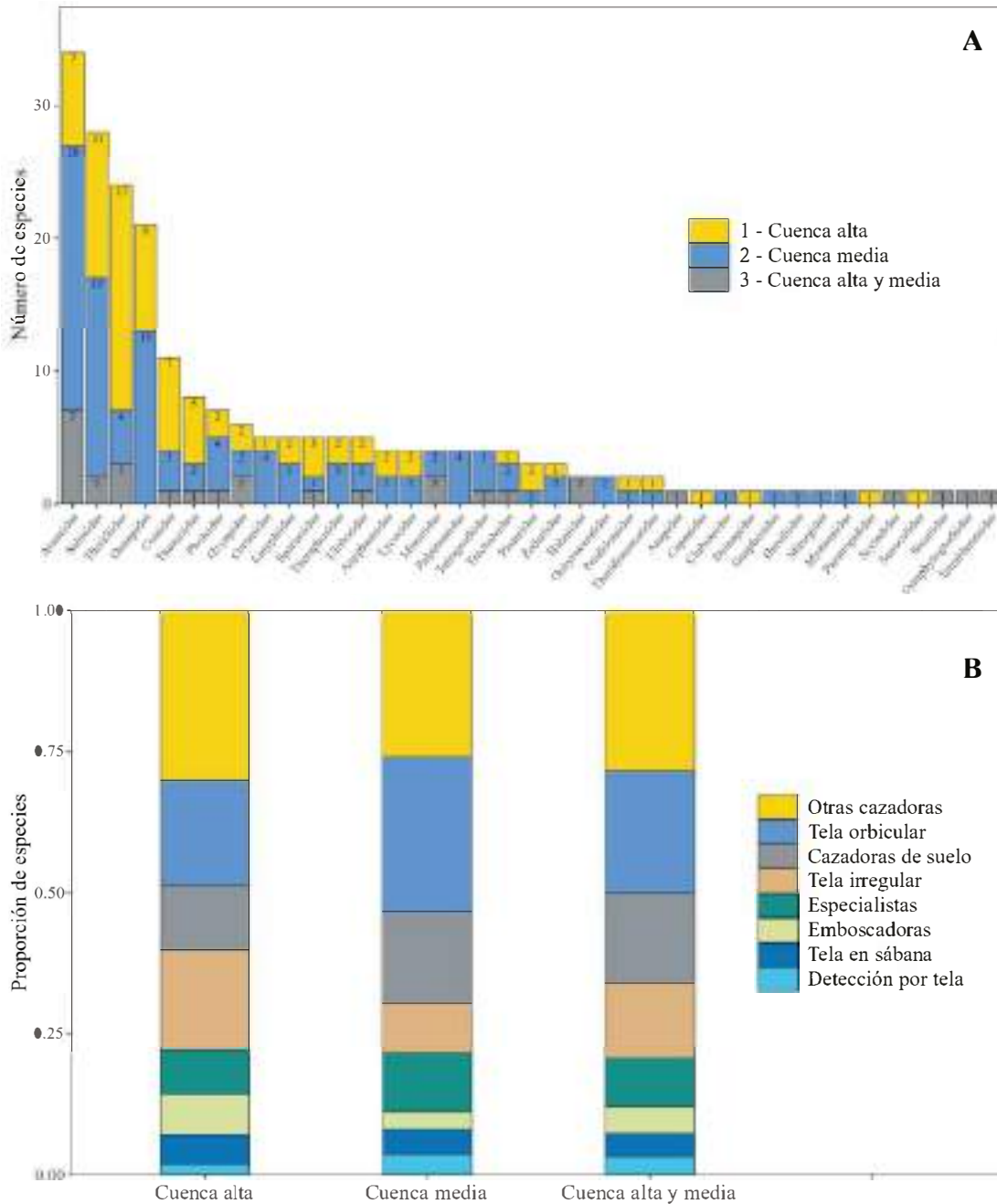
Familia	Especie	Localidades		Gremio
		Cuenca alta: Cerro de la Campana (Guaviare)	Cuenca media: Comunidades de: Buenos Aires, Jirijirimo y Morroco (Vaupés)	
Theraphosidae	<i>Cyclosternum?</i> sp.	1♂		Detección por tela
	<i>Pamphobeteus</i> aff. <i>nigricolor</i> (Ausserer 1875)		1♂	Detección por tela
	<i>Theraphosidae</i> sp. 1		1♀	Detección por tela
	<i>Theraphosidae</i> sp. 2	1♀		Detección por tela
	<i>Theraphosidae</i> sp. 3		2♀	Detección por tela
	<i>Anelosimus</i> <i>baeza</i> Agnarsson 2006 <sup>+</sup>		1♂	Tela irregular
	<i>Cryptachaea?</i> sp.	2♀		Tela irregular
	<i>Dipoena</i> sp. 1	1♀ ; 1♂		Especialistas
	<i>Dipoena</i> sp. 2	5♂	2♀	Especialistas
	<i>Episinus</i> sp. 1		1♀	Tela irregular
	<i>Episinus</i> sp. 2	1♀ ; 1j		Tela irregular
	<i>Faiditus subflavus</i> (Exline & Levi 1962) <sup>*</sup>		1♂	Tela irregular
	<i>Helvibis</i> sp. <sup>□</sup>	1♂		Tela irregular
	<i>Janula bicruciatata</i> (Simon 1895) <sup>□*</sup>	3♀ ; 2♂		Tela irregular
Theridiidae	<i>Janula?</i> sp.	2♂		Tela irregular
	<i>Phycosoma</i> sp.	1♀ ; 2♂		Especialistas
	<i>Rhomphaea</i> aff. <i>cona</i> (González & Carmen 1996)	1♀		Tela irregular
	<i>Spintharus</i> sp.	2♂ 3j	2♀	Tela irregular
	<i>Stemmops</i> sp. <sup>□</sup>	1♀ ; 1j		Tela irregular
	<i>Theridion</i> sp.	1♂		Tela irregular
	<i>Thwaitesia bracteata</i> (Exline 1950)	1♀ ; 1♂	1♀ ; 4j	Tela irregular
	<i>Thymoites</i> sp. 1	2♀ ; 1♂		Tela irregular
	<i>Thymoites</i> sp. 2	6♀ ; 1♂ ; 2j		Tela irregular
	<i>Theridiidae</i> sp. 1		1♀	Tela irregular
	<i>Theridiidae</i> sp. 2	1♀		Tela irregular
	<i>Theridiidae</i> sp. 3	1♂		Tela irregular
	<i>Theridiidae</i> sp. 4	1♀		Tela irregular
	<i>Theridiidae</i> sp. 5	1♂		Tela irregular
<i>Theridiidae</i> sp. 6	1♀		Tela irregular	
Theridiosomatidae	<i>Naatlo splendida</i> (Taczanowski 1879) <sup>+</sup>		1♀	Tela orbicular
	<i>Theridiosoma</i> sp.	1♀		Tela orbicular
Thomisidae	<i>Bucranium taurifrons</i> O. Pickard-Cambridge 1881 <sup>□*</sup>	1♂	1♀ ; 1♂	Emboscadoras
	<i>Epicadus</i> sp.	1♀		Emboscadoras
	<i>Kryptochroma quadrata</i> Machado & Viecelli 2021 <sup>*</sup>		1♂	Emboscadoras
	<i>Stephanopoides brasiliana</i> Keyserling 1880	1♀		Emboscadoras
	<i>Titidius</i> aff. <i>rubescens</i> Caporiacco 1947 <sup>*</sup>		1♀	Emboscadoras
	<i>Thomisidae</i> sp. 1	1♂ 1j		Emboscadoras
Trechaleidae	<i>Thomisidae</i> sp. 2	1♂		Emboscadoras
	<i>Thomisidae</i> sp. 3	1♀		Emboscadoras
	<i>Dossenus marginatus</i> Simon 1898	2♀	1♀ ; 1♂	Especialistas
	<i>Rhoicinus urucu</i> Brescovit & Oliveira 1994 <sup>□*</sup>		1♂ ; 2j	Especialistas
Uloboridae	<i>Trechaleidae</i> sp. 1		1♀ ; 2♂ ; 2j	Especialistas
	<i>Trechaleidae</i> sp. 2	1♀		Especialistas
	<i>Miagrammopes</i> sp.	1♀ ; 4j	1♀ ; 1♂ ; 1j	Tela orbicular
	<i>Philoponella</i> sp.		1♂	Tela orbicular
Zodariidae	<i>Uloborus</i> sp. 1		1♀	Tela orbicular
	<i>Uloborus</i> sp. 2	1♀ ; 2♂		Tela orbicular
	<i>Uloborus</i> sp. 3	1♀ ; 2j		Tela orbicular
Zodariidae	<i>Tenedos</i> sp. 1		1♀ ; 3j	Especialistas
	<i>Tenedos</i> sp. 2		1♀	Especialistas
	<i>Tenedos</i> sp. 3	2♀ ; 3♂ ; 6j		Especialistas

□ = Registro nuevo de género para Colombia; \* = registro nuevo de especie para Colombia; + = registro nuevo de especie para Amazonia colombiana; ♀ = hembra; ♂ = macho; j = juvenil

alta tuvo como gremios con mayor porcentaje de especies a: otras cazadoras (30,1%), arañas de tela orbicular (18,6%), de tela irregular (17,7%) y cazadoras de suelo (11,5%) (figura 1B). La proporción de especies de los gremios son similares a los observados en otros ensamblajes de arañas en el trópico (Cardoso et al. 2011), sin embargo, la baja proporción de arañas con tela irregular, y el elevado porcentaje de arañas cazadoras de suelo; en comparación con otros estudios, se podría explicar igualmente por un sesgo en el muestreo (ver arriba).

### Nuevos registros de géneros y especies

Se encontraron dos registros de géneros nuevos para la cuenca amazónica; el género *Tetrablemma* (Tetrablemmidae) (figura 2A) que en el Neotrópico está reportado en los andes de Colombia y en la región Caribe de Venezuela y Trinidad (Martínez et al. 2020), este género se encontró en ambos puntos de muestreo, asociado a cortezas de árboles. *Theotima* (Ochyroceratidae) (figura 2B-C) con tres especies presentes en Suramérica, una en la isla Galápagos y las otras dos al noreste de Venezuela (WSC 2022),



se recolectó en la comunidad de Buenos Aires, en hojarasca, el registro de este último género también es nuevo para el país. Los géneros *Bucranium* (Thomisidae); *Helvibis*, *Janula* y *Stemmops* (Theridiidae); y *Pseudanapis* (Anapidae) (figuras 2D-H, 3A-B) también fueron nuevos registros de género para Colombia. Estos cinco géneros presentan similares patrones de distribución, con especies presentes tanto en Centro y Suramérica (WSC 2022), por lo que su presencia en el país era predecible por el sistema de triangulación (Sabogal-González 2010). *Bucranium* y

*Pseudanapis* se encontraron en ambas localidades, mientras que *Janula*, *Helvibis* y *Stemmops* sólo en la cuenca alta. Otros registros nuevos de géneros fueron *Amazonopeira* (Araneidae) y *Guadana* (Sparassidae) (figura 3C-E) encontrados en ambas localidades, *Amazoromus* (Gnaphosidae) y *Rhoicinus* (Trechaleidae) (figura 3F-I) presentes en el Vaupés. Estos géneros se caracterizan por tener distribución Amazónica (Brescovit y Höfer 1994, Levi 1994, Silva 2007, Rheims 2021). Es probable que la mayoría de este material correspondan a nuevas especies.



**FIGURA 2.** Nuevos registros de géneros y especies de arañas encontradas en la cuenca alta y media del río Apaporis: *Tetrablemma* sp. (Tetrablemmidae) macho. A) Vista dorsal; *Theotima* sp. (Ochyroceratidae) macho. B) Vista dorsal, C) pedipalpos; *Bucranium taurifrons* (Thomisidae). D) Hembra, vista dorsal, E) macho, vista ventral pedipalpo. *Helvibis* sp. (Theridiidae) macho. F) Vista dorsal; *Janula bicrucata* (Theridiidae) hembra. G) Vista dorsal, H) epigino, vista ventral; *Pseudanapis* sp. (Anapidae) macho. I) Vista dorsal.





**FIGURA 3.** Nuevos registros de géneros y especies de arañas encontradas en la cuenca alta y media del río Apaporis: *Stemmops* sp. (Theridiidae) hembra. A) Vista dorsal, B) epigino, vista ventral; *Amazonepeira* sp. (Araneidae) hembra. C) Vista dorsal, D) epigino, vista ventral; *Guadana* sp. (Sparassidae) macho. E) Vista dorsal; *Amazoromus* sp. (Gnaphosidae) hembra. F) Vista dorsal, G) epigino, vista ventral; *Rhoicinus urucu* (Trechaleidae) macho. H) Vista lateral, I) pedipalpo, vista ventral.

Trece especies fueron nuevos registros para el país, *Bucranium taurifrons* (Thomisidae), *Gelanor juruti* (Mimetidae) y *Wixia abdominalis* (Araneidae) (figuras 2D-E, 4A-D), presentes en ambos puntos de muestreo; *Alpaida carmínea* y *A. tayos*

(Araneidae); *Chysometa aureola* (Tetragnathidae); *Faiditus subflavus* (Theridiidae); *Kryptochroma quadrata* (Thomisidae); *Neoxyphinus termitophilus* (Oonopidae); *Rhoicinus urucu* (Trechaleidae) y *Sparianthis juruti* (Sparassidae) (figuras 3H-I, 4E-J,



**FIGURA 4.** Nuevos registros de géneros y especies de arañas encontradas en la cuenca alta y media del río Apaporis: *Gelanor juruti* (Mimetidae) macho. A) Vista dorsal, B) pedipalpo, vista retrolateral; *Wixia abdominalis* (Araneidae) juvenil. C) Vista frontal, D) vista lateral; *Alpaida carminea* (Araneidae) hembra. E) Vista dorsal, F) epigino, vista ventral; *A. tayos* (Araneidae) hembra. G) Vista dorsal, H) epigino, vista ventral; *Chrysometa aureola* (Tetragnathidae) hembra. I) Vista lateral, I) epigino, vista ventral.

5A-H), reportadas en las localidades del Vaupés; y *Janula bicruciatata* (Theridiidae) y *S. ravidata* (Sparassidae) (figuras 2G-H, 5I) en la serranía del Chiribiquete. Estas especies se distribuyen en

la cuenca del Amazonas. Este inventario eleva a 1.268 especies de arañas para Colombia y 271 especies en la región del Amazonas colombiano.





**FIGURA 5.** Nuevos registros de especies de arañas encontradas en la cuenca alta y media del río Apaporis: *Faiditus subflavus* (Theridiidae) macho. A) Vista lateral, B) pedipalpo, vista ventral; *Kryptochroma quadrata* (Thomisidae) macho. C) Vista dorsal, D) pedipalpo, vista retrolateral; *Neoxyphinus termitophilus* (Oonopidae) macho. E) Vista dorsal, F) pedipalpo, vista apical; *Sparianthis juruti* Sparassidae) hembra. G) Vista dorsal, H) epigino, vista ventral; *Sparianthis ravida* (Sparassidae) hembra. I) epigino, vista ventral.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los coinvestigadores Wilfredo Gómez (Comunidad Buenos Aires) y Andrés Pinzón (Técnico SINCHI-Guaviare), por su invaluable colaboración en la recolección del material. A las comunidades de Buenos Aires, Jirijirimo y Morroco, por su hospitalidad, buena disposición y aval durante la expedición en el Vaupés. A los aracnólogos Franklin Cala y Carlos Perafán por la colaboración en la identificación de algunos especímenes; y a Eduardo Flórez por el acceso al material. A todos los investigadores de la Expedición ColombiaBio Apaporis 2018. Al Instituto SINCHI y a su Directora General Luz Marina Mantilla Cárdenas por la invitación a participar en la expedición. A Colciencias y ColombiaBio por la financiación para el desarrollo de la expedición. Dedicado *in memoriam* al botánico Dairón Cárdenas, infinitas gracias “parcero” por la confianza y el apoyo en el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Abraham N, AD Brescovit, CA Rheims, AJ Santos, R Ott, AB Bonaldo. (2012). A Revision of the Neotropical Goblin Spider Genus *Neoxyphinus* Birabén, 1953 (Araneae, Oonopidae). *American Museum Novitates* 3743:1-76.
- Adis J, MS Harvey. (2000). How many Arachnida and Myriapoda are there world-wide and in Amazonia? *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 35(2):139-141.
- Almeida MQ, L Salvatierra, JW de Morais. (2018). First record of *Theraphosa apophysis* (Tinter, 1991) (Araneae, Mygalomorphae, Theraphosidae) in Brazil. *Check List* 14(4): 647-650.
- Barriga JC, AG Moreno. (2013). Listado de arañas de Colombia (Arachnida: Araneae). *Biota Colombiana* 14: 21-33.
- Battirola LD, DA Batistella, GH Rosado-Neto, AD Brescovit, MI Marques. (2016). Spider assemblage (Arachnida: Araneae) associated with canopies of *vochysia divergens* (Vochysiaceae) in the northern region of the Brazilian pantanal. *Zoologia*, 33(4):1-9.
- Bayer S, H Höfer, H Metzner. (2020). Revision of the genus *Corythalia* C.L. Koch, 1850, part 1: Diagnosis and new species from South America (Araneae: Salticidae: Salticinae: Euophryini). *Zootaxa* 4806(1):1-144.
- Benavides L, E Flórez. (2006). Comunidades de arañas (Arachnida: Araneae) en microhábitats de dosel en bosques de tierra firme e Igapó de la Amazonia Colombiana. *Revista Ibérica de Aracnología* 14: 49-62.
- Benavides LR, G. Hormiga. (2016). Taxonomic revision of the Neotropical pirate spiders of the genus *Gelanor* Thorell, 1869 (Araneae, Mimetidae) with the description of five new species. *Zootaxa* 4064(1):1-72.
- Brescovit AD, AB Bonaldo, R Bertani, CA Rheims. (2002). Araneae. In Adis J. Amazonian Arachnida and Myriapoda: Identification Keys to All Classes, Orders, Families, Some Genera and Lists of Known Terrestrial Species. Sofia-Moscow. Pensoft p. 303-343.
- Brescovit AD, H Höfer. (1994). *Amazoromus*, a new genus of the spider family Gnaphosidae (Araneae) from central Amazonia, Brazil. *Andrias* 13:65-70.
- Bonaldo AB, GRS Ruiz, AD Brescovit, AJ Santos, R Ott. (2014). *Simlops*, a new genus of goblin spiders (Araneae, Oonopidae) from northern South America. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 388: 1-60.
- Bonaldo AB, SC Dias. (2010). A structured inventory of spiders (Arachnida, Araneae) in natural and artificial forest gaps at Porto Urucu, Western Brazilian Amazonia. *Acta Amazonica* 40(2):357-372.
- Cabra-García J, P Chacón, C Valderrama-Ardila. (2010). Additive partitioning of spider diversity in a fragmented tropical dry forest (Valle del Cauca, Colombia). *Journal of Arachnology* 38(2):192-205.
- Cabra-García J, AD Brescovit. (2016). Revision and phylogenetic analysis of the orb-weaving spider genus *Glenognatha* Simon, 1887 (Araneae, Tetragnathidae). *Zootaxa* 4069(1):1-183.
- Cabra-García J, G Hormiga. (2020). Exploring the impact of morphology, multiple sequence alignment and choice of optimality criteria in phylogenetic inference: A case study with the Neotropical orb-weaving spider genus *Wagneriana* (Araneae: Araneidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 188(4): 976-1151.
- Cala-Riquelme F, A Salgado. (2021). New species of *Marma* Simon, 1902 (Salticidae: Euophryini) from Colombia. *Arachnology* 18(8): 868-873.
- Cala-Riquelme F, L Quijano-Cuervo, A Sabogal-González, I Agnarsson. (2018). New species of Otiothopinae (Araneae: Palpimanidae) from Colombia. *Zootaxa* 4442(3):413-426.
- Cárdenas-López D, NC Arboleda, NM Canchala, MO Muñoz, E Agudelo-Córdoba. (2019). Especies de flora y fauna. De Jirijirimo a Cerro Morroco, una Muestra de la Biodiversidad en un Territorio Ancestral. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI p. 152.
- Cardoso P, S Pekár, R Jocqué, JA Coddington. (2011). Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE*, 6(6): 1:10
- Crews SC, W Galvis, RA Torres, MA Gutiérrez-Estrada, J Sarmiento, LA Esposito. (2021). The flattie spiders of the *Selenops isopodus* species group (Araneae: Selenopidae) with a review of *Selenops* records from Colombia. *Zootaxa* 4964(1): 61-82.
- Derraik, JGB, GP Closs, KJM Dickinson, P Sirvid, BIP Barratt, BH Patrick. (2002). Arthropod Morphospecies versus Taxonomic Species: a Case Study with Araneae, Coleoptera, and Lepidoptera. *Conservation Biology* 16(4):1015-1023.
- Dunlop JA. (2010). Geological history and phylogeny of Chelicerata. *Arthropod Structure & Development* 39:124-142.
- Dupérré N. (2022). Araneae (Spiders) of South America: a synopsis of current knowledge. *New Zealand Journal of Zoology* 1-115.
- Flórez E, H Sánchez. (1995). La diversidad de los arácnidos de Colombia, aproximación inicial. In: Rangel O. Colombia diversidad biótica I, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, IMANI. Bogotá, Colombia p. 327-345.
- Galvis W. (2015a). A new species of *Amycus* C. L. Koch, 1846 (Salticidae: Amycoidea: Amycinae) from Colombia, with a new record of *A. spectabilis* C. L. Koch, 1846. *Arachnology* 16(9): 351-352.



- Fukushima CS, R Bertani. (2017). Taxonomic revision and cladistic analysis of *Avicularia* Lamarck, 1818 (Araneae, Theraphosidae, Aviculariinae) with description of three new Aviculariine genera. *ZooKeys* 659:1-185.
- Galvis W. (2015b). Especies nuevas y reportes de arañas saltarinas de Colombia (Araneae: Salticidae: Euophryinae). *Revista Ibérica de Aracnología* 26: 35-41.
- Galvis W. (2015c). Jumping spiders of the genus *Scopocira* Simon, 1900 (Araneae: Salticidae: Amycoidea) from Colombia, with the description of a new species. *Zootaxa*, 4000(2): 281-286.
- Galvis W. (2017). Nineteen new species of *Amphidraus* Simon, 1900 (Salticidae: Euophryini) from Colombia, with comments about their conservation. *Zootaxa* 4286(1): 1-40.
- Galvis W. (2018). First record of *Lyssomanes quadrinotatus* Simon, 1900 (Araneae: Salticidae: Lyssomaninae) from Brazil and Colombia. *Peckhamia* 162.1:1-4.
- Grismado CJ, CA Rheims. (2013). The new world goblin spiders of the new genus *Neotrops* (Araneae: Oonopidae), part 1. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 383: 1-150.
- Grismado CJ, MA Izquierdo, MEG Márquez, CA Rheims. (2015). The Amazonian goblin spiders of the new genus *Gradunguloonops* (Araneae: Oonopidae). *Zootaxa* 3939(1):1-67.
- Guadanucci JPL, C Perafán, D Valencia-Cuéllar. (2017). The genus *Holothele* Karsch, 1879: the identity of the type species (Mygalomorphae, Theraphosidae). *Zoosystema* 39(2):263-271.
- Hazzi NA, C Valderrama-Ardila, AD Brescovit, D Polotow, M Simó. (2013). New records and geographical distribution of ctenid spiders (Araneae: Ctenidae) in Colombia. *Zootaxa* 3709(3):243-254.
- Hazzi, NA, G Hormiga. (2021). Morphological and molecular evidence support the taxonomic separation of the medically important neotropical spiders *Phoneutria depilata* (Strand, 1909) and *P. bolivien-sis* (F.O. Pickard-Cambridge, 1897) (Araneae, Ctenidae). *ZooKeys* 1022:13-50.
- Höfer H, AD Brescovit. (2001). Species and guild structure of a Neotropical spider assemblage (Araneae) from Reserva Ducke, Amazonas, Brazil. *Andrias* 15:99-119.
- Hüsser M. (2018). A first phylogenetic analysis reveals a new arboreal tarantula genus from South America with description of a new species and two new species of *Tapinauchenius* Ausserer, 1871 (Araneae, Mygalomorphae, Theraphosidae). *ZooKeys* 784:59-93.
- Izquierdo MA, MJ Ramírez. (2017). Taxonomic revision of the jumping goblin spiders of the genus *Orchestina* Simon, 1882, in the Americas (Araneae: Oonopidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 410:1-362.
- Jocqué R, AS Dippenaar-Schoeman. (2006). Spider Families of the World. Tervuren. Royal Museum for Central Africa. 336 p.
- Levi HW. (1994). New Species of *Bertrana* and *Amazonopeira*, orb-weaving spiders from the Neotropics (Araneae: Araneidae). *Transactions of the American Microscopical Society* 113(3):229-241.
- Levi HW. (2007). The orb weaver genus *Mangora* in South America (Araneae, Araneidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 159: 1-144.
- Luna AA, CC Kesster, ELS da Silva. (2015). Revision of the orb-weaving spider genus *Verrucosa* McCook, 1888 (Araneae, Araneidae). *Zootaxa* 3921(1):1-105.
- Lopardo L, G Hormiga. (2015). Out of the twilight zone: Phylogeny and evolutionary morphology of the orb-weaving spider family Mysmenidae, with a focus on spinneret spigot morphology in symphytognathoids (Araneae, Araneoidea). *Zoological Journal of the Linnean Society* 173(3): 527-786.
- Luna D, E Herrera-Collazos. (2019): Arácnidos-Miriápodos de la expedición al Río Apaporis-Proyecto Colombia BIO. v2.0. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Dataset/Occurrence.
- Machado M, RA Teixeira, AA Lise. (2018). There and back again: More on the taxonomy of the crab spiders genus *Epicadus* (Thomisidae: Stephanopinae). *Zootaxa* 4382(3): 501-530.
- Martínez L, AD Brescovit, N Martínez. (2018). Five new species of the Ghost Spider genus *Anyphaenoides* Berland from Colombia (Araneae: Anyphaenidae: Anyphaeninae). *Zootaxa* 4425(2): 357-371.
- Martínez L, AD Brescovit, E Villarreal, LFM Oliveira. (2021). An update of morphological and distributional data of the genus *Patrera* Simon (Araneae: Anyphaenidae: Anyphaeninae) with the description of twenty-five new species from Colombia. *Zootaxa* 4914(1):1-64.
- Martínez L, LC Gutiérrez. (2021). A new species of the genus *Fernandezina* Birabén, 1951 (Araneae: Palpimanidae: Otiotopinae) from Colombia. *Zootaxa* 4949(3): 596-600.
- Martínez L, E Flórez, AD Brescovit. (2020). Two new species of the armored spider genus *Tetrablemma* O. P.-Cambridge, 1873 from northern South America (Araneae: Synspermiata: Tetrablemmidae). *Zootaxa* 4743(1):92-102.
- Martínez, L, W Galvis. (2017). Three new species of jumping spiders of the genus *Hypaeus* Simon, 1900 from Colombia (Salticidae: Salticinae: Amycini). *Zootaxa* 4282(1): 192-200.
- Martínez-Torres D, W Glavis. (2018). First record of the genus *Tapinillus* Simon from Colombia, with a new synonym of *T. caldensis* García-Neto (Araneae: Oxyopidae). *Revista Ibérica de Aracnología* 32:105-109.
- Molina-Gómez D, DP Pizzetti, RA Teixeira. (2020). Taxonomic notes on *Stephanopoides* (Araneae: Thomisidae): new records and description of the male of *S. cognata*. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 55(1): 51-57.
- Moss DF, NM Feitosa, AB Bonaldo, GRS Ruiz. (2016). Description of eleven new species of the goblin spider genus *Neoxyphinus* Birabén, 1953 (Araneae, Oonopidae). *Zootaxa* 4098(1): 95-133.
- Ott R, D Ubick, AB Bonaldo, AD Brescovit, MS Harvey. (2019). A revision of the new world goblin spider genus *Cinetomorpha* Simon, 1892 revalidated from *Gamasomorpha* Karsch, 1881 (Araneae, Oonopidae, Oonopinae). *Zootaxa* 4641(1):1-152.
- Platnick NI, L Berniker. (2014a). The goblin spider genus *Costarina* (Araneae, Oonopidae), Part 3. *American Museum Novitates* 3819:1-68.
- Platnick NI, L Berniker. (2014b). The neotropical Goblin spiders of the new genus *Reductoonops* (Araneae, Oonopidae). *American Museum Novitates* 3811:1-75.

- Platnick NI, L Berniker, N Dupérré, AB Bonaldo. (2013a). The goblin spider genera *Prodysderina*, *Aschnaonops*, and *Bidysderina* (Araneae, Oonopidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 373: 1-102.
- Platnick NI, L Berniker, AB Bonaldo. (2013b). The South American goblin spider genera *Dysderina* and *Tridysderina* (Araneae, Oonopidae). *American Museum Novitates* 3772: 1-52.
- Platnick NI, L Berniker, AB Bonaldo. (2013c). The South American goblin spiders of the New Genera *Pseudodysderina* and *Tinadysderina* (Araneae, Oonopidae). *American Museum Novitates* 3787: 1-44.
- Perafán C, W Galvis, F Pérez-Miles. (2019). The first Paratropididae (Araneae, Mygalomorphae) from Colombia: New genus, species and records. *ZooKeys* 830:1-31.
- Perafán C, A Sabogal, J Moreno-González, A García-Rincón, D Luna-Sarmiento, C Romero-Ortiz, E Flórez. (2013). Diagnóstico del estado actual de la fauna de arácnidos y de su gestión en Colombia. *Memorias 40º Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*. Bogotá p. 308-335.
- Pinzón J. (2008). Ensamblaje de arañas del suelo en tres tipos de bosque de la Estación Biológica Mosiro Itajura Caparú (Amazonia Colombiana) In: Alarcón-Nieto G, E Palacios, *Estación Biológica Mosiro Itajura-Caparú. Biodiversidad en el territorio del Yaigojé Apaporis*. Fundación BioColombia, UEPN, MinAmbiente y Conservación Internacional Colombia. p. 117-130.
- Pinzón J, L Benavides, A Sabogal-González. (2010). New records of araneid spiders (Araneae: Araneidae) in the Colombian Amazon region. *Zootaxa* 2626: 46-60.
- Ramírez MJ. (2014). The morphology and phylogeny of dionychan spiders (Araneae: Araneomorphae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 390:1-374.
- Rheims CA. (2013). A new genus of huntsman spiders (Araneae, Sparassidae, Sparianthinae) from the Neotropical region. *Zootaxa* 3734:199-220.
- Rheims CA. (2021). The Neotropical genera *Guadana* Rheims, 2010 and *Sparianthina* Banks, 1929 (Araneae: Sparassidae: Heteropodinae). *Zootaxa* 5061(3):401-431.
- Sabogal-González A. (2010). Estado actual del conocimiento de arañas (Araneae) en Colombia. *Memorias XXXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*. Bogotá p. 123-136.
- Sánchez-Ruiz A, AD Brescovit, AB Bonaldo. (2020). Revision of the spider genus *Nyctrops* Platnick & Lise (Araneae: Caponiidae) with proposition of the new genus *Nopsma*, from Central and South America. *Zootaxa*, 4751(3):461-486.
- Santos AJ, AD Brescovit, M Oliveira-Tomasi, P Russo, U Oliveira. (2017). Curves, Maps and Hotspots: The Diversity and Distribution of Araneomorph Spiders in the Neotropics. In Viera C, M Gonzaga. *Behaviour and Ecology of Spiders: Contributions from the Neotropical Region*. Cambridge. Springer p. 1-28.
- Saturnino R, AB Bonaldo. (2015). Taxonomic review of the new world spider genus *Elaver* O. Pickard-Cambridge, 1898 (Araneae, Clubionidae). *Zootaxa* 4045(1):1-119.
- Silva D. (1992). Observations on the diversity and distribution of the spiders of Peruvian montane forests. *Memorias del Museo de Historia Natural UNMSM* 21:31-37.
- Silva D. (1996). Species composition and community structure of peruvian rainforest spiders: a case study from a seasonally inundated forest along the Samiria river. *Revue Suisse de Zoologie* 1:597-610.
- Silva D. (2007). Description of the male of *Rhoicinus andinus* (Araneae, Rhoiciniinae, Trechaleidae). *Revista Peruana de Biología* 14(2):305-306.
- Silva, ELC da, JE Carico. (2012). Revision of the neotropical nursery-web spider genus *Thaumasia* Perty, 1833 (Araneae: Lycosoidea: Pisauridae: Thaumasiinae). *Zootaxa* 3567:1-64.
- Teixeira RA, M Machado. (2019). On Neotropical crab spiders: Description of a new species of *Onocolus* (Araneae: Thomisidae). *Zootaxa* 4657(1): 188-190.
- Wise DH. (1993). Spiders in ecological webs. Cambridge. Cambridge University Press 328 p.
- WSC (World Spider Catalog). (2022). World Spider Catalog. Version 23.0. *Natural History Museum Bern*, Consultado 22 feb. 2022. Disponible en <http://wsc.nmbe.ch>.




*Cyclosternum* sp. (Theraphosidae) Cerro Campana, Vaupés.  
Foto: Jorge Contreras





*Thalurania furcata*. Foto: Esteban Carrillo



# Aves Expedición Bio Colombia Apaporis 2018

Esteban Carrillo Chica<sup>1</sup> & Miguel Ángel Portura

## Resumen

Entre los últimos días de febrero y los primeros de marzo de 2018 se realizó una evaluación rápida de la avifauna de la parte media del río Apaporis y una localidad aislada y sin estudios ornitológicos previos en localizada en el municipio de Miraflores en el departamento del Guaviare. Se registraron un total de 274 especies de 21 familias, de las cuales 10 se encuentran en algún grado de riesgo a la extinción, una es endémica y otra casi endémica de Colombia. Los registros de 24 especies representan extensiones de sus distribuciones conocidas, de las cuales doce son significativas e implican movimientos biogeográficos grandes desde diferentes áreas de la Amazonia hacia el Escudo Guayanés. La avifauna del área de estudio debe incluir más de 400 especies, muchas de ellas asociadas a ecosistemas prístinos o un excelente estado de conservación. La presencia de estas especies se debe a la diversidad de hábitats presentes en la zona, y aporta evidencia del papel fundamental que han cumplido los territorios indígenas a lo largo de la historia actuando como importantes zonas de conservación.

**Palabras clave:** Escudo Guayanés, Aves, Conservación, Apaporis, Amazonia

## Abstract

A quick assessment of the avifauna in the middle part of the Apaporis River, and in an isolated locality without previous ornithological studies, in the municipality of Miraflores, department of Guaviare, was carried out between the latest days of February and the first days of March, 2018. A total of 274 species from 21 families were recorded, 10 of which are at some degree of risk of extinction, one is endemic, and another almost endemic to Colombia. The records of 24 species represent extensions of their known distributions, twelve of which are significant and involve large biogeographic movements, from different areas of the Amazon towards the Guiana Shield. The avifauna of the study area must include more than 400 species, many of them associated with pristine ecosystems or in excellent state of conservation. The presence of these species is due to the diversity of habitats in the region, and provides evidence of the fundamental role that indigenous territories have played throughout history, acting as important conservation areas.

**Keywords:** Guiana Shield, birds, conservation, Apaporis, Amazon.

---

<sup>1</sup> esteban.c.ch@gmail.com

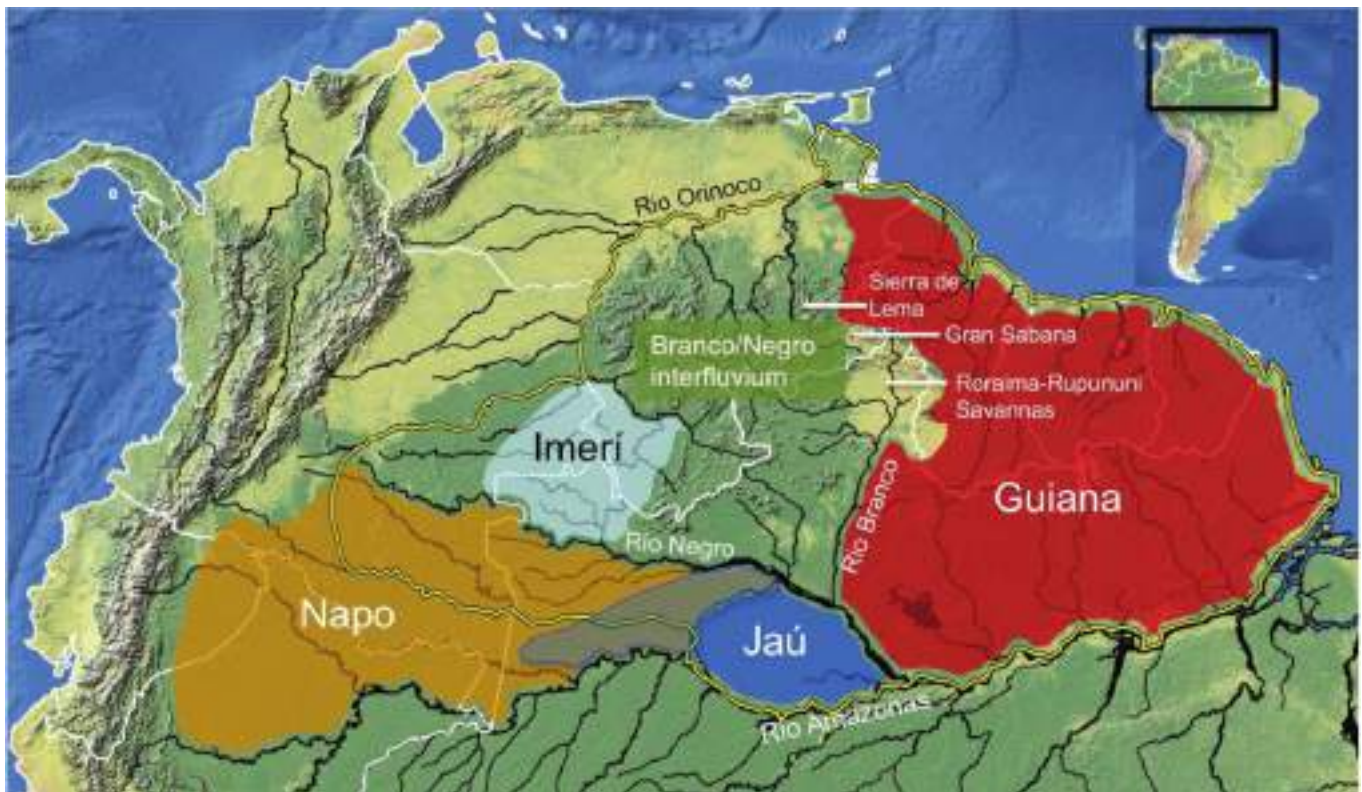


## INTRODUCCIÓN

La expedición Colombia BIO Apaporis 2018 se realizó en áreas de los departamentos del Vaupés, al suroriente de Colombia, y el Guaviare, cerca de los límites con la Orinoquia, en la región de la Amazonia conocida como el Escudo Guayanés. El Escudo Guayanés cubre una amplia superficie del norte de Sudamérica, extendiéndose hacia el norte del río Caquetá y hacia el oriente de los llanos de Colombia y Venezuela sobre un área de 2.5 millones de km<sup>2</sup> (figura 1). El Escudo Guayanés es una de las regiones menos pobladas, mejor conservadas y más heterogéneas del mundo (Hammond, 2005). Esto se debe a que en ella convergen varios tipos de ecosistemas: bosques de tierra firme, bosques inundables de aguas blancas y de aguas negras que son conocidos como rebalses e igapós respectivamente, parches de bosques de arenas blancas, las sabanas más grandes de la Amazonia y tepuyes que son montañas planas o afloramientos rocosos de baja elevación (Naka, 2010 y 2012). A nivel biogeográfico, en el Escudo Guayanés hay cuatro áreas de endemismo de aves: la Guayanesa, la de Jaú, la de Imerí y parte de la del Napo, las cuales están definidas por los cauces de los principales ríos que actúan como barreras a la dispersión (Naka, 2012). En Colombia, el Escudo Guayanés se extiende en los departamentos de Caquetá, Vaupés, Guainía y parte de Guaviare, sobre parte de las áreas de endemismo de Imerí y Napo.

A pesar de su importancia biogeográfica y en términos de conservación, el Escudo Guayanés sigue siendo relativamente poco estudiado y, con excepción de unas pocas localidades, todavía hay mucho desconocimiento de su biodiversidad, y en particular sobre su avifauna. Sin embargo, los estudios indican que a nivel regional la diversidad no depende tanto de la riqueza de los hábitats, que en muchos casos puede no ser muy alta (Borges, 2004; Cohn-Haft et al., 1997), sino del recambio de especies entre los diferentes hábitats (Stiles, Telleria y Díaz, 1995; Naka et al. 2007; Dantas Santos y Cardoso 2007; Borges y Carvalhaes 2000) (figura 2). Esto sumado al reemplazo de especies cercanas que ocurre en orillas opuestas de los ríos (Naka 2012), resulta en avifaunas regionales megadiversas que pueden estar compuestas hasta por 800 especies (Naka et al. 2006). La mayoría de estas especies tienen distribuciones grandes, mientras que hay un subconjunto de especies propias de las diferentes áreas de endemismo.

En el Escudo Guayanés de la Amazonia colombiana se han realizado inventarios de aves en: el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, en los departamentos de Caquetá y Guaviare (Stiles, 1995 y 1996; Stiles et al., 1995; Stiles y Naranjo, 2018); la serranía de La Lindosa, en Guaviare (López-O., Carrillo y Ramírez, 2018); el Parque Nacional Natural Yaigójé-Apaporis, en Vaupés y Amazonas (Stiles, 2010); y la Estrella Fluvial de



**Figura 1.** El Escudo Guayanés (área encerrada en la línea amarilla) se ubica al norte del río Amazonas y el oriente de los Llanos orientales, extendiéndose sobre una amplia superficie del norte de Sudamérica; en él se encuentran las áreas de endemismo de aves de Guayana, Jaú, Imerí y parte de la del Napo (Tomado de Naka et al., 2012).

Inírida en Guainía (Stiles y Beckers, 2015; Naranjo, 2014). En Chiribiquete y La Lindosa el paisaje está dominado por tepuyes y afloramientos rocosos; en Yaigojé, por bosques de tierra firme y en Inírida, por la confluencia de los ríos Guaviare, Atabapo y Orinoco. La avifauna en estos lugares comprende un conjunto de especies con distribuciones amplias hacia el oriente y diferentes proporciones de especies con diferentes afinidades biogeográficas dependiendo de la localidad: en Chiribiquete y Yaigojé principalmente asociadas al área de endemismo del Napo en Amazonas, y en Inírida por especialistas de bosques de arenas blancas asociados al área de endemismo de Imerí.

Para el departamento de Vaupés, además, hay estudios puntuales sobre especies o grupos de especies de aves (López-Lanus, Laverde, Omena y Olarte, 2009; Romero-Zambrano, 1977; Alarcón, 2003 y 2009; Bennet y Defler, 1997; Osorno et al., 2014; Carrillo Chica et al., 2018), reportes de avituristas (Athanas, Spencer y Davies, 2011; Baruah, 2012), informes no publicados y registros históricos de su avifauna

(Olivares, 1955 y 1964; Olivares y Hernández Camacho, 1962; Dugand y Phelps, 1948).

Este trabajo aporta al inventario de aves en áreas anteriormente inexploradas del Escudo Guayanés, así como a entender mejor los procesos biogeográficos que moldean la avifauna de la región. De otro lado, a partir del mayor conocimiento de la avifauna se espera fortalecer la observación de aves como una alternativa económica y de conservación.

## MÉTODOS

### Área de estudio

El presente estudio se realizó entre el 19 de febrero y el 8 de marzo de 2018 en el área no municipalizada de Pacoa en el departamento del Vaupés, y el municipio de Miraflores en el departamento del Guaviare. En el Vaupés se trabajó en las localidades de Buenos Aires, Cerro Morroco y Jirijirimo, y en Guaviare en Cerro Campana.



**Figura 2.** En el Escudo Guayanés el paisaje se caracteriza por la presencia de tepuyes que elevaciones planas con acantilados rocosos, y otros afloramientos rocosos. A. Tepuy ubicado entre la comunidad de Buenos Aires y Mitú. B. Cerro Morroco, a orilla del río Cananarí. C. Quebrada rocosa en Cerro Campana. D. Raudal de Jirijirimo en el río Apaporis.



- La comunidad de Buenos Aires se ubica a orillas del río Cananarí, a pocos metros de su desembocadura en el río Apaporis. Sus habitantes son principalmente indígenas Barasana, y en menor medida de otras etnias como Kabiyaní y Wananos. Alrededor de la comunidad hay bosques de arenas blancas, bosques de tierra firme y rastrojos en diferente grado de desarrollo. Adicionalmente, en las cercanías se encuentra el río Apaporis y el río Kananarí, donde también se realizaron observaciones. Aquí hicimos muestreo entre el 20 y el 24 de febrero de 2018.
- Cerro Morroco está ubicado a orillas del río Cananarí, a cerca de 10 km aguas arriba desde su desembocadura en el Apaporis. En el área se encontraron bosques de arenas blancas sobre la ladera del cerro, sabanas asociadas a la cima de los tepuyes, afloramientos rocosos, bosques de tierra firme en buen estado de conservación hacia la base del cerro, y parches de bosque inundable a lado y lado del río Cananarí. Cerca del cerro, pero en la orilla opuesta del río, se encuentra la comunidad del mismo nombre, que es un caserío mucho más pequeño que el de Buenos Aires en el que la población es mayoritariamente Barasana. Cerca de la comunidad hay algunas chagras, rastrojos y bosques secundarios. En Cerro Morroco se trabajó entre el 25 y el 27 de febrero de 2018.
- En los alrededores del raudal de Jirijirimo el equipo trabajó en la orilla del río Apaporis que está dentro del Vaupés, del otro lado de la comunidad de Jirijirimo que se encuentra en territorio del departamento del Amazonas. En la localidad se hicieron observaciones principalmente en un bosque de

arenas blancas que se extendía sobre una pequeña pendiente, y a orillas del río Apaporis donde son características las rocas y los bordes de bosque. En Jirijirimo solo se realizaron observaciones y registros auditivos el 23 y 24 de febrero de 2018.

- Cerro Campana se encuentra cerca de la confluencia de los ríos Ajajú y Tunia, los cuales se unen para formar el río Apaporis. A Cerro Campana se accedió vía helicóptero desde el aeropuerto de San José de Guaviare. En esa localidad fueron comunes los bosques de arenas blancas, la mayoría sobre laderas rocosas muy difíciles de caminar, así como áreas de sabanas entre los parches de bosques y en la cima del tepuy. Adicionalmente en el área se encontró una buena cantidad de riachuelos y quebradas. En esta localidad el muestreo se realizó entre el 3 y 7 de marzo de 2018.

## INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN DE LA AVIFAUNA

El inventario y la caracterización de la avifauna se hizo mediante recorridos de observación y registros auditivos, capturas con redes de niebla y foto-trampeo con cámaras trampa (Figura 3, Tabla 1). Los registros se hicieron en los principales hábitats de las diferentes localidades: 1) Bosques de tierra firme, 2) Bosques de arenas blancas, 3) Bosques secundarios, rastrojos y chagras, 5) Sabanas, 6) Afloramientos rocosos y 7) Ríos blancos y caños de aguas negras (Figura 4).



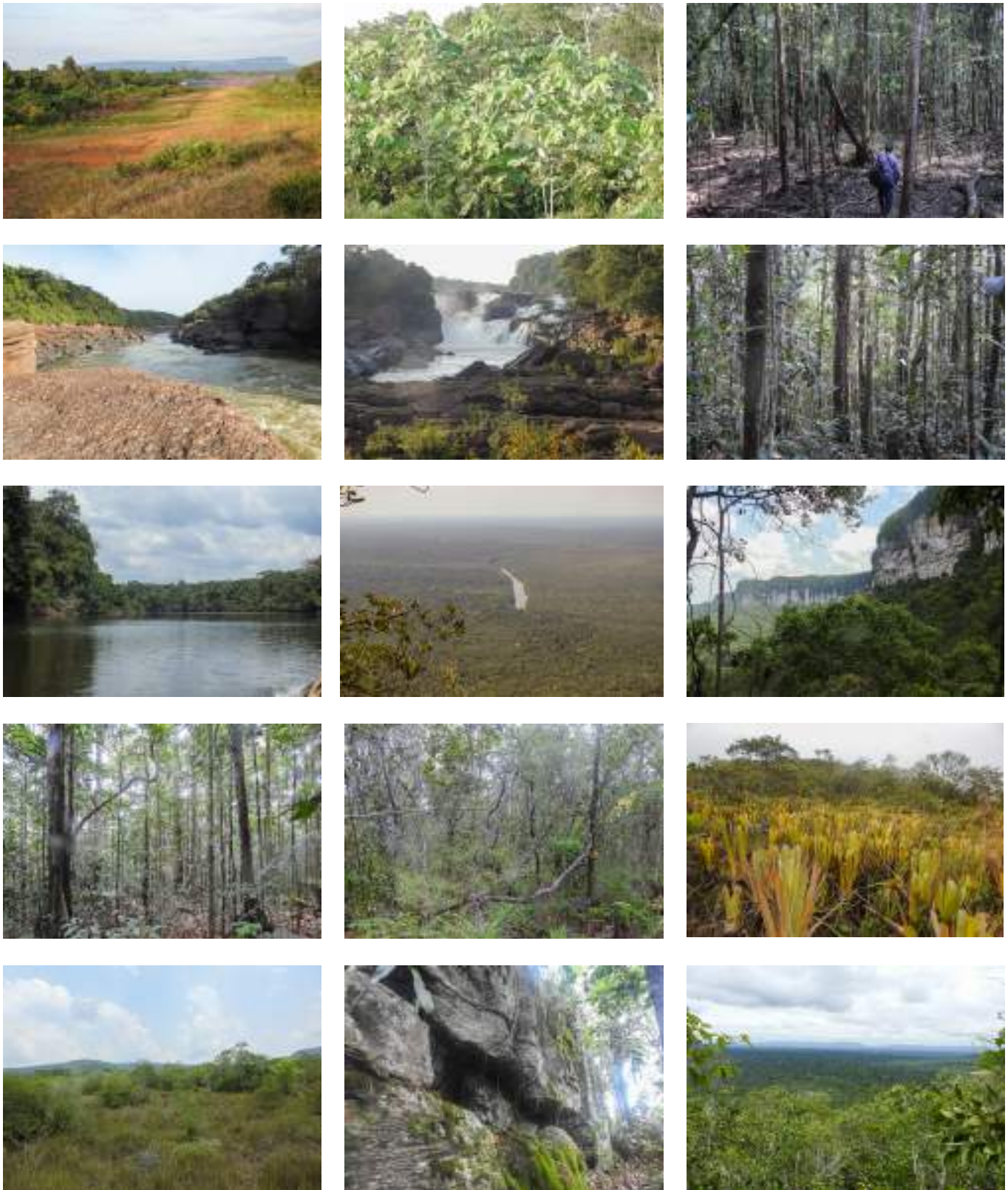




Figura 3. El inventario de aves de la Expedición Bio Apaporis 2018 fue hecho por un equipo intercultural compuesto por un ornitólogo científico, un ornitólogo indígena y dos indígenas de las comunidades locales (A), los cuales hicieron recorridos de observación y registros auditivos (B y C), capturas con redes de niebla (D – F), fotografías de las especies (G) y fototrampeo (H).

Aves Expedición Bio Colombia Apaporis 2018





**Figura 4.** Para hacer un estimativo lo más completo posible de la avifauna se hicieron observaciones, registros auditivos y capturas con redes de niebla en todos los hábitats presentes en el área de estudio. De arriba hacia abajo, y de izquierda a derecha: Buenos Aires: Caserío, Rastrojo, varillal inundable; Jirijirimo: orilla del río Apaporis, raudal de Jirijirimo, bosque de arenas blancas; Cerro Morroco: río Cananari, bosque de tierra firme, Afloramiento rocoso, varillas de ladera, arbustos de la cima del tepuy, vegetación herbácea de cima de tepuy; Cerro Campana: sabana, afloramiento rocoso, bosque.

En las localidades de Buenos Aires, Cerro Morroco y Jirijirimo el equipo trabajó con dos auxiliares de campo locales, mientras que en Cerro Campana se trabajó sin auxiliares de campo debido a la dificultad logística que implica llegar hasta el lugar. En el Vaupés los esfuerzos se concentraron en Buenos Aires y Cerro Morroco, pues de Jirijirimo ya existían los datos de la expedición encabezada por el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia para la declaratoria del Parque Nacional Natural Yaigójé Apaporis. De esta manera, el esfuerzo de muestreo dedicado en cada una de las localidades fue como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 1).

La taxonomía de las aves se presenta de acuerdo con la Lista de chequeo de las aves de Colombia (Avendaño et al. 2017) y la Classification of the bird species of South America (Remsen et al. 2019). Para el estatus de conservación de las aves a nivel global se consultaron las Listas Rojas de la IUCN (IUCN, 2017), y a nivel nacional los Libros rojos de aves de Colombia (Renjifo et al. 2014 y 2016). Para el estatus migratorio se tuvo en cuenta la Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia (Naranjo et al. 2012) y la información consignada en la Guía ilustrada de la avifauna colombiana (Ayerbe Quiñones 2019) y los libros Guía de Campo de las Aves de Colombia (McMullan et al. 2021) y Birds of Colombia (Hilty 2021).

## Análisis de datos

### Índices ecológicos

Para estimar la similitud de la avifauna registrada en las cuatro localidades se calculó el Índice de Sorensen-Dice. Dicho índice está diseñado para evaluar que tan parecidos son dos conjuntos de datos diferentes, por lo que se compararon todas las combinaciones posibles de pares de localidades, y luego se hizo la comparación entre sí los valores de cada una de estas. Para el cálculo de este índice se utilizó la siguiente fórmula:

$$I=2C/A+B$$

Donde A y B son el número de especies total registrado en las diferentes localidades, y C es el número común que ese par de

localidades en particular comparten. Entre mayor es el valor del índice, mayor es la similitud entre la composición de especies.

### Ampliaciones de distribución

Para determinar las ampliaciones de distribución se consideraron los mapas de estos dos últimos libros, así como aquellos de otras guías de campo de Colombia y otros países amazónicos (Hilty y Brown 1986; Hilty 2002; Restall et al., 2010, Ayerbe Quiñones 2019, Hilty 2021, Mc Mullan et al., 2021) y las de páginas web especializadas (p. ej. eBird 2021, Xenocanto 2021).

Se clasificaron los tipos de ampliaciones de distribución de acuerdo con el origen de las especies, de la siguiente manera:

Hacia el sur: especies cuya distribución se extendía hacia el norte del río Vaupés, principalmente sobre áreas amazónicas hasta los departamentos de Guainía y Vichada, o también hasta los ecosistemas de origen orinocense de los llanos de Colombia.

Hacia el sur oriente: especies cuya distribución se extendía hacia el norte de los ríos Guaviare o Vaupés donde alcanzaba la cordillera de los Andes al oriente, y hacia el sur por una delgada franja desde el piedemonte hasta las tierras bajas en los departamentos de Meta, Caquetá y Putumayo.

Hacia el norte: especies cuyo límite de distribución hacia el norte del continente coincidía con los ríos Caquetá, Putumayo o Amazonas, al sur de la Amazonia colombiana.

Hacia el oriente: desde áreas andinas o de piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, que se extienden en menor o mayor medida hacia las tierras bajas de los departamentos de Caquetá y Putumayo.

Hacia el occidente: desde áreas en los vecinos países de Brasil y/o Venezuela, o de áreas cercanas del Guainía en cercanías de la serranía de Naquén.

Cerrando distribución: especies cuya distribución formaba una especie de "herradura" rodeando, a diferentes distancias, los puntos en los que se realizaron las observaciones. Estas "herraduras" tienen dos formas dependiendo del origen más amazónico o guayanés de las especies; desde áreas de Amazonas y Guainía cerrándose hacia el occidente hacia el piedemonte andino, o desde áreas al sur o y norte de las localidades de observación extendiéndose hacia el oriente en Brasil y Venezuela.

Localidad	Días	No. Obs.	Esfuerzo
Buenos Aires	4	3	12
Cerro Morroco	3	3	9
Jirijirimo	1	3	3
Campana	4	2	8
<b>Total</b>			<b>32</b>

**Tabla 1.** Esfuerzo de muestreo empleado en cada localidad para la realización del inventario de aves. El esfuerzo se calculó multiplicando el número de días de observación por el número de observadores. Cada día se hicieron recorridos entre las 5:00 y las 11:00 am y entre las 2:00 y las 5:00 pm aproximadamente. En las localidades de Buenos Aires, Cerro Morroco y Jiririmo el número de observadores se tomó como cuatro, pues los dos auxiliares no contaban con experiencia para la identificación, pero fueron esenciales para la detección de muchas especies en campo.

## RESULTADOS

### Riqueza y diversidad

Durante la Expedición Colombia BIO Apaporis 2018, se combinaron tres métodos para los inventarios, a través de los cuales en total se registraron 274 especies de aves de 51 familias (Anexos 1, 2 y 3). Cerro Morroco fue la localidad en la que se encontró el mayor número de especies (Figura 5). Esto se debió a que en esta localidad fue donde hubo un mayor número de ambientes, incluidos los bosques de tierra firme y de arenas blancas en muy buen estado de conservación, afloramientos rocosos, tepuyes, chagras y rastrojos; además en esta localidad se logró hacer un recorrido en bote por los alrededores, lo que dio la posibilidad de visitar los únicos bosques inundables en los que se realizaron observaciones durante la Expedición. Adicionalmente, Cerro Morroco fue la segunda localidad en la que se hizo un mayor esfuerzo de muestreo.

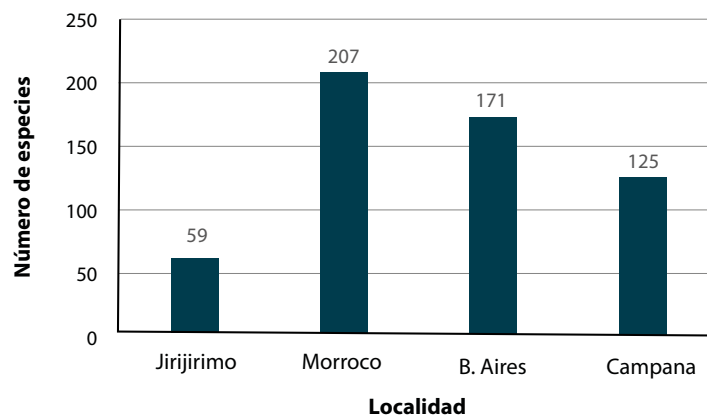
Por el contrario, en Jirijirimo fue la localidad donde se registró un menor número de especies, lo que se debió a un esfuerzo de muestreo menos intenso, ya que en las observaciones llevadas a cabo incluyeron pocos hábitats como el borde del río Apaporis y un bosque de arenas blancas. A pesar del alto grado de conservación de estos bosques, se sabe que hay menor diversidad asociada a este tipo de ecosistemas. En Cerro Campana, se trabajó también en hábitats en los que hay relativamente poca diversidad como sabanas y bosques de arenas blancas. Adicionalmente, en esta localidad no se contó con el apoyo de auxiliares de campo, quienes contribuyeron a la detección de varias especies en las localidades del Vaupés. En Cerro Campana tampoco había caminos y la topografía era bastante complicada, lo que dificultó la realización de observaciones.

Las familias más ricas en especies en todas las localidades fueron *Thamnophilidae*, *Tyrannidae*, *Thraupidae*, *Furnariidae*, *Trochilidae* y *Psittacidae*, lo cual refleja una composición normal en los bosques amazónicos de tierras bajas (Figura 6).

Estas 6 familias, en conjunto, aportaron entre el 40 y el 49% de todas las especies en cada una de las cuatro localidades. Sin embargo, hubo diferencias entre la proporción de especies que cada una de estas familias aportó a la avifauna en cada una de ellas. Por ejemplo, en Cerro Campana fue donde los horneros alcanzaron su mayor diversidad, mientras que fue donde menos loros y guacamayas fueron registradas. Por su parte, Jirijirimo fue la única localidad donde se registraron *Pandion haliaethus*, *Gampsonyx swainsoni* y *Columbina minuta*. La primera es una especie generalista, que también se encuentra en las otras tres localidades del Vaupés asociada a los cuerpos de agua. Las otras dos especies están asociadas a ecosistemas como las chagras y los rastrojos.

Estas diferencias en la composición específica de cada localidad, se reflejan en la similitud entre la avifauna de cada una de ellas. De igual manera, el recambio de especies entre las localidades indica la diferencia en los hábitats que se encuentran en cada una, así como que la diversidad a nivel regional no está representada en ninguna de ellas por sí solas, y que por lo tanto su conservación depende del mantenimiento de todas ellas.

Buenos Aires y Cerro Morroco fueron las localidades con la avifauna más parecida (Tabla 2), lo cual era esperable debido a su cercanía geográfica y se vio reflejado en el alto número de familias y especies que compartieron entre sí: nueve familias de las que siete no fueron registradas en ninguna de las otras dos localidades, y 151 especies de las que 68 no fueron registradas ni en Cerro Campana ni en Jirijirimo. Dentro de estas últimas hay varias que vale la pena resaltar. Por ejemplo, algunas que tienen importancia para el desarrollo de iniciativas de turismo de observación de aves como el colibrí Topacio de fuego (*Topaza pyra*), el Gallito de roca (*Rupicola rupicola*) y la Cotinga celeste o real (*Cotinga cayana*) entre otras. Igualmente, dentro de este grupo hay un importante número de carpinteros y hormigueros (incluyendo todas las especies de la familia *Formicariidae*) asociados a ecosistemas en buen estado de conservación.



**Figura 5.** Número de especies de aves encontradas en cada una de las cuatro localidades en las que se hicieron inventarios de fauna durante la Expedición Colombia BIO Apaporis 2018. El poco número de especies registradas en Jirijirimo se debe al poco esfuerzo de muestreo implementado en esta localidad.





**Figura 6.** El grupo más diverso de aves en el área de estudio fue el de las insectívoras. Dentro de estas los hormigueros fueron los más ricos en especies. Estos se caracterizan por que son más fáciles de detectar auditiva que visualmente, y porque tienen un marcado dimorfismo sexual en el que los machos generalmente tienen plumajes grises y las hembras cafés. De arriba hacia abajo y de derecha a izquierda: *Thamnophilus amazonicus*, *Thamnophilus* sp., *Dichrozona cincta*, *Epinecrophyla haematonota*, *Hypocnemis flavescens*, *Megastictus margaritatus*, *Thamnomanes ardesiacus*, *Gymnophithys leucaspis*, *Pithys albifrons*. Las fotografías de *Thamnophilus* sp., *Gymnophithys leucaspis* y *Pithys albifrons* son de autoría de Jorge Luis Contreras.

Adicionalmente, dentro de las especies exclusivas de estas dos localidades hay algunas como el Azulejo (*Thraupis episcopus*), los Algodoneros (*Tityra inquisitor* y *T. cayana*), el Cucarachero común (*Troglodytes aedon*) y algunos semilleros (*Sporophila castaneiventris* y *S. angolensis*) entre otros, que están asociadas a hábitats

antrópicos como los rastrojos, las chagras y los caseríos, que solo fueron muestreados en estas dos localidades. Por su parte, las diferencias en la composición de la avifauna de ambas localidades se deben a la presencia de enormes afloramientos rocosos en Cerro Morroco, los cuales no se encuentran en Buenos Aires,

y también a que en esta localidad se hicieron observaciones en bosque inundable y el cauce del río Cananarí, que fueron hábitats que no fueron muestreados en los alrededores de Buenos Aires. Dentro de estas están *Notharcus ordii*, *Rhegmatorhina cristata*, *Hirundinea ferruginea*, *Neopelma chrysocephalum* y *Pygochelidon melanoleuca* entre otras.

Jirijirimo fue donde se registró una avifauna más diferente a la del resto de localidades, a pesar de su cercanía geográfica con Buenos Aires y Cerro Morroco. Sin embargo, esto se debió a que acá fue donde hicimos un menor esfuerzo de muestreo, lo cual se decidió pues la Universidad Nacional de Colombia ya había hecho un inventario de avifauna en el contexto de la declaratoria del Parque Nacional Natural Yaigojé Apaporis (Stiles 2010). En este sentido, si se tienen en cuenta los datos del inventario mencionado, que podría ser similar a haber hecho un mayor esfuerzo de muestreo, las tres localidades formarían un solo grupo homogéneo separado de Cerro Campana. A pesar de esto, es importante destacar que en Jirijirimo también tendría algunas especies exclusivas, y particularmente aquellas asociadas a grandes raudales como los característicos de este sector del río Apaporis como *Pygochelidon melanoleuca*. En esta localidad se registraron otras dos especies que no fueron observadas en ninguna otra: *Pandion haliaetus* y *Columbina minuta*, pero estas con seguridad también están presentes en otras localidades. La primera asociada a los ríos como el Apaporis y el Cananarí, y la segunda a los caseríos, chagras y rastros.

Las siguientes dos localidades más similares en cuanto a su composición fueron Cerro Campana y Cerro Morroco, lo cual probablemente se debe a que en ambas hay afloramientos rocosos y sabanas. Esto determina la presencia de ciertas especies características de estos hábitats como *Galbula leucogastra*, *Notharcus ordii*, *Herpsilochmus dorsimaculatus*, *Pernoscotola rufifrons* y *Tachyphonus phoenicius* entre otras. Sin embargo, vale la pena resaltar que Cerro Campana se encuentra bastante lejos geográficamente de Cerro Morroco, y que ecológicamente también tiene bastantes diferencias. Por ejemplo, mientras que en Morroco la vegetación crece sobre un enorme bloque de roca, en Campana lo hace sobre grandes cantidades de cantos rodados, lo que afecta la vegetación que puede desarrollarse en cada uno. De otro lado, en Campana son comunes los pequeños arroyos que

fluyen sobre lechos rocosos y no hay grandes ríos cerca, Mientras que en Morroco prácticamente no hay quebradas o arroyos, pero sí está muy cerca el río Cananarí. Como es de esperarse, esto se ve reflejado en la composición de la avifauna registrada en cada uno de estos sitios. De hecho, 47 de las especies registradas en Cerro Campana no lo fueron en Morroco, y por el contrario más de 100 especies registradas en Morroco no lo fueron en Campana. Dentro de las primeras vale la pena mencionar algunas como *Crypturellus duidae*, *Chlorostilbon olivaresi*, *Cymbilaimus lineatus*, *Lepidocolaptes duidae*, *Elaenia ruficeps* y *Granatellus pelzelni* entre otras, las cuales son características del escudo Guayanés, y varias de ellas particularmente de afloramientos rocosos (Anexo 1). Por esto mismo, es probable que muchas de estas especies también estén presentes en Cerro Morroco pero que no hayan sido registradas simplemente por efectos del esfuerzo de muestreo. Sí mismo, en Cerro Campana fue el único lugar en el que fueron registradas reinitas (familia Parulidae), las cuales estuvieron representadas por dos especies migratorias: *Setophaga fusca* y *S. striata*. que también probablemente están presentes en las otras localidades. Sin embargo, aunque es probable que el número de especies exclusivas de esta localidad disminuyera si se aumentara el esfuerzo de muestreo, aun así, seguramente Cerro Campana tendría un mayor número de especies exclusivas en comparación con Buenos Aires, Morroco y Jirijirimo, debido a sus particularidades ecológicas características de las partes altas de un tepuy.

Por su parte, Cerro Morroco fue la localidad en la que más especies se registraon y en la que un mayor número de ellas fueron especies exclusivas (30) y no se observó en ninguna de las otras tres localidades. Esto se debe, entre otras cosas, a que aquí se muestrearon en hábitats que no fueron visitados en los otros puntos, como los bosques inundables y los ríos. Dentro de estas es relevante mencionar a: *Rhegmatorhina cristata* que es casi endémica de Colombia; *Hirundinea ferruginea* (Figura 7) y *Chordeiles acutipennis* que están asociados a zonas abiertas como las sabanas y los afloramientos rocosos; y *Aeronautes montivagus* que es un vencejo con una distribución discontinua que incluye algunas zonas secas de los piedemontes andinos y los afloramientos rocosos propios del escudo Guayanés, que se encuentra en regiones como el Guainía, pero que hasta el

	Campana	Morroco	Buenos Aires	Jirijirimo
	125	207	171	59
<b>Campana</b>		78	63	21
<b>Morroco</b>	0,47		152	53
<b>Buenos Aires</b>	0,43	0,80		42
<b>Jirijirimo</b>	0,23	0,40	0,37	

**Tabla 2.** Índice de similitud entre pares de localidades en las cuales se realizaron inventarios de aves durante la Expedición Colombia Bio Apaporis 2018. Por encima de la diagonal: primera fila número de especies de cada localidad, y en las siguientes filas aparece el número de especies compartidas entre las dos localidades. Por debajo de la diagonal aparece el valor del índice de similitud de Sorensen entre pares de localidades.



**Figura 7.** En hábitats como los afloramientos rocosos de Cerro Morroco y Cerro Campana y las riberas rocosas de Jirijirimo y Cerro Campana fueron se encontraron especies especialistas y con distribuciones puntuales en pequeños parches como *Hirundinea ferruginea* (izquierda) y *Pygochelidon melanoleuca* (derecha).

momento no había sido registrada en el área. También fueron exclusivas otras especies con distribución biogeográfica Guayanesa como *Sdelenidera nattereri*, que es un tucán que puede tener importancia para el desarrollo de actividades relacionadas con el turismo de observación de aves, y *Caryothraustes canadensis*, que está restringida al Vaupés y algunas áreas del Guainía. Adicionalmente, como en el caso de Cerro Campana, Cerro Morroco fue el único lugar en el que se registraron algunas especies migratorias boreales como la golondrina *Riparia riparia*, la cual es probable que se hubiera encontrado también en Buenos Aires y Jiririmo con un mayor esfuerzo de muestreo.

De otro lado, Buenos Aires fue la localidad en la que el equipo registró un mayor número de familias exclusivas: Laridae, Jacanidae y Charadriidae, las cuales muy seguramente también están presentes en las otras localidades que hay en cercanías geográficas, pero no fueron registradas durante la Expedición debido al corto tiempo disponible para hacer observaciones (figura 8). Igualmente, a nivel específico en Buenos Aires sólo se registraron 12 especies exclusivas, todas las cuales probablemente también se encuentran en las otras dos localidades del sector Apaporis – Cananarí en las que se hicieron observaciones.

### Especies amenazadas

Diez de las 274 especies de aves registradas se encuentran en algún riesgo a la extinción a nivel global: dos son vulnerables (VU) y ocho se encuentran casi amenazadas (NT) (Tabla 2, Figura 9). Estas incluyen tres especies de gallinetas (Tinamidae), dos paujiles (Cracidae), una perdiz (Odontophoridae), un tente (Psophidae), una paloma (Columbidae), una lora (Psittacidae) y un hormiguero (Thamnophilidae). De acuerdo

con los pobladores de las diferentes localidades, y a las observaciones hechas por el equipo, todas estas son comunes y sus poblaciones son sanas en todas las localidades de estudio, de tal manera que al menos a nivel local su conservación está asegurada. Es interesante que siete de estas especies son frecuentemente consumidas por las comunidades locales, de tal manera que su reducción o extinción local no sólo tendría consecuencias a nivel biológico sino también en términos de la seguridad alimentaria de los pueblos indígenas, así como en la expresión de algunas de sus manifestaciones culturales como narraciones y canciones que hacen relación a estas especies. Es importante mencionar, que en estas canciones y narraciones probablemente hay descripciones acerca de la ecología e historia natural de estas especies, así como recomendaciones sobre su manejo y conservación.

Cerro Campana y Cerro Morroco fueron las localidades en las que se registró un mayor número de especies en riesgo a la extinción (Tabla 3). De hecho, sólo tres de estas especies no fueron registradas en estas localidades: *Mitu tomentosum*, *Patañoenas subvinacea* y *Thamnophilus nigrocinereus*. Es muy posible que las dos primeras estén en el área, pero que no hayan sido registradas durante el corto tiempo de muestreo, mientras que el hormiguero (*T. nigrocinereus*) está asociado principalmente a ambientes acuáticos y ribereños que no se encuentran en Cerro Campana. Esto era de esperarse, pues este es el lugar más aislado de todos, donde la presión humana es completamente inexistente, y en el que los ecosistemas se encuentran en excelente estado de conservación. De esta manera, es evidente la importancia de este lugar para proporcionar hábitats y refugio para estas especies, así como la relevancia de proteger esta área bajo alguna categoría de conservación.





A



B



C



D



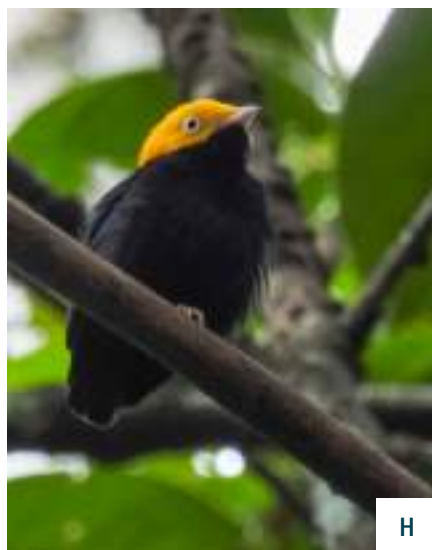
E



F



G



H



I

Figura 8. Algunas de las aves registradas durante la Expedición Apaporis 2018. A. *Nyctipolus nigrescens*. B. *Thalurania furcata*. C. *Pseudastur albicollis*. D. *Pharamachrus pavoninus*. E. *Galbula leucogastra*. F. *Anabacerthia ruficaudata*. G. *Ceratopira erythrocephala*. I. *Tersina viridis*.

Por el contrario, Jirijirimo fue donde se encontraron menos especies amenazadas, lo que se debió a una intensidad de muestreo más baja. Por su parte, en Buenos Aires y Cerro Morroco fueron encontradas un número similar de especies amenazadas, pero debido a su cercanía y similitud ecológica en ambas localidades estén presentes las mismas especies. Sin embargo, también es posible que haya algunas pequeñas diferencias,

debido principalmente a la presencia del tepuy que da nombre a la localidad de Morroco donde seguramente hay especies particulares.

De otro lado, a nivel de hábitat, la mayoría de las especies (seis de las diez) son características de los bosques de tierra firme (Tabla 3), lo cual era de esperarse pues este es el hábitat de mayor extensión en el área de estudio. También es de anotar



**Figura 9.** Algunas de las especies de aves que se encuentran en riesgo de extinción que fueron registradas durante la Expedición Colombia BIO 2018. A. *Tinamus major*. B. *Tinamus guttatus*. C. *Crax alector*. D. *Psophia crepitans*.

**Tabla 3.** Especies de aves en algún riesgo a la extinción registradas durante la Expedición Colombia BIO Apaporis 2018. NT: Casi Amenazada. VU: Vulnerable. BTF: Bosque de tierra firme. BI: Bosque inundable. BAB: Bosque de arenas blancas. Sab: Sabanas. B ribera. Bosque de borde de río.

Especie	Campana	Morroco	B. Aires	Jirijirimo	UICN	Hábitat
<i>Tinamus major</i>	1	1	1		NT	BTF
<i>Tinamus guttatus</i>	1	1			NT	BTF, BI
<i>Crypturellus duidae</i>	1				NT	BAB, Sab
<i>Mitu tomentosum</i>		1	1	1	NT	B ribera
<i>Crax alector</i>	1	1			VU	BTF, BI
<i>Odontophorus gujanensis</i>	1	1			NT	BTF
<i>Psophia crepitans</i>	1		1		NT	BTF
<i>Patagioenas subvinacea</i>			1		VU	BB
<i>Amazona farinosa</i>	1	1	1		NT	BTF, BB
<i>Thamnophilus nigrocinereus</i>		1	1	1	NT	BAB
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2 VU; 8 NT</b>	



que cinco de estas seis especies son especies terrestres y su principal medio de locomoción es caminando por el suelo del bosque. Esto las hace más vulnerables no solo a la presión de cacería, en los lugares en los que esta actividad no es solo de subsistencia, sino también a fenómenos como la fragmentación y destrucción de hábitat, lo cual afortunadamente no ocurre en el área de estudio. Dos especies son especialistas de los bosques de arenas blancas y los ambientes de sabanas: *Crypturellus duidae* y *Thamnophilus nigrocinereus*. La primera es una especie poco conocida, y la segunda puede ser abundante en lo local, pero de distribución restringida. Esto sumado al hecho de que los bosques de arenas blancas son mucho menos extensos y se encuentran distribuidos en parches discontinuos, hace pensar que estas dos especies podrían estar en mayor riesgo y llegar a aumentar su categoría de vulnerabilidad. Dos especies se encuentran en bosque inundable: *Tinamus guttatus* y *Crax alector*, pero también en bosque de tierra firme, y dos en bordes de bosque, por lo que probablemente son las que se encuentran en menor riesgo. Una especie está asociada a los bosques del borde de los ríos.

Se encontró también que hay 120 especies que son de preocupación menor (LC) pero cuyas poblaciones también están disminuyendo a nivel global. Dentro de estas merece destacar a las otras tres especies de gallinetas que fueron registradas en el inventario (*Crypturellus cinereus*, *C. soui* y *C. variegatus*), las otras cinco especies de Crácidos (*Penelope jacquacu*, *Ortalis guttata*, *Pipile cumanensis*, *Nothocrax urumutum* y *Mitu salvini*), cuatro especies de águilas (*Spizaetus melanoleucus*, *Busarellus nigricollis*, *Pseudastur albicollis* y *Leucopternis melanops*), tres especies de halcones (*Micrastur gilvicollis*, *Ibycter americanus* y *Falco rufifigularis*) y seis especies de la familia Psittacidae (*Ara macao*, *Pyrrhura melanura*, *Deroyptus accipitrinus*, *Pionus menstruus*, *Amazona ochrocephala* y *Amazona amazonica*) entre otras. Adicionalmente, dentro de este grupo hay cuatro especies migratorias boreales y una especie casi endémica de Colombia.

### Especies endémicas y casi endémicas

Durante el inventario se hizo el registro de una especie endémica: *Chlorostilbon olivaresi*; dos especies casi endémicas: *Myrmotherula cherrie* y *Rhegmatorhina cristata*; y una especie con información insuficiente: *Crypturellus duidae* (Figura 10).

*C. olivaresi* es un colibrí que fue descubierto hace aproximadamente 20 años en la parte norte de Chiribiquete, en el lugar conocido como el Valle de los Menhires, asociado a formaciones de tepuyes, y posteriormente descrito por Stiles en 1996. Desde entonces este colibrí no había sido registrado en ninguna otra localidad diferente. Durante la expedición Colombia BIO se logró registrar en Cerro Campana, el área más nororiental de la formación de Chiribiquete, también asociado a la cima de un tepuy. También se obtuvieron registros visuales sin confirmar en Cerro Morroco, en el extremo sur de la formación, donde también se trabajó sobre un tepuy. De esta manera, aunque

esta sigue siendo una especie endémica de Colombia, los datos obtenidos indican que su distribución puede extenderse por toda la formación de Chiribiquete, incluyendo también áreas como la Serranía de La Lindosa en el departamento del Guaviare y los afloramientos rocosos de Carurú en el noroccidente del Vaupés.

*M. cherrie* es un hormiguero pequeño, común y fácil de reconocer, que se encuentra asociado a bordes de humedales, aunque también puede ser observado en hábitats de tierra firme. Durante la expedición se observó una pareja en los alrededores de laguna Negra, en la localidad de Buenos Aires. Sin embargo, lo más probable es que también se encuentre en las localidades de Morroco y Jirijirimo, las cuales tienen hábitats similares y adecuados para la especie. La mitad de la población de esta especie se encuentra en Colombia en los departamentos de Vaupés y Guainía, pero también podría estar presente en áreas adyacentes del Vichada. También se encuentra en Venezuela y una estrecha franja del Brasil que limita con Venezuela.

*R. cristata* es un hormiguero asociado a bosques de arenas blancas, donde generalmente es escaso. Durante la expedición se hizo el registro auditivo de esta especie en un rastrojo aledaño a una chagra recién tumbada en Cerro Morroco. Sin embargo, esta especie, al igual que la anterior, es probable que también se encuentre en las otras tres localidades del Apaporis en las que también hay bosques de arenas blancas. *R. cristata* es una especie casi endémica de Colombia, cuya distribución incluye áreas del Vaupés y Guainía en Colombia, y una estrecha franja que se extiende en el Brasil bordeando la margen sur del río Negro hasta su desembocadura en el río Amazonas cerca de Manaos.

*C. duidae* es una gallineta escasa y rara, asociada a ecosistemas de bosques semiabiertos principalmente de arenas blancas. En Cerro Campana se hizo el registro auditivo de esta especie, en bosques de arenas blancas que crecían sobre laderas rocas en la cima del tepuy. *C. duidae* es una especie endémica del área de endemismos del Imerí, y casi endémica de Colombia. Ha sido registrada en puntos aislados de Vaupés, Guaviare y Vichada en Colombia, y su distribución incluye el estado de Amazonas en Venezuela y se extiende hacia el oriente hasta el estado de Roraima en Brasil. También hay registros aislados de la especie en bosques de arenas blancas al sur del río Amazonas en el departamento de Loreto en el Perú.

Estas cuatro especies, así como aquellas que se encuentran en algún riesgo a la extinción, constituyen claros objetivos de conservación, y aportan evidencias de la importancia de que estas localidades sean declaradas bajo alguna figura legal de protección.

### Ampliaciones de distribución

Los registros de 24 especies representan ampliaciones de sus distribuciones conocidas, de las cuales 12 son significativas (Tabla 4).





**Figura 10.** *Rhematorhina cristata* es uno de los dos hormigueros casi endémicos de Colombia que fueron registrados durante la expedición Colombia BIO Apaporis 2018.

El 67% de ampliaciones fueron de especies que extendieron su distribución hacia el sur (incluyendo suroriente y suroccidente), en algunos casos de manera considerable (Tabla 4). La mayoría son especies asociadas con zonas relativamente secas del área de endemismo de aves del Imerí y/o de origen orinocense, como los bosques de arenas blancas, las sabanas y otras áreas abiertas. Este tipo de hábitats fueron comunes en el área de estudio, principalmente en las localidades de Cerro Campana y Cerro Morroco. Las ampliaciones de distribución hacia el oriente fueron las siguientes más comunes (33%). Con excepción de *Granatellus pelzeni*, que es característico de bosques de tierra firme, todas las especies se encuentran asociadas a bosques de arenas blancas y áreas abiertas o de crecimiento secundario joven.

Dentro de las ampliaciones se destacan los siguientes casos:

*Aeronautes montivagus*: un vencejo del que había registros en áreas relativamente secas de la cordillera de los Andes entre los 500 y los 2500 msnm, principalmente en la cordillera Oriental, así como en una pequeña área del suroriente del Guainía hacia el sector de la serranía de Naquén. Durante la Expedición se registró la especie en Cerro Morroco, asociada a un escarpe rocoso del cerro donde también fueron comunes las guacamayas *Ara macao* de las cuales se logró observar a varios individuos anidando. En el área la especie fue muy abundante, y aterrizaba frecuentemente en las rocas entrando en grietas donde también es posible que estuviera realizando actividades reproductivas.

*Chlorostilbon olivaresi*: colibrí endémico de Colombia cuya presencia sólo se había reportado en el lugar conocido como el Valle de los Menhires, en el extremo norte del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, en 1996 cuando el Parque no había sido a la tercera ampliación. Durante la Expedición se registró esta especie en los cerros Campana y Morroco, el primero más al norte y el segundo bastante más al oriente de donde era conocido. Es posible que esta especie esté mucho

más ampliamente distribuida y se encuentre en otras áreas de tepuyes y afloramientos rocosos de Guaviare, Caquetá y Vaupés.

*Gampsonyx swainsonii*: aguililla asociada a áreas abiertas cuya distribución en Colombia se extendía en la Orinoquia hacia el norte del río Guaviare, y la Amazonia en áreas cercanas al piedemonte andino amazónico de los departamentos de Meta, Caquetá y Putumayo. Adicionalmente se conoce de los valles interandinos y la región Caribe. En la expedición se registró la especie durante un recorrido en bote desde la comunidad de Buenos Aires hasta el área del raudal de Jirijirimo, mientras cruzaba de un lado al otro del río Cananarí. Esta observación indica que la especie también se encuentra en áreas del Escudo Guayanés, donde probablemente se encuentra asociada a ecosistemas antrópicos como las chagras y los caseríos.

*Monasa flavirostris*: la monjita piquiamarilla es un Bobito (Bucconidae) localmente común en el dosel de los bosques húmedos de la Amazonia. En Colombia se conocía que la distribución de esta especie incluía los departamentos de Amazonas, Caquetá y Putumayo. Durante la Expedición se registró en los alrededores de Buenos Aires y Morroco, en los bordes de bosques de algunas chagras. Dichos registros, además de ser los primeros para el departamento del Vaupés, indican que la distribución de esta especie se extiende mucho más hacia el norte de lo que se creía y que incluso podría llegar a incluir áreas en el Guaviare.

*Pteroglossus aracari*: es un tucán que en Colombia sólo había sido registrado en una pequeña franja al oriente de los departamentos de Vichada y Guainía en límites con Venezuela. Esta especie tiene hábitos similares a los de los otros tucanes del género, pero se le encuentra principalmente en bosques de arenas blancas. El registro durante la Expedición corresponde a dos individuos que se observaron en el borde de una chagra en la localidad de Buenos Aires. De estos solo se logró obtener como evidencia una foto de mala calidad. Esta observación constituye el primer reporte de la especie para el departamento del Vaupés,

e indica que su distribución se extiende en Colombia mucho más hacia el oriente de lo que se creía, y que incluso podría incluir toda el área del Escudo Guayanés.

*Lepidocolaptes duidae*: un trepatroncos poco conocido del cual se tenían reportes en los departamentos de Putumayo, Amazonas, Vaupés y la parte oriental de Guainía y Vichada. El equipo registró esta especie en Cerro Campana, cuando se observó un individuo en el dosel de un bosque bajo junto con otras especies formando parte de una bandada mixta. Este registro constituye el primero para el departamento del Guaviare, e indica que la distribución de esta especie puede extenderse un poco más hacia el occidente de lo que se creía, tal vez incluyendo toda el área del Escudo Guayanés donde podría estar restringido a algunos afloramientos rocosos.

*Inezia subflava*: atrapamoscas asociado a bordes de humedales como lagos y ríos en bosques de arenas blancas. Se había registrado al norte del río Vaupés, en una pequeña franja en límites con Brasil y Venezuela, desde el área no municipalizada de Yavaraté en el Vaupés, hasta la población de Puerto Carreño en el Vichada. En la Expedición se registró esta especie en la localidad de Buenos Aires, alrededor de la llamada Laguna Negra, una localidad rodeada por diferentes tipos de bosques de arenas blancas, mucho más al oriente de su distribución conocida hasta el momento. Este registro indica que es posible que en Colombia la especie se distribuya por todo el Escudo Guayanés.

*Neopipo cinnamomea*: Es un ave poco conocida de la cual se tienen reportes aislados en varias partes de la Amazonia. Se observó un individuo en un bosque de tierra firme en la localidad de Buenos Aires. Este registro confirma que esta especie se distribuye ampliamente por la Amazonia colombiana incluyendo áreas del Escudo Guayanés.

*Tityra inquisitor*: es un algodonero asociado a áreas abiertas y crecimiento secundario joven. Se había registrado en toda la región oriental de Colombia con excepción del Escudo Guayanés,

además de en algunas áreas interandinas y en el Pacífico y Caribe. Durante la Expedición fue registrado cerca del caserío de la comunidad de Buenos Aires, bastante más al sur y el oriente de su distribución conocida. Los datos indican que la distribución de esta especie puede extenderse a lo largo de todo el Escudo Guayanés, al menos de manera discontinua asociada con ecosistemas abiertos como los de los afloramientos rocosos, o en áreas que estén siendo sometidas a procesos de deforestación y pérdida de cobertura vegetal.

*Granatellus pelzelni*: es especie característica de áreas enmarañadas de bosques de tierra firme, cuya distribución incluía una franja delgada al oriente de los departamentos de Guainía y Vichada en límites con Venezuela, y en una pequeña área en la Serranía de Chirbiquete en el departamento del Caquetá. Se observó la especie en un bosque de arenas blancas en Cerro Campana, en el dosel del bosque cerca de una quebrada cercana, en una bandada mixta junto a otras especies. Las observaciones realizadas indican que esta especie probablemente se distribuye a lo largo de todos los afloramientos rocosos asociados a esta formación geológica. Igualmente, algunos registros en el Guainía indican que esta especie puede estar asociada también a otro tipo de hábitats como los bosques inundables que hay en el Escudo Guayanés. Estas observaciones constituyen el primer registro de *Granatellus* para el departamento del Guaviare.

*Setophaga fusca*: una reinita migratoria boreal característica de bosques montanos, y local en bosques de tierras bajas amazónicas y orinocenses al norte del río Guaviare. El registro corresponde a una observación en la localidad de Cerro Campana, de un individuo que se encontraba en la copa de un árbol emergente bastante grande, en un bosque de arenas blancas, formando una bandada mixta junto con otras especies características de este tipo de asociaciones. La observación realizada indica que en Colombia las áreas de hibernación de esta especie se extienden un poco más al sur de lo que hasta ahora se conocía.

**Tabla 4.** Especies de aves cuyo registro durante la Expedición Colombia Apaporis 2018 implica una ampliación significativa de su distribución. Hábitat. BAB: Bosques de arenas blancas. BTF: Bosques de tierra firme. BH: Borde de humedales como lagunas y ríos. Á: Áreas. En Tipo de Ampliación se indica la dirección y la magnitud de la ampliación registrada. S: Hacia el sur. N: Hacia el norte. Occ: Hacia el occidente. Or: Hacia el oriente. La – indica que la ampliación fue poca magnitud, y + que la ampliación fue grande.

Especie	Hábitat	Cam	Mor	B. Aires	Jiri	Tipo Ampliación
<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Á. abiertas				1	SOr+
<i>Aeronautes montivagus</i>	Á. secas		1			Or+; SOcc+
<i>Chlorostilbon olivaresi</i>	Tepuyes	1				NOr+
<i>Monasa flavirostris</i>	BTF		1	1		Or-
<i>Pteroglossus aracari</i> *	BAB		1	1		Occ
<i>Lepidocolaptes duidae</i>	BTF	1				Or-
<i>Inezia subflava</i>	BAB-BH		1	1	1	S
<i>Neopipo cinnamomea</i> *	BTF			1		S+
<i>Tityra inquisitor</i>	Rastrojos y Á. abiertas		1	1		Occ
<i>Granatellus pelzelni</i>	BTF	1				Occ+
<i>Setophaga fusca</i>	BTF	1				SOcc+
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	

## Especies migratorias

En el área se registraron 12 especies migratorias: 10 boreales y dos australes (Figura 11, Tabla 5). El hecho de haber observado simultáneamente migratorias boreales y australes se debe a la época en que se llevó a cabo el muestreo, entre los últimos días de febrero y los primeros de marzo, cuando se acerca el final de la migración del norte del continente y cuando se da la primera llegada de las especies provenientes del sur. Las familias que más aportaron a la diversidad de aves migratorias en el área de estudio fueron Tyrannidae, Cardinalidae y Parulidae, que en conjunto representaron el 58% de todas las migratorias registradas. Sin embargo, es de resaltar que dos de las tres especies de atrapamoscas (Tyrannidae) corresponden a las únicas migratorias australes registradas durante la expedición. Las otras cinco especies migratorias corresponden a un águila pescadora, un chorlito, un chotacabras, una golondrina y una mirla.

Las localidades en las que fueron registradas más especies migratorias fueron Cerro Campana y Cerro Morroco, y en la que menos fue Jirijirimo. En este último caso solo fueron dos especies: *Tyrannus savana*, que también se hallaron en las otras tres localidades, y al águila pescadora *Pandion haliaetus*, que solo se registró en el río Apaporis pero que seguramente también está en el río Cananarí. Por su parte en Cerro Campana fue donde se halló el mayor número de especies migratorias asociadas a ecosistemas boscosos, y que no fueron vistas en ninguno otro de los tres sitios. *Catharus swainsoni*, que tiene una amplia distribución y también debe estar presente en las otras tres localidades, y las únicas dos especies de reinitas que se observaron en el inventario. Estas últimas generalmente prefieren el dosel del bosque, son pequeñas y de movimientos rápidos lo que puede hacer que sean difíciles de observar, tienen amplia distribución y también deben estar presentes en toda el área de estudio. En

Cerro Morroco fue donde hubo más especies asociadas a ecosistemas acuáticos: *Actitis macularius*, que también vimos en Buenos Aires, y *Chordeiles acutipennis* *Riparia riparia* que no fueron avistadas en ninguna otra localidad. El chotacabras (*C. acutipennis*) es común en Colombia, pero poco conocida en la Amazonia colombiana, y su reporte puede ayudar a entender sus patrones de migración en el sur del continente. La golondrina (*R. riparia*) es transeúnte en Colombia, y probablemente se encontraba solo de paso en el área en su camino de regreso hacia sus áreas de reproducción en el norte de América. Otras dos especies migratorias corresponden a dos abejeros (*Piranga*) provenientes del norte del continente. Estos prefieren los bordes de bosques y bosques secundarios, de tal manera que aunque solo fueron observados en Morroco y Buenos Aires probablemente lleguen estacionalmente a todas las áreas en las que hay comunidades y por lo tanto hábitats como chagras y rastros.

## Reproducción y otras observaciones

Se encontraron evidencias reproductivas de varias especies incluyendo *Crax alector*, *Ictinia plumbea*, *Chelidoptera tenebrosa*, *Penelope jacquacu*, *Legatus leucophaius*, *Aeronautes montivagus*, *Ara macao* y *Busarellus nigricollis* (Figura 12).

Durante los recorridos de observación en Cerro Campana, en la parte más alta del Tepuy, Miguel Ángel Portura avistó un individuo de *Crax alector* salir corriendo de debajo de un árbol donde había permanecido inmóvil hasta que Miguel ya estaba demasiado cerca. Al hacer la aproximación se encontró que, bajo el árbol, en suelo, entre el pasto de la sabana el cual había sido adaptado en forma de nido, había dos huevos de color blanco cremoso con manchas cafés. Uno de los huevos midió 80,6 x 60,0 mm y pesó 160 gr.

En esta misma sabana de Cerro Campana se halló un individuo de *Ictinia plumbea* anidando en uno de los árboles más altos del

**Tabla 5.** Especies migratorias registradas durante la Expedición Colombia BIO Apaporis 2018. MB: Migratoria boreal. MA: Migratoria austral. BR: Bordes de ríos. BB: Bordes de bosque. Sab: Sabanas. BTF: Bosque de tierra firme. AA: Áreas abiertas. BS: Bosques secundarios.

Especie	Campana	Morroco	B. Aires	Jirijirimo	Estatus	Hábitat
<i>Pandion haliaetus</i>				1	MB	Ríos
<i>Actitis macularius</i>		1	1		MB	Playas
<i>Chordeiles acutipennis</i>		1			MB	BR
<i>Contopus virens</i>	1				MB	BB
<i>Tyrannus savana</i>	1	1	1	1	MA	Sab
<i>Myiarchus swainsoni</i>		1			MA	BB
<i>Riparia riparia</i>		1			MB	Ríos
<i>Catharus swainsoni</i>	1				MB	BTF, AA
<i>Piranga rubra</i>		1			MB	BB, AA
<i>Piranga olivacea</i>		1	1		MB	BTF, BS
<i>Setophaga fusca</i>	1				MB	BTF, BB
<i>Setophaga striata</i>	1				MB	BTF, BB
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	





**Figura 11.** Tres de las especies migratorias registradas durante el inventario de aves de la Expedición BIO Apaporis 2018: *Myiarchus swainsoni* (izquierda), *Tyrannus savana* (centro) y *Catharus swainsoni* (derecha).



**Figura 12.** Algunas evidencias reproductivas encontradas durante la Expedición BIO Apaporis 2018. A. Huevos de *Crax alector*. B. Nido de *Ictinia plumbea*. C. Juvenil de *Busarellus nigricollis*.

lugar, a unos 4 m de altura. El nido estaba construido a partir de palitos colocados sobre una horqueta. Durante el tiempo que el equipo permaneció en el lugar el adulto no se separó del nido, por lo que fue imposible acercarse para saber si tenía huevos.

En esta misma localidad, pero en la sabana donde se estableció el campamento la cual no era rocosa sino de arenas blancas, se observaron varios individuos de *Chelidoptera tenebrosa* anidando. Los nidos, como todos los de esta especie, eran en huecos cavados en la arena.

En Cerro Morroco se avistaron individuos de *Ara macao* y *Aeronautes montivagus* anidando directamente sobre la roca en entradas del escarpe. Aunque fue imposible acceder a los nidos, por medio de los binoculares se logró observar varios individuos juveniles.

Por último, la evidencia reproductiva de *Busarellus nigricollis* correspondió a un individuo juvenil captado por una cámara trampa en la localidad de Buenos Aires.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En términos generales se puede concluir que la avifauna del área de estudio es muy diversa y está muy bien conservada. Por ejemplo, se detectó una alta diversidad de hormigueros característicos de sotobosque, como *Pithys albifrons*, *Rehgmatorhina cristata*, *Gymnopithys leucaspis* y *percnostola rufifrons* entre otros, que son las especies que primero tienden a desaparecer cuando hay fragmentación del bosque (stiles 2010, Bierregard & Lovejoy 1989). Igualmente se encontró una alta diversidad de especies de otras familias que son especialistas de hábitats relativamente prístinos como *Myrmothera campanisoma*, *Formnicarius colma*, *Chamaeza nobilis*, *Lophotriccus galeatus* y *Platyrinchus platyrhynchos*. Estas especies son características de bosques de tierra firme y bosques de arenas blancas, lo que evidencia el alto grado de conservación de los mismos.

De manera similar, durante el corto tiempo que duró la Expedición fueron registradas 10 especies en algún nivel de riesgo a la extinción, incluyendo dos especies vulnerables y 8 especies casi amenazadas. Adicionalmente, de acuerdo con las entrevistas con los pobladores locales, es muy posible que en el área haya presencia de otras especies en riesgo de extinción como el águila churuquera *Harpia harpyja* (Casi Amenazada). Siete de estas 10 especies son consumidas comúnmente por las comunidades locales. De esta manera, contrario a lo que propone Stiles (2020), se pensaba que la cacería de subsistencia no constituye una presión significativa que afecte negativamente las poblaciones de estas especies, así como ha sido encontrado en algunos estudios de fauna de consumo realizados en el departamento del Vaupés (Osorno et al. 2014). Sin embargo, para saber esto con certeza sería necesario hacer otro tipo de estudios que permitan evaluar si la tasa de consumo está llevando a una disminución de las poblaciones.

En el muestreo hubo varios grupos de aves que probablemente estuvieron subrepresentados, como por ejemplo el de las aves del dosel, el cual es difícil de estudiar en bosques altos como los del área de estudio. Dentro de este nos faltó observar varias especies que probablemente están presentes en una o varias de las localidades estudiadas, como por ejemplo las tángaras y los hormigueros de las partes altas de los bosques. Igualmente, se registró una baja diversidad de aves acuáticas, lo que se debió a que se realizaron muy pocas observaciones en este tipo de ambientes como los bosques de rebalse, los ríos y las lagunas. Igualmente, el de los insectívoros del sotobosque, principalmente de familias como Bucconidae, Thamnophilidae, Furnariidae y Tyrannidae, los cuales son difíciles de detectar y para tener inventarios completos es necesario realizar observaciones durante periodos prolongados de tiempo. Este es el mismo caso para los rapaces, cuya curva de acumulación de especies suele ser larga hasta llegar a una asíntota. En este sentido, como conscientes que este inventario no refleja la completa diversidad de aves que se encuentra en el área, la cual sin lugar a duda es mucho mayor. Adicionalmente, este inventario solo abarcó una pequeña época del año, y sería conveniente hacer observaciones en otros periodos diferentes en los que diferencias en la abundancia de recursos y condiciones climáticas sean favorables para otras especies de aves. Igualmente, en épocas en que se puede estimar mejor la diversidad de aves migratorias que llegan estacionalmente a la región.

Es por esto que, para estimar el número de especies presentes en el área de estudio, se comparó el listado con el de la Estación Biológica Caparú, en el extremo sur-oriental del área (Defler 1994) y los del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete (Stiles & Naranjo 2017, Álvarez et al. 2003, Stiles et al. 1995). Dos de estas listas, en las que se reportan 300 y 347 especies respectivamente, son el producto de varios años de trabajo por lo que pueden considerarse como inventarios

relativamente completos. La tercera corresponde a una salida corta a tres sectores previamente no estudiados del parque, en la que se registraron 177 especies de aves. Teniendo en cuenta las similitudes geográficas y ecológicas de los lugares en los que se realizaron los diferentes trabajos, se estima que en el área de estudio la avifauna debe estar compuesta por cerca de 400 especies de aves.

De acuerdo con la avifauna encontrada, se pueden clasificar las localidades en las que se realizaron observaciones en dos grupos: uno formado por Buenos Aires, Cerro Morroco y Jirijirimo, que se encuentran muy cerca geográficamente y comparten muchas características ecológicas como la presencia de los ríos Apaporis y Cananarí; y de otro lado Cerro Campana, el cual forma parte de la gran formación de Chiribiquete pero se encuentra lejos de las otras tres localidades y tiene características que la hacen diferente, como por ejemplo estar en la parte alta de un tepuy separado de cualquier cuerpo de agua grande. El recambio de especies que hay entre la avifauna de estas localidades, inclusive entre las tres del sector Apaporis – Cananarí, indican que para conservar la diversidad total de la región es necesario incluir hábitats diferentes los cuales deben incluir bosques de tierra firme, bosques inundables, bosques de arenas blancas, sabanas, afloramientos rocosos, bosques secundarios y rastrojos entre otros. En el presente caso, la continuidad ecológica de la mayoría del territorio está prácticamente asegurada gracias a la presencia del PNN Serranía de Chiribiquete, así como del Resguardo Indígena Yaigojé – Apaporis. Sin embargo, particularmente hacia el sector de Miraflores, el cual definitivamente es el más desconocido a causa del conflicto armado, además del que está más en riesgo por la influencia de economías ilícitas como la coca y la ganadería, aún hay grandes sectores que no se encuentran bajo ninguna figura de protección territorial.

En este sentido, vale la pena señalar que de las observaciones se deduce, una alta diversidad de aves, presencia de aves características de ambientes muy conservados y que generalmente desaparecen rápidamente tras procesos como la fragmentación del bosque o la pérdida de hábitat, una gran variedad de especies que se encuentran en alguna categoría de amenaza a nivel global y que son usadas generalmente para el consumo humano, y la presencia de especies endémicas y casi endémicas de Colombia; evidencian que los territorios indígenas sí efectivamente funcionan como áreas de conservación, así como se ha venido proponiendo a nivel del UICN desde hace ya algún tiempo. Sin embargo, aún hay ciertos obstáculos a superar para que estas tierras, que son de propiedad privada colectiva, puedan ser tenidas en cuenta como áreas de conservación dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Por ejemplo, es necesario que sean los pobladores locales quienes determinen sus propios planes de manejo del territorio, pues son precisamente sus normas de manejo tradicionales las que han permitido la conservación de la diversidad y sus recursos.

## REFERENCIAS

- Athanas, N., Spencer, A. y Davies, I. (2011). Mitú, Colombia. Birding trip report.
- Avendaño, J. E., Bohórquez, C.I., Rosselli, L., Arzuza-Buelvas, D., Estela, F.A., Cuervo, M., Stiles, F.G. y Renjifo, L. M. (2017). Lista de chequeo de las aves de Colombia: Una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty & Brown (1986). *Ornitología Colombiana*, 16, eA01-1 a 83.
- Ayerbe Quiñones, F. (2018). Guía ilustrada de la avifauna colombiana. A field guide to the birds of Colombia. World Conservation Society.
- Baruah, P. (2012). Trip Report: Amazonian lowlands of Mitu, Colombia. (Trip Report)
- Bennett, S. y Defler, T. R. (1997). Anotaciones sobre los crácidos del Bajo Apaporis en el sureste de Colombia. En S. Strahl, S. Beaujon, D. M. Brooks, A. J. Begazo, G.
- Bierregard, R. y Lovejoy, T. (1989). Effects of forest fragmentation on Amazonian understory bird communities. *Aca Amazonica*, 19, 215-241.
- Borges, S. H. (2004). Species poor but distinct: Bird assemblages in white sand vegetation in Jaú National Park, Brazilian Amazon. *Ibis*, 146, 114-124.
- Borges, S. H. y Carvalhaes, A. (2000). Bird species of black water inundation forests in the Jaú National Park (Amazonas state, Brazil): Their contribution to regional species richness. *Biodiversity and Conservation*, 9, 201-214.
- Carrillo-Chica, E., M. Portura & L. F. Jaramillo. 2018. La avifauna del departamento del Vaupés, Escudo Guayanés, Amazonia colombiana. *Revista Colombia Amazónica Nueva Época* 11: 121-148. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. ISSN 0120-6222
- Carrillo-Chica, E. 2019. Aves de la paz: Avifauna de los ríos Tunia, Itilla y Yarí y la ampliación del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. Págs. 91 a 128. En: Expediciones científicas en las nuevas áreas del PNN Serranía de Chiribiquete. Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. ISBN Impreso 978-958-56280-4-5; ISBN Digital 978-958-56280-5-2
- Carrillo-Chica, E., M. A. Portura & L. F. Jaramillo. 2018. Aves de Vaupés—Lista de chequeo de aves registradas en el departamento del Vaupés. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, Colombia.
- Comunidad Bella Vista de Abiyú. (2014). Animales comestibles, animales no comestibles, animales para extraer plumajes y adornos culturales. SINCHI et al.
- Dantas Santos, M. P. y Cardoso, J. M. (2007). As aves das savanas de Roraima. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15(2), 189-207.
- Dickerman, R. W. y Phelps, W.H. (1982). An annotated list of the birds of Cerro Urutaní on the border of estado Bolívar, Venezuela, and territorio Roraima, Brazil. *American Museum Novitates*, 2732, 1-20.
- Dugand, A. y Phelps, W. H. (1948). Aves de la ribera colombiana del río Negro (frontera de Colombia y Venezuela). *Caldasia*, 5(22), 225-245.
- González, J. 2013. Monitoreo participativo de recursos naturales 15 mayo al 21 de junio 2013 Comunidad de Tayazu AATICAM, Vaupés. Informe Final. Jóvenes Rurales Emprendedores. SENA. Mitú, Vaupés. 10 p.
- Gutiérrez, J. y Gutiérrez, S. (2012). El conocimiento de las aves según la sabiduría tradicional de la etnia cubeo. Comunidad Ceima Cachivera, Mitú, Vaupés. Formación en Gestión Ambiental y Cadenas Productivas Sostenibles. Convenio SENA-Tropenbos.
- Hilty, S. (2003). *Birds of Venezuela*. New Jersey: Princeton University Press.
- Hilty, H. y Brown, S. (1986). *A field guide to the birds of Colombia*. New Jersey: Princeton University Press.
- IUCN. (2017). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-2. Recuperado el 21 de octubre de 2017, de <http://www.iucnredlist.org>
- Lima Márquez, E. y Velasco, J. E. (2012). Historia de las aves y de los colores de su plumaje—Comunidad la Libertad; Mitú, Vaupés. Formación en Gestión Ambiental y Cadenas Productivas Sostenibles. Convenio SENA-Tropenbos.
- López-O., J. P., Carrillo Chica, E. y Ramírez Riaño, W. A. (2018). Aves. En C. Vriesendorp, N. Pitman, D. Alvira Reyes, A. Salazar Molano, R. Botero García, A. Arciniégas, L. de Souza, Á. del Campo, D. F. Stotz, T. Wachter, A. Ravikumar y J. Peplinski, (eds). *Colombia: La Lindosa, Capricho, Cerritos. Rapid biological and social inventories report 29*. Chicago: The Field Museum.
- McMullan, M., Donegan, T. M., Pantoja-Peña, G., Tuncer-Navarro, T., Bartels, A., Ellery, T. (2018). *Field guide to the birds of Colombia*. Bogotá, Colombia: Rey Naranjo Editores.
- Naka, L.N. (2010). The role of physical and ecological barriers in the diversification process of birds in the Guianan shield, northern Amazonia (dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy). Louisiana State University.
- Naka, L.N., Bechtoldt, C.L., Pinto Henriques, L. M. y Brumfield, R.T. (2012). The role of physical barriers in the location of avian suture zones in the Guiana shield, northern Amazonia. *The American Naturalist*, 179(4), E115-E132.
- Naka, L.N., Cohn-Haft, M., Mallet-Rodrigues, F., Danta Santos, M.P. y De Fátima Torres, M. (2006). The avifauna of the Brazilian state of Roraima: bird distribution and biogeography in the Rio Branco basin. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 14(3), 197-238.
- Naka, L.N., Cohn-Haft, M., Whittaker, A., Mazar Barnett, J. y De Fátima Torres, M. (2007). Avian biogeography of Amazonian flooded forests in the Rio Branco basin, Brazil. *The Wilson Journal of Ornithology*, 119(3), 439-449.
- Naranjo, L.G. (2014). Aves de la Estrella Fluvial Inírida. En F. Trujillo, J.S. Usma y C. Lasso (eds.). *Biodiversidad de la Estrella Fluvial Inírida*. Bogotá, Colombia: WWF Colombia, CDA, Fundación Omacha, Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Naranjo, L.G., Amaya, J.D., Eusse-González, D. y Cifuentes, Y. (eds.). (2012). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves (Vol.1)*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Osorno Muñoz, M., Atuesta Dimian, N., Jaramillo Hurtado, L.F., Sua Tunjano, S., Barona Colmenares, A. y Roncancio Duque, N. (2014). La



- despensa del Tiquié. Diagnóstico y manejo comunitario de la fauna de consumo en la Guayana colombiana. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Pereira, S.L. y Brooks, D. M. (2006). Conservando os Cracídeos: a família de aves mais ameaçadas das Américas. *Miscellaneous Publications of the Houston Museum of Natural History*, 6.
- Peres, C.A. (2001). Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on Amazonian forest vertebrates. *Conservation Biology*, 15(6), 1490-1505.
- Portura, M. (2012). Las aves según el conocimiento tukano. Comunidad mituseño; Mitú, Vaupés. *Formación en Gestión Ambiental y Cadenas Productivas Sostenibles*. Convenio SENA-Tropenbos.
- Puhakka, L., Salo, M. y Sääksjärvi, I.E. (2011). Bird diversity, birdwatching tourism and conservation in Peru: A geographic analysis. *PLOS ONE*, 6(11), e26786.
- Remsen, J. V., Areta, J. I., Cadena, C.D., Claramunt, S., Jaramillo, A., Pacheco, J. F., Pérez-Emán, J., Robbins, M. B., Stiles, F. G., Stotz, D. F. y Zimmer, K. (noviembre 2018). A classification of the bird species of South America. *American Ornithologists' Union*. Recuperado de <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>
- Renjifo, L. M., Gómez, M. F, Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D. y Burbano-Girón, J. (2014). Libro rojo de aves de Colombia (Vol. I): Bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica. Editorial Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.
- Renjifo, L. M., Amaya-Villarreal, A. M., Burbano-Girón, J. y Velásquez-Tibatá, J. (2016). Libro rojo de aves de Colombia (Vol. II): Especies acuáticas de ecosistemas abiertos y secos, tierras altas del Darién, Sierra Nevada de Santa Marta e insulares. Bogotá, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.
- Restall, R., Rodner, C. y Lentino, M. (2006). *Birds of Northern South America: An identification guide (Vol.1)*. New Haven: Yale University Press.
- Rodríguez-Mahecha, J., Hernández-Camacho, J. (2002). *Loros de Colombia*. Conservation International Tropical Field Guide Series. Bogotá, Colombia: Conservación Internacional.
- Romero-Zambrano, H. (1977). Primer registro de cuatro aves para Colombia. *Lozania*, 25 (Separata), 1-4.
- Stiles, F. G. (1995). Dos nuevas subespecies de aves de la serranía del Chiribiquete, departamento del Caquetá, Colombia. *Lozania*, 66 (Separata), 1-16.
- Stiles, F. G. (1996). A new species of emerald hummingbird (Trochilidae, Chlorostilbon) from Sierra de Chiribiquete, southeastern Colombia, with a review of the *C. mellisugus* complex. *The Wilson Bulletin*, 108(1), 1-27.
- Stiles, F. G. (2010). La avifauna de la parte Media del río Apaporis, departamentos de Vaupés y Amazonas, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 34(132), 381-390.
- Stiles, F.G. y Beckers, J. (2015). Un inventario de las aves de la región de Inírida, Guainía, Colombia. *Ornitología Colombiana*, 15, e19-e50.
- Stiles, F.G., Telleria, J.L. y Díaz, M. (1995). Observaciones sobre la composición, ecología y zoogeografía de la avifauna de la sierra de Chiribiquete, Caquetá, Colombia. *Caldasia*, 17(82-85), 481-500.
- Stiles, F. G. y Naranjo, L. G. (2018). La avifauna del Parque Nacional Natural Chiribiquete: resultados de tres expediciones recientes a sectores previamente inexplorados. *Revista Colombia Amazónica*
- Stouffer, P.C., Johnson, E.I, Bierregaard, R.O y Lovejoy, T. (2011). Understory bird communities in amazonian rainforest fragments: Species turnover through 25 years post- isolation in recovering landscapes. *PLOS ONE*, 6(6), 1-11.
- Stratford, J.A. y Stouffer, P.C. (1999). Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Conservation Biology*, 13(6), 1416-1423.

**Anexo 1. Especies de aves registradas durante la Expedición Colombia BIO Apaporis 2018 en tres localidades del departamento de Vaupés: Cerro Morroco, Buenos Aires y Jirijirimo, y una en el Guaviare: Cerro Campana, en la Amazonia colombiana.**

Familia	Especie	Campana	Morroco	B. Aires	Jirijirimo
Tinamidae	<i>Tinamus major</i>	1	1	1	
	<i>Tinamus guttatus</i>	1	1		
	<i>Crypturellus cinereus</i>	1		1	
	<i>Crypturellus soui</i>	1			
	<i>Crypturellus duidae</i>	1			
	<i>Crypturellus variegatus</i>	1	1		1
Anatidae	<i>Cairina moschata</i>			1	1
Cracidae	<i>Penelope jacquacu</i>	1		1	1
	<i>Ortalis guttata</i>			1	
	<i>Pipile cumanensis</i>			1	
	<i>Nothocrax urumutum</i>	1		1	
	<i>Mitu tomentosum</i>		1	1	1
	<i>Mitu salvini</i>	1			
	<i>Crax alector</i>	1	1		
Odontophoridae	<i>Odontophorus gujanensis</i>	1	1		
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>		1	1	1
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>			1	
	<i>Egretta thula</i>		1		1
	<i>Egretta caerulea</i>			1	
Threskiornitidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i>		1	1	
Cathartidae	<i>Cathartes melambrotus</i>		1	1	
	<i>Sarcoramphus papa</i>	1		1	
Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>				1
Accipitridae	<i>Gampsonyx swainsonii</i>				1
	<i>Elanoides forficatus</i>		1		
	<i>Spizaetus melanoleucus</i>	1			
	<i>Ictinia plumbea</i>	1	1	1	
	<i>Busarellus nigricollis</i>			1	
	<i>Buteogallus urubitinga</i>			1	
	<i>Rupornis magnirostris</i>			1	1
	<i>Pseudastur albicollis</i>	1			
	<i>Leucopternis melanops</i>		1		
Falconidae	<i>Micrastur gilvicollis</i>	1	1	1	
	<i>Ibycter americanus</i>	1	1	1	
	<i>Daptrius ater</i>			1	
	<i>Falco ruficularis</i>	1	1	1	
Psophidae	<i>Psophia crepitans</i>	1		1	
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>			1	
Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>		1	1	
Jacaniidae	<i>Jacana jacana</i>			1	
Laridae	<i>Phaetusa simplex</i>			1	
Columbidae	<i>Columbina minuta</i>				1
	<i>Patagioenas speciosa</i>			1	
	<i>Patagioenas plumbea</i>		1	1	
	<i>Patagioenas subvinacea</i>			1	
	<i>Leptotila rufaxilla</i>	1	1	1	
	<i>Geotrygon montana</i>		1	1	
Psittacidae	<i>Ara macao</i>	1	11	1	
	<i>Pyrrhura melanura</i>		1	1	1
	<i>Brotogeris cyanopectera</i>		1	1	
	<i>Touit purpuratus</i>		1		
	<i>Pionites melanocephalus</i>	1	1	1	
	<i>Deroptryus accipitrinus</i>		1		1
	<i>Pionus menstruus</i>	1	1	1	
	<i>Amazona ochrocephala</i>		1	1	1

Familia	Especie	Campana	Morocco	B. Aires	Jirijirimo
	<i>Amazona farinosa</i>	1	1	1	
	<i>Amazona amazonica</i>		1	1	
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	1			
	<i>Crotophaga major</i>		1	1	
	<i>Crotophaga ani</i>		1	1	1
Strigidae	<i>Megascops choliba</i>		1	1	
	<i>Megascops watsonii</i>	1	1	1	
	<i>Pulsatrix perspicillata</i>		1	1	
Nyctibidae	<i>Nyctibius grandis</i>	1	1	1	
	<i>Nyctibius griseus</i>	1	1	1	
Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>		1	1	
	<i>Nyctipolus nigrescens</i>	1	1	1	
	<i>Chordeiles acutipennis</i>		1		
Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	1			
	<i>Aeronautes montivagus</i>		1		
	<i>Chaetura cinereiventris</i>	1	1		
	<i>Chaetura brachyura</i>	1	1	1	1
	<i>Chaetura cf. viridipennis</i>	1			
	<i>Tachornis squamata</i>		1	1	1
	<i>Panyptila cayennensis</i>		1	1	
Trochilidae	<i>Topaza pyra</i>		1	1	
	<i>Florisuga mellivora</i>	1	1	1	
	<i>Phaethornis ruber</i>	1	1	1	
	<i>Phaethornis bourcierii</i>	1	1	1	
	<i>Phaethornis malaris</i>	1	1	1	1
	<i>Phaethornis hispidus</i>		1	1	
	<i>Heliothryx auritus</i>	1	1	1	
	<i>Anthracothorax nigricollis</i>		1	1	
	<i>Heliodoxa schreibersii</i>		1		
	<i>Heliomaster longirostris</i>		1		
	<i>Chlorostilbon olivaresi</i>	1			
	<i>Thalurania furcata</i>	1	1		
	<i>Hylocharis cyanus</i>		1	1	1
Trogonidae	<i>Pharomachrus pavoninus</i>		1	1	1
	<i>Trogon melanurus</i>		1		
	<i>Trogon viridis</i>	1	1	1	
	<i>Trogon ramonianus</i>	1			
	<i>Trogon curucui</i>		1		1
Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i>		1	1	1
	<i>Chloroceryle americana</i>		1	1	
	<i>Chloroceryle inda</i>		1		
Momotidae	<i>Momotus momota</i>	1	1	1	
Galbulidae	<i>Galbula leucogastra</i>	1	1	1	
	<i>Galbula dea</i>	1	1	1	
	<i>Jacamerops aureus</i>	1	1	1	
Bucconidae	<i>Notharchus ordii</i>	1	1		1
	<i>Bucco macrodactylus</i>		1		
	<i>Bucco tamatia</i>		1	1	
	<i>Monasa flavirostris</i>		1	1	
	<i>Monasa morphoeus</i>	1	1	1	1
	<i>Chelidoptera tenebrosa</i>	1	1	1	
Capitonidae	<i>Capito aurovirens</i>		1		
	<i>Capito auratus</i>	1	1	1	1
Ramphastidae	<i>Ramphastos tucanus</i>	1	1	1	1
	<i>Ramphastos vitellinus</i>	1			
	<i>Selenidera nattereri</i>		1		
	<i>Pteroglossus aracari</i>		1	1	



Familia	Especie	Campana	Morocco	B. Aires	Jirijirimo
	<i>Pteroglossus pluricinctus</i>		1	1	
	<i>Pteroglossus azara</i>		1	1	
Picidae	<i>Melanerpes cruentatus</i>		1	1	
	<i>Veniliornis passerinus</i>	1			
	<i>Piculus flavigula</i>		1	1	
	<i>Piculus chrysochloros</i>	1			
	<i>Colaptes punctigula</i>		1	1	
	<i>Celeus grammicus</i>		1	1	
	<i>Celeus elegans</i>	1			
	<i>Dryocopus lineatus</i>		1	1	
	<i>Campephilus rubricollis</i>	1	1		
	<i>Campephilus melanoleucos</i>		1	1	
Thamnophilidae	<i>Cymbilaimus lineatus</i>	1			
	<i>Thamnophilus murinus</i>	1	1	1	1
	<i>Thamnophilus nigrocinereus</i>		1	1	1
	<i>Thamnophilus amazonicus</i>	1	1	1	1
	<i>Megastictus margaritatus</i>		1	1	
	<i>Thamnomanes ardesiacus</i>	1	1	1	
	<i>Pygiptila stellaris</i>	1			
	<i>Epinecrophylla haematonota</i>		1	1	
	<i>Myrmotherula brachyura</i>		1	1	
	<i>Myrmotherula ambigua</i>		1	1	
	<i>Myrmotherula cherriei</i>		1	1	
	<i>Myrmotherula axillaris</i>	1	1		
	<i>Myrmotherula longipennis</i>		1	1	
	<i>Myrmotherula menetriesii</i>		1	1	
	<i>Dichrozona cincta</i>		1	1	
	<i>Herpsilochmus dorsimaculatus</i>	1	1	1	
	<i>Formicivora grisea</i>	1			
	<i>Hypocnemis flavescens</i>	1	1		
	<i>Cercomacra tyrannina</i>		1	1	
	<i>Myrmoborus myotherinus</i>	1			
	<i>Hypocnemoides melanopogon</i>		1		
	<i>Percnostola rufifrons</i>	1	1		1
	<i>Myrmelastes schistacea</i>	1			
	<i>Myrmelastes leucostigma</i>	1			
	<i>Myrmophylax atrothorax</i>	1			
	<i>Pithys albifrons</i>		1	1	1
	<i>Gymnopithys leucaspis</i>	1	1		1
	<i>Rhegmatorhina cristata</i>		1		
	<i>Hylophylax naevius</i>		1	1	
	<i>Hylophylax punctulatus</i>		1		1
	<i>Willisornis poecilinotus</i>	1	1		
Grallaridae	<i>Myrmothera campanisona</i>	1	1	1	
Formicariidae	<i>Formicarius colma</i>		1	1	
	<i>Chamaeza nobilis</i>		1	1	
Furnariidae	<i>Dendrocincla fuliginosa</i>		1	1	1
	<i>Dendrocincla merula</i>	1	1	1	
	<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	1	1	1	
	<i>Dendrocolaptes certhia</i>	1			
	<i>Xiphorhynchus guttatus</i>		1	1	
	<i>Lepidocolaptes duidae</i>	1			
	<i>Xenops minutus</i>		1	1	
	<i>Microxenops milleri</i>	1			
	<i>Anabacerthia ruficaudata</i>	1			
	<i>Automolus ochrolaemus</i>	1			
Tyrannidae	<i>Tyrannulus elatus</i>	1	1	1	

Familia	Especie	Campana	Morocco	B. Aires	Jirijirimo
	<i>Myiopagis gaimardii</i>		1		
	<i>Myiopagis viridicata</i>		1		
	<i>Elaenia ruficeps</i>	1			
	<i>Zimmerius gracilipes</i>	1	1	1	1
	<i>Mionectes oleagineus</i>	1	1	1	
	<i>Inezia subflava</i>		1	1	1
	<i>Myiornis ecaudatus</i>	1			
	<i>Lophotriccus galeatus</i>	1			
	<i>Poecilatriccus latirostris</i>		1	1	1
	<i>Cnipodectes subbrunneus</i>	1			
	<i>Tolmomyias poliocephalus</i>	1	1	1	
	<i>Tolmomyias flaviventris</i>		1		
	<i>Platyrinchus platyrhynchos</i>	1	1	1	
	<i>Terentotriccus erythrurus</i>		1	1	
	<i>Neopipo cinnamomea</i>		1	1	
	<i>Hirundinea ferruginea</i>		1		
	<i>Contopus cf virens</i>	1			
	<i>Myiozetetes luteiventris</i>		1		
	<i>Conopias parvus</i>	1	1		
	<i>Legatus leucophaeus</i>	1			
	<i>Tyrannus melancholicus</i>		1	1	1
	<i>Tyrannus savana</i>	1	1	1	1
	<i>Rhytiptera simplex</i>	1	1	1	1
	<i>Myiarchus cf. swainsoni</i>		1		
	<i>Myiarchus cf. cephalotes</i>		1	1	
	<i>Ramphotrigon ruficauda</i>	1	1	1	
	<i>Attila citriniventris</i>	1	1		
	<i>Attila spadiceus</i>	1	1	1	
Cotingidae	<i>Rupicola rupicola</i>		1	1	
	<i>Cephalopterus ornatus</i>		1	1	1
	<i>Cotinga cayana</i>		1	1	
	<i>Lipaugus vociferans</i>		1	1	1
Pipridae	<i>Neopelma chrysocephalum</i>		1		1
	<i>Tyranneutes stolzmanni</i>	1	1	1	
	<i>Xenopipo atronitens</i>	1			
	<i>Dixiphia pipra</i>	1	1	1	
	<i>Ceratopipra erythrocephala</i>	1	1	1	
	<i>Manacus manacus</i>		1	1	
	<i>Heterocercus flavivertex</i>		1	1	
	<i>Lepidothrix coronata</i>	1	1	1	1
Tityridae	<i>Tityra inquisitor</i>		1	1	
	<i>Tityra cayana</i>		1	1	
	<i>Schiffornis turdina</i>		1		
	<i>Pachyramphus polychropterus</i>		1	1	
	<i>Pachyramphus marginatus</i>		1		
Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	1	1		1
	<i>Hylophilus hypoxanthus</i>		1	1	
Corvidae	<i>Cyanocorax violaceus</i>	1	1	1	
Hirundinidae	<i>Pygochelidon melanoleuca</i>		1		1
	<i>Atticora fasciata</i>		1	1	1
	<i>Progne tapera</i>		1	1	1
	<i>Progne chalybea</i>		1	1	
	<i>Tachycineta albiventer</i>		1	1	
	<i>Riparia riparia</i>		1		
Troglodytidae	<i>Microcerculus marginatus</i>	1	1	1	
	<i>Troglodytes aedon</i>		1	1	
	<i>Campylorhynchus turdinus</i>	1			

Familia	Especie	Campana	Morroco	B. Aires	Jirijirimo
	<i>Pheugopedius coraya</i>	1	1	1	
	<i>Henicorhina leucosticta</i>		1	1	
Poliptilidae	<i>Microbates collaris</i>	1	1		1
Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	1			
	<i>Turdus lawrencii</i>		1		
	<i>Turdus albicollis</i>				
Thraupidae	<i>Schistochlamys melanopsis</i>		1	1	
	<i>Islerothraupis luctuosa</i>	1	1	1	
	<i>Tachyphonus phoenicius</i>	1	1		
	<i>Lanio fulvus</i>	1			
	<i>Ramphocelus carbo</i>		1	1	1
	<i>Thraupis episcopus</i>		1	1	1
	<i>Thraupis palmarum</i>		1	1	
	<i>Tangara mexicana</i>		1		
	<i>Tangara chilensis</i>	1	1	1	
	<i>Tangara velia</i>	1	1	1	
	<i>Tersina viridis</i>		1	1	1
	<i>Dacnis lineata</i>		1		
	<i>Dacnis flaviventer</i>		1		
	<i>Dacnis cayana</i>		1		
	<i>Cyanerpes nitidus</i>	1			
	<i>Cyanerpes caeruleus</i>	1	1	1	1
	<i>Cyanerpes cyaneus</i>	1			
	<i>Chlorophanes spiza</i>		1	1	
	<i>Hemithraupis flavicollis</i>	1			
	<i>Volatinia jacarina</i>		1	1	1
	<i>Sporophila nigricollis</i>		1		1
	<i>Sporophila castaneiventris</i>		1	1	
	<i>Sporophila angolensis</i>		1	1	
	<i>Coereba flaveola</i>	1	1	1	1
	<i>Saltator grossus</i>		1	1	
	<i>Ammodramus aurifrons</i>		1	1	
Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>		1		
	<i>Piranga olivacea</i>		1	1	
	<i>Granatellus pelzelni</i>	1			
	<i>Caryothraustes canadensis</i>		1		
	<i>Cyanoloxia cyanooides</i>		1	1	1
Parulidae	<i>Setophaga fusca</i>	1			
	<i>Setophaga striata</i>	1			
Icteridae	<i>Psarocolius viridis</i>		1	1	
	<i>Psarocolius bifasciatus</i>		1	1	
	<i>Cacicus cela</i>		1	1	1
	<i>Cacicus haemorrhous</i>		1	1	
	<i>Icterus cayanensis</i>	1	1		1
	<i>Leistes militaris</i>		1	1	1
Fringillidae	<i>Euphonia minuta</i>		1	1	
	<i>Euphonia rufiventris</i>	1	1	1	
	<i>Total</i>	125	219	171	59





Puente a Urama. Foto: Diana Mora.





Colombia, Tomado de Humboldt y de varias otras autoridades recientes, 1823.



# Informes sobre el territorio del Caquetá

José M Quintero

Señor General Agustín Codazzi.

Mocoa 5 de marzo de 1857.

*Muy señor mío:*

*Acompaño a esta nota muy mal zurcida relación respecto de este Territorio.*

*Usted se servirá disimular todo defecto, y creerme de buena voluntad su muy atento servidor.*

*José M Quintero.*

Satisfaciendo a los datos pedidos por el señor General Agustín Codazzi en 7 de febrero, relacionados con el territorio del Caquetá, el infrascrito tiene la honra de emitir sus escasos conocimientos por el orden que lo solicita el señor General y es como sigue.

1. El Territorio del Caquetá está dividido actualmente en cinco corregimientos, denominados Mocoa Sibundoy Solano, Putumayo y Aguarico. Estas infracciones comprenden habitantes medio civilizados y bárbaros, excepto Mocoa y Sibundoy que son compuestas de sólo la primera clase, de que podrán enumerarse en todo el territorio cerca de 4000 almas; esto es de aquellos que desde épocas muy atrás han admitido el bautismo y doctrina ortodoxa que es la religión profesada, aunque no en todos los puntos practicada.

El primer corregimiento que siempre ha sido la residencia del que habla, contiene los pueblos de Mocoa, Yunguillo y Descanse, cuya población es de unos 650 habitantes, ignorando el censo correspondiente a los otros Corregimientos.

Conformándose con los datos de los que trafican con las tribus bárbaras o pasan a través [sic.] de ellos por los ríos, puedo calcular aquella raza desgraciada en número de 30.000 individuos; pero en esta [aseveración?... -documento manchado-] no tengo afirmativa porque carezco de probabilidad para uno y otro. Más, considerada la grande extensión del territorio y los vestigios o huellas de la existencia de muchas tribus, casi obliga a decirse por la afirmativa. La tribu de Guaques, con quien se tienen continuas relaciones comerciales, es calculada en 8000 individuos: se ignora de las demás.

2. No habiendo artistas de ebanistería en este territorio, nada se sabe del buen o mal lustre que tengan las maderas indígenas, aunque hay muchas muy bien compactadas, entre las cuales pueden figurar el palo colorado, el granadillo, el bálsamo el palo de cruz y otros que, si bien aparecen más finos, se ignora sus nombres propios.

El ebanista no se hallaría apesarado en el Caquetá por falta de material. Empero, respecto de maderas de construcción naval de habitación y otras, el inmenso bosque es inagotable en sus esquisas [sic.] y variadas maderas entre las que se enumeran, el cedro, el chachajo el ceibo, el llachapa, el balso, el figue, el barbasco, etc.,





3. Las Palmas corpulentas y elevadas son conocidas con los nombres de chontaduro, migucho canangucho, coco, corozo bombón, anamo, etc. La fruta del chontaduro sirve de alimento al hombre y a todos los animales que puede domesticar y a muchos de los salvajes. De la misma hacen una agradable chicha mezclada con el caldo de la caña de azúcar. La fruta del migucho llamada por otro nombre, "1.000 pesos", reemplaza la leche de vaca, con poca diferencia. La fruta del canangucho sirve también de alimento y bebida al hombre y del corazón de la palma sacan vino. La fruta de coco forma un ramo de comercio y las hojas del cogollo proveen para la construcción de redes, hamacas, etc. El corozo, aunque tan elegante en su figura, no tiene una aplicación que merezca mencionarse. El bombón anamo y chontaduro se aplican a la construcción de edificios y muebles consistentes.

4. La corteza y lágrimas del palo bálsamo produce la materia conocida con el nombre del árbol; además hay estoraque, incienso, copal, resina de palma, unguento de María, caraña, galvan, árbol de barniz, caucho, etcétera.

5. Muchas son las plantas medicinales de que hacen uso los indígenas, pero con cierto secreto a consecuencia de su credulidad en la hechicería, y de ellas se sirven respectivamente; esto es, el que se persuade inteligente para hacer el mal y el que presume de médico. De lo cual se sigue, que las personas que no pertenecen a la raza indígena o no simpatizan con ellos, no las conocen. Sin embargo, sabemos que la corteza de los árboles, lachapa, pabacapi, la de los bejucos yoco, verde-huasca y la de cocción del aya-huasca y la cebolleta usan como vomitivos y purgantes. Para la agua blanca, la hoja del huayuso y otras. Para el dolor de estómago, el coquindo el ajengibre y otros. Para las heridas, el sicce de puerco. Para la mordedura de las culebras, la doña-huasca y otras, etc., etc.

6. Las plantas apreciadas en el territorio son la zarzaparrilla, la vainilla, el barniz, el cacao, lo cual es producido por la espontaneidad de la naturaleza. Y aunque la zarza y el barniz son los objetos que más se explotan, no aventuro mi cálculo sin escrúpulo, por razón de que la zarza es extraída a la vez por algunos extranjeros que, aprovechándose del despoblado de nuestras fronteras hacia la parte del Amazonas, suben por los ríos hasta ciertos puntos de donde regresan sin ser vistos. Los granadinos embarcan sus cargamentos en las inmediaciones donde la sacan, y de este modo viene a ser ignorada la cantidad que explotan: sin embargo, se supone que en este año saldrán algunos 50 quintales, más o menos. De igual modo, y con más razón, se ignora respecto al barniz.

7. La familia de las abejas se conoce en variedad de especies que pasan de 10. La más útil es la que labra la cera blanca, que por cierto es el mejor comercio del territorio y del que en todo el año pasado habrán salido más de 20 quintales. Casi toda la parte llana está poblada de este benéfico insecto; pero donde abunda más es hacia los confines orientales del territorio. La abeja que trabaja la cera negra habita desde las faldas de los Andes hasta el extremo opuesto de la llanura y no es fácil calcular la cera

que se saca, aunque siempre es menos que la blanca. También abunda la abeja que labra la brea, conocida aquí con el nombre de "pegote".

8. La cera blanca, cera negra, zarza, vainilla, barniz, achote preparado para manufacturas y para guisar, copal, caraña, unguento de María, ajengibre, flor de canela, pita, hamacas, venenos, bodoqueras, manteca de tortuga, peje [sic.] salado, carne ahumada y oro, son los artículos que forman el comercio, extrayéndolos para Neiva, Popayán, Pasto, Perú y Brasil, quedando en consumo gran parte de los venenos, la manteca y carnes ahumadas.

En cambio de tales artículos vienen plata, sal, lienzo, zarzas, bayetas, pailas, hierro bruto, herramientas, anzuelos, abalorios, espejos, cerdos y perros de caza.

Como los artículos más interesantes, tal como la cera blanca, zarza y venenos no se explotan anualmente, sino más tarde, no es fácil calcular con aproximación sus valores; más, por no dejar en silencio esta parte interesante, digo que serán 1000 pesos el giro comercial.

9. Ignoro que haya alguna cosa de particular mención.

10. No hay en el territorio minerales de oro ni otros metales en actual labor. La tradición nos cuenta de algunas minas de oro en la antigüedad y de ellas las más repetidas son la de las cabeceras del río Curiyaco en la altura de los Andes, limítrofe con la Provincia de Popayán, las de Yancoi, y Cofanes en Aguarico y los veneros en los ríos San Juan y Cascabel.

Hay tres vertientes de agua salada en las inmediaciones de Yunguillo.

11. En el extenso bosque se propagan sin embarazo el tigre, el león, el oso, la danta, el pucaio [¿...], el ciervo, pintadillo, armadillo, conejo, tigrillo, lobo, zorra, gato, cerval. De la familia de los micos tenemos las especies de bracilargo, chorongo negro, blanco y colorado, cotudo, encomendero, tanque, chichico, blanco o aleonado y negro, oso-mono, tuta-mono, comadreja, ardilla, etc., oso caballuno, perico ligero, etc.

12. Hay águilas negra, blanca y zaratana y otras especies menores de la misma familia, entre las cuales hay una que se alimenta sólo de culebras. Paletón, paují, camarane, resador, pavón, pava, guacamayo amarillo, colorado y verde, loro de varias especies y tamaños, urraca, cardenillo, luzón, grulla, cuervo, garza, codorniz, pato de varias especies, etc., etc.

13. Hay tantas especies de culebras que los naturales halla a veces algunas que aseguran haber visto nunca; sólo la cascabel parece no haberse albergado aquí. Las más temibles son la matihuaja, loro, estrella y pacui.

14. Entre los insectos venenosos se enumeran la araña en dos especies, negra y colorada; una de las especies de la rana, la hormiga llamada conga, de una pulgada de largo, otra de la misma familia llamada conquinta, otra colorada, otra sumamente pequeña conocida con el nombre de hucho-harina; la avispa dividida en más de seis especies, el abejón en dos o tres especies, el mosco, etc.



15. Entre los muchos habitantes del fluído elemento conocemos la vaca marina, el paiché, el bagre blanco y negro, la sardinata, la dorada, la zabaleta, el bocachico y una multitud de peces menores; el bufeo y la raya, etc.

16. Los anfibios conocidos son el caimán, la langosta que pertenece a la misma familia, la tortuga en dos especies, la lanche, la nutria y la iguana. Las tortugas salen a poner los huevos en las playas altas por los meses de diciembre y enero. El aceite y la grasa sirven para guisar, para el alumbrado y lavado; se calcula en 10 quintales por año, poco más o menos.

17. Generalmente se dice que comienzan el verano en este país por el mes de septiembre y terminan en marzo; pero lo cierto es que desde septiembre a diciembre es sólo una cierta bonanza siempre variable y pocas veces se establece el verano por más de un mes, porque los vientos de oriente y occidente son los árbitros que deciden de la estación: así es que retirado el céfiro ataca la lluvia y el tiempo de verano suceden los huracanes. De lo dicho se sigue que la estación del invierno comienza por abril y por consiguiente las crecientes de los ríos, pero éstas son mayores en los meses de junio, julio y agosto, porque en ellos son las lluvias más recias y constantes.

18. Las manufacturas de los indígenas varones son bodoqueras, arcos de flecha, dardos, redes, hamacas, canoas, balsas, remos, cedazos, petaquillas de corteza de bejucos y de hojas de palma, canastas, bateas, platos, cucharas, peines de caña, mochilas, cajitas de madera y baúles, arpas, bandolas y trapiches de mano. Las mujeres hilan algodón y lana, tejen mantas y fajas, hacen ollas de dos tamaños y las del Putumayo fabrican una especie de loza de barro que tiene algo de perfección y aprecio.

19. La principal aspiración de los indígenas de uno y otro sexo es unirse en consorcio; y esto no sólo es por convivencia en la mutua ayuda para la vida, sino porque abrigan la persuasión de que el célibe tendrá que andar errante y en tinieblas por el espacio sin acertar de pronto la puerta del cielo. Así por esta razón y por la de que desean la propagación y conservación de su raza, aún antes de la pubertad tienen decidida inclinación al sexo diverso y sus padres les permiten andar en las borracheras para que se proporcionen consorte. Los agentes del Gobernador le dan parte de lo que en tales ocasiones observan en los jóvenes apasionados: los hace comparecer y comprobado el dicho de los jueces, resuelve el casamiento y da parte al cura; pero rara vez se liberan los enamorados de una zurra de látigo que (tanto en éstas como en las demás circunstancias temidas por criminales) le aplican los jueces al primer canto del gallo, por precaución de evitar la afrenta. La ejecución es acompañada antes y después del castigo por un largo discurso del Gobernador, alusivo al delito, por sus antecedentes consecuentes, todo lo que suele durar de dos a tres horas.

No creen necesaria la voluntad de los padres para poder contraer matrimonio y alguna vez ni la de los contrayentes que acaso no se habían conocido, y la alteración ocasionada por la embriaguez los condujo al coito que fue causa para su consorcio.

Pero esto sucede con rareza a merced de varias costumbres que sirven de preservativo para la corrupción: por ejemplo la de la que los jueces subalternos del Gobernador asisten siempre a la puerta de [la] casa donde hay bailes o bebidas, para observar quién y cómo entra o sale; la de que, en los pueblos del Putumayo acostumbran que las muchachas solteras estén en asiento separado de las casadas y a la vista de todos; la de que en todos los pueblos las mujeres tienen asiento entre sí, muy distante de los varones. Recibida por los novios la bendición del Gobernador, padres naturales y principales del pueblo, cuyo acto tiene lugar en la puerta de la iglesia proceden con el acompañamiento acostumbrado, dividido por sexos como van los novios, y del mismo modo ocupan sus asientos llegados a la casa, donde les sirven el refresco de costumbre y se predisponen para el baile; que es obligatorio aún a los tullidos que hubieran asistido al acompañamiento y refresco.

La mujer nunca baila con su marido porque dicen que aquella acción es irrespetuosa y lo hacen con sus padrinos, compadres, hermanos o principales del pueblo. La mujer ayuda a su marido en los trabajos de labor en el campo; es de su cuenta la siembra y la cosecha de las sementeras, el abrigo de los hijos y el que ella ha menester, contribuyendo no pocas veces, por punto de honor y deber, con lo que el marido ha de ponerse.

El varón cuando cesa en la labor se ejercita de día en la caza y de noche en la pesca; bien seguro de ser mal recibido por la mujer si la suerte no le fue favorable en la diligencia, y no lo excusará haber atravesado leguas enteras de bosque superando mil peligros en ayunas o a lo más con sólo un poco de chicha o jugos amargos que tomó al amanecer.

Cuando la suerte estuvo en favor del cazador, éste se presenta en casa cierto semblante y expresiones que exigen la compasión de su familia, la que inmediatamente se pone de pie a servirle la chicha, manifestando con esto y el semblante festivo el agrado por la bienvenida. En seguida, mientras el cazador narra los sucesos con las fieras y liebres del bosque, ponderando su agilidad y sagacidad, la mujer toma por su cuenta hacer de comer y racional a los consanguíneos y amigos, porque su compasión no les permite comer solos.

Hallándose ya los varones en tal estado, que ellos repuntan de prosperidad, por poseer una compañera, un hacha, un machete, una bodoquera, una ollita de veneno y un perro cazador, se hacen idóneos para los cargos civiles y los que pertenecen al culto.

El cabildo se compone de un Gobernador, un alcalde mayor, otro alcalde Menor y un Alguacil: toma posesión el 1 de enero y, excepto en la capital de Mocoa, el cepo es trasladado a casa del nuevo Gobernador en hombros de los principales del pueblo, engalanando con flores, como también el azote y una cruz que son inseparables. El nuevo Gobernador y sus agentes aguardan esta procesión con respeto y entusiasmo; dan de comer y beber largamente a los concurrentes; correspondiendo con tal función a lo que en iguales términos obsequiaron los jueces pasados



cuando dispusieron sobre una mesa de flores los encintados bastones.

Todos los años en el carnaval tienen los jueces obligación de poner comida y bebida para que el pueblo no desconozca su autoridad y se preste a sus órdenes.

Las obligaciones pertenecientes al culto son cumplidas según las atenciones que recibieron en el festín donde fueron matriculados. Para estas bodas acostumbran a salir del poblado cuatro o cinco semanas antes del día de la fiesta los síndicos, fiesteros y algunos otros pagados a quienes llaman semaneros, y dirigiéndose al bosque por espacio de 6 hasta 9 jornadas emprenden la busca de animales, tales como la danta, el oso, ciervo, monos y aves, con lo que debe aperarse la mesa de la boda. Durante este tiempo las mujeres están haciendo chicha de yuca, plátano y maíz, también con ayuda de otras mujeres, pero cada síndica o fiestera lo practica en su casa hasta la antevíspera de la fiesta, en cuyo día se reúnen en la casa designada. El día de la víspera muy por la mañana salen los síndicos y fiesteros a convidar los pobladores, guardando la rutina de preferencia con el Gobernador actual y sus predecesores, con cuyo orden también se sientan a la mesa y de igual modo las mujeres en el suelo sobre unas tablas. Los síndicos y fiesteros arreglan el orden que deben tener los hombres al ocupar sus asientos, en cuyo acto suelen ocasionar impaciencia a no pocos de los que se hallaban sentados, por la remoción y cambio de lugar. Otro tanto hace las síndicas con las mujeres. De manera que para saber a qué varón corresponde una hembra, no hay más que contar las mujeres por el orden de 1, 2, 3, etc. y luego los varones, seguro de que el número en que se halle la mujer, será el correspondiente varón.

Estando ya en esta disposición, traen una batea o platón de huevos cocidos y un plato de ají y los colocan en la punta de la mesa, donde se halla el Gobernador o el que hace sus veces. Éste comienza a hablar en voz baja con los que se hallan a su lado, a quienes, pidiendo licencia por cortesía, comienza a brindar puesto en pie, lo que todos imitan al punto. Este brindis hace a cada individuo en particular, el que para contestar con una inclinación de cabeza y acción con el brazo, deja su puesto y viene a la cabecera de la mesa abriéndose paso. Deja a la consideración de todos el tiempo que se gastare en esta ceremonia; concluida la cual, se sigue la correspondiente al plato de ají, que es casi en iguales términos. Después de haber gustado un huevo duro y frío, se ve aderezada la mesa con hileras de platos colmados de carne ahumada y gallina fresca, cuyo número es correspondiente a los individuos del asiento. Para tomar el plato no hay ceremonia sino aguardar la voz del Gobernador y que éste tome el suyo: a pocos instantes cada varón, usando de la intersección que acostumbre, llama a su mujer para que levante el plato, la cual, llevándolo a su asiento, lo traslada inmediatamente en hojas, para conducirlo a la casa y comer con la familia.

Los platos son reemplazados en la mesa con grandes mates de chicha y durante este refresco entre los hombres, se repite entre

las mujeres la escena de los huevos, ají y platos de carne, todo servido por las mujeres; pero en el tálamo de las mujeres no hay abluciones de ceremonia. Terminada la comida de las mujeres, pone el síndico sobre la mesa un vaso de agua con el que se repite la ceremonia arriba dicha respecto de los huevos, terminando ésta con tomar el Gobernador un poco en los carrillos, trastornarlo al suelo y devolver el vaso a la mesa respetuosamente dando gracias. Enseguida, los fiesteros por su orden numérico o de categoría, auxiliaos de cuatro o seis brazos, conducen a la mesa un bateón colmado de carnes, tortillas fritas y huevos, lo cual entrega el Gobernador con un largo sermón a cada uno de los nuevos fiesteros. Terminando esto, los síndicos puestos en pie hablan largamente, primero al Gobernador y mayores y enseguida a todos, porque en su concepto no han servido debidamente y suplican que todos orienten.

Desde la víspera comienza su faena un cajero o tambor que, acompañado de un pifanero, cortejan con una tocata a cada uno de los principales que entra en la casa y después de haber sufrido saludando a los mismos con una tocata en las puertas de sus habitaciones desde el canto del gallo, continúan de pie en la puerta de la fiesta con el mismo cortejo a los que se congregan y a cada una de las ceremonias de la mesa hasta la conclusión con que terminó el párrafo anterior.

Casi todo un costado de la casa se halla ocupado con grandes ollas de chicha que suelen pasar de 60, las que el síndico principal va ofertando a cada uno de los varones por el orden en que se hallan colocados: todos nombran un agente para la distribución y cada uno de estos agentes toma el mayor interés en desocuparse pronto, porque en su política es faltar a ella si al dar el agradecimiento de despedida no manifiesta haber dejado el cántaro vacío.

La gran fiesta, que pudiera llamarse el Bairam<sup>1</sup> de estos indígenas, es el Carnaval. Todos, todos se preparan para comer, beber, cantar y danzar en las habitaciones, calles y plaza. Párvulos, jóvenes y ancianos, todos se visten de gala con las hermosas plumas de que despojaron a las aves, con tintes, hojas, yerbas y vegetales aromáticos. Los varones por su parte llevan un tamboril y un rondador en las manos, otros llevan cuernos de toros para tañerlos de rato en rato; las mujeres llevan el esqueleto entero de una tortuga al que, poniendo un pedazo de cera en una de sus aberturas y rozando allí con el dorso de la mano hacen prorrumpir en un tono destemplado pero constante; otras van imitando el tono de los rondadores con una hoja que doblaba ponen entre los labios, otras van cantando ("taquiendo", según la expresión de ellos) al compás de la tonada y moviendo el cuerpo con cierto ademán desembarazado que tiene algo de baile, algo de voluptuosidad. Así que, en estos días, bajo el pabellón de Baco, retozan francamente los agentes de Venus y Cupido.

Después de una función semejante, en donde con profusión hay comida, bebida y holganza, contemplaremos las familias

<sup>1</sup> Bairam (palabra turca). Nombre de dos fiestas de los musulmanes que se celebran una después del Ramadán y otra setenta días después.



reducidas a un círculo de miserias, calculado por las tres cuartas partes de los días de su vida. Estas gentes no se procuran medios para subsistir, desprecian los días de la salud para emplearlos en un trabajo constante y provechoso; no les asusta el hambre verdadera y todo lo devoran al momento; el tosco lienzo que abriga sus carnes en el día bajo la influencia del sol o de las lluvias, es el que le sirve de abrigo en la noche, tendidos en tierra sin más refrigerio que la candela y acaso sin más alimento que un poco de masato desleído en agua fría o el amargo jugo del yoco.

Así es que, pasando de la época de la salud a la enfermedad, consideraremos una criatura miserablemente tendida en el suelo sobre unas hojas o tablas casi desnuda al borde del fogón manifestando sus dolencias y su necesidad. Sus parientes y amigos no tienen cómo socorrerlo porque si por suerte hubiese unos dos pollos o gallinas, éstos se reservan para el caso de que muera, cuidar con ello a los que acompañan y sepultan el cadáver. De consiguiente, si el enfermo es el varón de la casa y no tiene hijos o parientes compasivos que diariamente vayan a buscar un pájaro o una liebre para el alimento, su enfermedad no será muy prolongada porque muy pronto debe ser víctima de la flaqueza.

Si el accidente que ataca al paciente no fuere una de las pestes conocidas, al momento creen que es maleficio: consultan con el sabio curandero a quien tal vez pagan lo que podía servir de abrigo al enfermo: él prácticamente contesta en afirmativo la presunción y presenta al hechicero en la transparencia de una piedra blanca lapidada, que denominan “huairo rumi” (piedra del viento). Reconocido el accidente, todo el medicamento se reduce a expeler el maleficio con frotaciones de algodón preparado astutamente por el sabio, baños de agua tibia arrojada de cierta distancia sobre la espalda en gran cantidad, purgas y vomitivos fuertes de vegetales y una dieta rigurosa a sólo tomar plátano asado y desleído en agua.

Agravada la enfermedad, recurren a Dios o a la Virgen de quien son muy devotos. Una vela es designada en holocausto, con la cual frotan el cuerpo del enfermo y el pariente más inmediato lo lleva a la iglesia, el cual cree observar el fin de la enfermedad en el aspecto y movimientos de la llama de la vela. El enfermo pide con instancia le traigan la vestidura con que bajará al sepulcro y, cuando le presentan la mortaja cosida, se manifiesta consolado y manda ponerla en la cabecera. En su testamento verbal íntima a su consorte e hijos el modo de vida que deben llevar en adelante y ordena lo conveniente a su mortuoria y entierro: pide justicia contra el hechicero y perdón a sus amigos de quienes y, de toda naturaleza, se despiden tiernamente.

En el momento en que expira, lavan el cadáver, lo amortajan y afeitan la cabeza, cuyo peine le ponen sobre el pecho, debajo de la vestidura: dan de comer y beber a todos los que acompañan, bien sea antes o después de sepultado el cadáver.

Al año, poco más o menos, manda el consorte decir una misa (que es la última) por el bien de aquella alma, que dicen que hasta aquel día anda rodeando la casa donde habitó con su familia: prepara cuanto le es posible para dar de comer y

beber a toda la gente y cuando todo está dispuesto, lo comuna: todos concurren contribuyendo unos con una vela, otros con real en plata, y otros con bateas de variadas comidas y frutas. La persona viuda por su parte, pone bateas y platos con aquellas comidas que agradaban al finado consorte cuando vivía, todo lo cual compone la ofrenda que al día siguiente deben llevar al cura después de haberle velado toda la noche sin dejar de beber.

Un poco antes del dilúculo, todos se recuestan y apagan las velas porque dicen que en aquella hora vendrá el alma por última vez a comer de un huevo que al efecto está cocido y preparado en la cabecera de la ofrenda al lado de la cruz, vino y agua bendita, cuyo huevo, que en nada ha disminuido, pertenece al sacristán.

Concluidas las exequias en el templo regresan a la casa donde todos reciben de comer y beber, como en una fiesta. Terminando el acto de la comida, empieza la bebida y el baile, porque el alma del finado es considerada ya en el lugar del descanso.

Si el consorte varón fue quien desapareció, la viuda toma una bayeta colorada que al intento tenía preparada, se presenta con ella en la mano, habla a los mayores manifestándoles su sensación el objeto perdido, hace ver que ha hecho cuanto ha podido para librarlo de las penas de la otra vida y que habiendo traído el luto por el tiempo acostumbrado, va a cubrirse ya de color: pide licencia para ello y derramando algunas lágrimas se arroja su bayeta y comienza a bailar.

El luto del varón consiste en cortarse el cabello contra la nuca y no usar las pinturas acostumbradas en la cara y el cuerpo: el de la mujer es quitarse los brazaletes, no pintarse ni bailar. Es caso muy raro que una persona viuda pase a segundas nupcias sin cumplir los deberes de costumbre.

20. Los viajeros y comerciantes son comúnmente los que en todas partes dan a conocer las familias de la especie humana que no están al alcance de la vista de todos; y como son muy pocos los individuos que hayan atravesado este vasto territorio por todas direcciones son por consiguiente muy escasas las noticias que tenemos de las tribus bárbaras, que, viviendo a la vez errantes, nos privan del aserto con que podríamos indicar su paradero. No obstante, esto, hay razones persuasivas de que existe hacia las cabeceras del río Fragua un débil resto de la belicosa tribu [tachado]. Es probable la existencia de las tribus de Huitotos, Guaques, Macos y Cabiyaerís en una y otra parte del río Caquetá, con mayor o menor aproximación a sus márgenes, según la comodidad que les brindan las aguas de los que son tributarios, o los lagos. Lo mismo sucede en el río Putumayo, en donde a derecha e izquierda moran los llamados Agustinillos, Orejones, Yurís, Mariatís y Paseses. De estas tribus, la de los Guaques es belicosa y antropófaga, cuya última circunstancia de ferocidad la tiene en guerra abierta con los Huitotos, a donde dirige sus expediciones de tiempo en tiempo, con la precaución de tomar a sus contrarios siempre por asalto. Si el éxito es favorable a los Guaques, de entre



los prisioneros toman los niños para su servicio y los adultos de ambos sexos son designados para saciar el hambre de los vencedores que, entre danzas y borracheras devoran a sus víctimas, a quienes por pasatiempo introducen en el sarao, en medio del cual los verdugos van ensayando de rato en rato y con apariencia de burla el tremendo golpe que al fin descargan con sus pesadas macanas.

A la derecha del río Aguarico está la tribu o parcialidad de Sapos, y a la izquierda un poco abajo de la confluencia de dicho río con el Napo, se encuentra la de Angoteros. Continuando por el mismo costado o margen del Napo, habitan generaciones bárbaras cuyos tambores oyó una vez el que expone hallándose en las playas del río Napo a tiempo del novilunio, que seguramente era el objeto de regocijo de aquellos salvajes, porque al tiempo mismo en que se dejó ver el planeta ellos hicieron oír sus tambores, aunque a considerable distancia.

21 No hay más tierras cultivadas que las inmediatas a las poblaciones o caseríos; el resto del territorio permanece desocupado.

Cada una e las cláusulas precedentes pido sea más difusa, porque parece que el asunto así lo requiere; empero me ha parecido más razonable reducir a pocas líneas mis mal formadas expresiones y caracteres, deseando sí, que en algo sean útiles.

José. M. Quintero

## Adición

El territorio del Caquetá no será ciertamente el país más fértil de la Nueva Granada, pero tampoco será el menos fecundo; y a consecuencia de esta reflexión parecióme conveniente decir en posdata dos palabras más. Su vasta extensión y su situación dentro de los límites de la zona tórrida, prueban que pueden cultivarse casi todas las plantas útiles del globo, considerando que el Caquetá posee casi todas las temperaturas. El trigo produciría donde hoy produce la papa y demás frutos de las tierras frías, en cuya temperatura se hallan los pueblos de Sibundoy, Santiago y Putumayo.

En los demás corregimientos que gozan de temperatura cálida producen el maíz, arroz, maní, plátano, yuca, zanahoria, cicse, ñame, batata, frisol, zapallo, caña de azúcar, tabaco, etc. La siembra del maíz, cuyo fruto se recoge a los cuatro meses, se hace desde marzo hasta octubre inclusive. El arroz se siembra por agosto y cosecha en enero; los demás comestibles y hortalizas se siembran en todo tiempo. El plátano y la caña de azúcar son más tardíos, por cuanto hasta un año no aprovechan a su dueño. De las muchas especies de yuca hay una que sazona a los ocho meses y a proporción del temperamento vienen los frutos, siendo más breve la cosecha en las tierras que distan más de los Andes.

Quintero



# Descripcion del viaje de Pedro Mosquera corregidor de Masaya

(DICIEMBRE DE 1847)<sup>2</sup>

Pedro Mosquera, corregidor de Masaya, siguió por el Caquetá hasta Teherúpe en donde los indios Guaques tienen una casa a la derecha del río. Allí tomó provisiones para seguir hasta la boca del Caguán, por el cual salió 12 días hasta la primera casa de los indios camas. Allí tomó tierra a la izquierda del Caguán y caminando hacia el monte atravesó en 3 días la llanura cubierta de bosques que separa aquel río del Yari. En el puerto de Lorella encontró una canoa. Que había conducido un sobrino suyo y en dos días descendió por el Lorella al Yari. Que navegó para abajo 4 días, todo desierto. Al cuarto día llegó a la boca del Maricuñe por el cual subió algunas leguas para tomar víveres en una casa de Guaques. Reunió parientes suyos y subió 5 días por el río Tajisa, que le entra al Yari por la izquierda y dejando ahí las embarcaciones, tomó tierra por la derecha y anduvo hacia el Norte 3 días por una selva de árboles altísimos que cubren la llanura que medra entre aquel río y el Mesay en donde empieza el principal caserío de los Guaques.

## DESCRIPCIÓN DEL PAÍS DE LOS GUAQUES

Al norte del gran Caquetá y como a 60 u 80 leguas al Oriente de la Cordillera de los Andes en que nacen los ríos fragua y Caguán y otros se encuentra un vasto territorio cubierto en su mayor parte de bosques espesos en medio de los cuales. Hay hermosas y extensas sábanas. Este país limita al Oriente con los cerros que los geógrafos llaman Araracuara y los Guaques Timbis [?] cuya cumbre, según estos, es el límite con el Brasil. Por el norte no hay límite conocido y se extienden según sus necesidades y las relaciones con los Caviyaríes, Enaguas, Macas y demás naciones que habitan aquel país. Por el Occidente se extiende el territorio de los Guaques hasta 20 o 30 leguas del Masaya y por el sur lo termina el Caquetá. Este país está regado por los

Siguientes ríos y por otros menores tributarios suyos: El Yari de aguas turbias que corren de Occidente a Oriente, deben tener su origen en la falda de los Andes; el Mesay, mucho menor, que se halla al norte del primero y desagua en el Cuñarí que corre como de norte a sur y recibe por la derecha al Tacuarí. Cuñarí y Yari reunidos desaguan en el Caquetá, un poco abajo del gran salto. (Masegua). El Mecaya que corre también en aquella parte como del noreste y recibiendo por el Occidente al Ajajú, va a unirse con el Caquetá, mucho más abajo del gran salto. Este río parece ser el Apaporis y es el menos propicio para navegación en la parte que corre el territorio Wake por los muchos raudales que, de trecho en trecho tiene en los cuales es necesario descargar las banquetas que entre él y el Ajajú. Corre una cadena de saltos y peñascos, los otros ríos son de buena navegación.

Los Guaques son una nación belicosa, altiva, muy amiga de la independencia y que se cree superior a todas las demás. Son bien formados, robustos, activos e industriosos, son navegantes y construyen canoas. Viven en guerra con la nación de los Guitotos que habitan entre el Caquetá y Putumayo. No tienen Gobierno, no habitan el pueblo, cada familia tiene una o más casas separadas de todas las otras. Estas son de 4 gruesas estacas y el techo de paja en forma de cono. Duermen en hamacas. Habiendo 50 o 60 personas en cada casa. El dueño de ella es el jefe de la familia. Cultivan plátano, yuca, ñame, caña, batata, maíz, piña el mate o guaduita que es una caña parecida a la guadua de una vara de alto que da raíces semejantes a yucas pequeñas, caimitos, la palma de chontaduro, el aguacate, el anón, la guama, el árbol de uva, el marañón, la neusca que es un bejuco que da una fruta más grande que un pepino que se come cocida. Tienen algunas gallinas, crían perros, conejos guaguas, micos y pericos. Queman sus rozas por diciembre y enero. Su pan es el casabe y de bebida

<sup>2</sup> De acuerdo con el informe de Codazzi, en diciembre de 1847 salió Pedro de Mosquera de la población del antiguo Solano. El coronel Anselmo Pineda. Prefecto del Caquetá, le dio la orden para realizar esa expedición.







hacen chicha de yuca brava. Llevan flechas envenenadas para sus cacerías y por la guerra. No usan vestido pero apetece la ropa. Carecen de sal y se sirven de la ceniza de unas plantas que crecen sobre las piedras en las corrientes de las aguas. Se fija su tamaño como a 4 mil.

El 3 de marzo salió el Mesay de la casa Chorejofe caminando al norte 4 días por una llanura anegadiza en invierno que había empezado ya, siguiendo una senda que los indios tienen practicada debajo del bosque. El 6 llegó al río Conoya pequeño que corre de occidente a oriente y es tributario del Ajajú afluente del Mecaya que, como se ha dicho, se cree sea el Apaporis. Allí esperó 4 días para reunir 5 embarcaciones que se habían hecho subir por el Ajajú. El Conoya tiene poca agua en verano y en invierno mucha palazón para navegarlo. El 10 al amanecer se embarcó y como a las 3 de la tarde entró en las aguas de Ajajú por la derecha de este río. Éste es mucho más considerable que el Conoya, es inmenso y profundo y solo. Tiene una estrechura en que las corrientes y remolinos hacen sumamente difícil la navegación. Produce esta angostura dos altos peñascos por entre los cuales se abre paso el río. Navegó 6 días Ajajú abajo habiendo pasado el 2 día la angostura. El 16 de marzo por la madrugada entró por la derecha del Macaya en las aguas de este río. Bajando el Ajajú se ve a la izquierda un cordón de peñascos entre este río Macaya, poco antes de su confluencia corre el Ajajú por el pie de la peña elevadísima (es en ella que se refugió Dios durante el diluvio).

El 16 navegó el Macaya arriba y llegó por la tarde a la chorrera de Nacorocá después de haber pasado dos arrastraderos. El Macaya es río mucho mayor que el Ajajú pero de difícil navegación por sus muchos raudales, corre como de norte a sur. Un poco más debajo de la boca del Ajajú está la última casa de los Guaques llamada Samutumano. Mas abajo habitan a alguna distancia los Cabiyañes. Cuatro días y medio se navegó Macaya arriba con muchas dificultades y el 21 tomó las aguas del Tutuya que es un pequeño río que desagua al Macaya por la derecha. En el Ajajú y en el Macaya se encuentran algunas casas de Guaques. La última es la de Camamañajei de la cual salió el 19 de marzo por la mañana.

El 21 de marzo siguió navegando por el Tutuya aguas arriba hasta el 25 sin hallar habitantes venciendo las dificultades de los raudales y la poca agua del río. Allí dejaron los buques y tomaron el bosque en dirección al N este por 7 días. Se pasaron varios riachuelos, el mayor de los cuales es el Itilla que corre al Caquetá. El 31 llegaron al pequeño río de los Guaques llaman Catuya que corre por el Guayabero. Allí encontraron a Luis María Muñoz, de pasto, que venía con dos canoas de los indios Guayguas viniendo de Arama donde había ido en busca de cera. Se embarcó y el día 3 de abril iba río abajo con alguna dificultad por las frecuentes palizadas y poca agua. El 4 salió al Guayabero que allí es grande, impetuoso, más que el Magdalena abajo de Purificación; allí hay caimanes que no hay en el Caquetá y afluentes arriba del gran salto. Siguió la corriente del Guayabero y el día 5 por la tarde encontró a la derecha del río una casa de Guayguas semejante a la de los indios Guaques y contenía como 40 personas, aunque su lengua muy diferente. Habitan las riberas de este río y del Ariari. Visten con guayuco y mantas de la corteza de majagua. El 7 continuaron Guayabero abajo, pasaron el raudal que está entre dos peñas y a las 10 estaban en las bocas del Ariari que le entra a la izquierda, que enseguida se llama Guaviare: vie sobre sus orillas la tribu de los indios Choroyes. Este [el Ariari] tiene las aguas más turbias y parece un poco menor que el Guayabero.

En la unión de estos dos ríos empiezan al sur y norte dos sabanas que se pierden de vista y se divisa también la cordillera de los Andes donde nacen estos dos ríos. A la tarde llegaron a otra casa de indios que estaban en fiesta, sin [...] tomaron el camino de tierra dejando el Ariari a la izquierda y fueron a la casa del indio Martín. Allí estuvieron del 10 al 14. De la boca del Ariari se puede ir a la Concepción de Arama en 8 días: 3 por agua, Ariari arriba, otros 3 por el Ovejas, afluente de aquel y 2 por tierra.

De la casa de Martín a Jiramena que está a la orilla izquierda del Meta, gastó 7 días por sabanas desiertas cortadas por riachuelos con palmeras a las márgenes. Estuvo 3 días en Jiramena y el 18 de abril se embarcó en el Meta en dirección a Cabuyaro. Al día siguiente muy temprano pasó por la boca del Río Negro y descendió hasta Matojal. El 30 desembarcó en Cabuyaro y tomó el camino de dirección a Medina<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> El viaje, de Solano a Bogotá, duró casi 6 meses, según Codazzi.



# Descripción del territorio del Caquetá

Por Agustín Codazzi

1857

**CUADRO** Que demuestra el Censo de la población del Territorio del Caquetá levantado en el año 1857

CORREGIMIENTOS	VARONES	MUJERES	TOTALES
Mocoa	326	326	652
Sibundoi	920	817	1.737
Solano	335	324	629
Putumayo	229	183	412
Aguarico	246	227	473
Mesaya	400	400	800
Totales	2.456	2.277	4.737

Mocoa a 5 de Marzo de 1.857

Ninguna de las antiguas provincias en que estaba dividida la Nueva Granada puede compararse en dimensión al extenso territorio del Caquetá; y sin embargo es el mas desierto y salvaje el menos habitado y conocido de la República. Puede llamarse con propiedad la gran zona de la selva cuyas aguas vierten al primer río del mundo.

Cuando los conquistadores buscaban por todas partes las riquezas del suelo granadino, se internaron también en este país, donde encontraron en lugar del oro por que anhelaban, la resistencia de los indígenas, las enfermedades del clima y la miseria del desierto que los arrastraba a la muerte.

El primero que pisó este territorio fue Jorge de Spirra o Espira, alemán de nación que habiendo salido de Venezuela en 1534 atravesando el sur de aquella república por los llanos de Barinas y Apure, todas las extensas planicies de Casanare y por las llanuras de San Martín. En 1537 pasó el río Papamene, que debe ser el Guayabero, que sirve de límite boreal con el Estado de Cundinamarca. Pasado este río se internó Spirra en el país de los Choques donde hoy habita la nación de los Guaques. Allí perdió a un maestro de campo, el brioso Esteban Martínez que cubierto de heridas sucumbió peleando y con él perecieron otros muchos.

Fue imposible seguir por esta derrota adelante, en un país de tierra áspera llena de tremedales y pantanos, y defendida por

una nación belicosa. La retirada era necesaria, y se imposibilitaba por las enfermedades que se habían declarado en las tropas por efecto del clima, de la desnudez y de los alimentos, como por las copiosas lluvias que hicieron crecer extraordinariamente los ríos, no pudiendo ser esguazados, ni atravesados a nado ni en canoas. Un año estuvieron en aquellas asperezas, sufriendo por causa de la tierra y de los habitantes lo que es más fácil imaginar que referir. Entraron a Coro en febrero de 1539 solamente 90 hombres, de 400 que habían salido a descubrir y conquistar cinco años antes.

Las primeras noticias del Dorado que se tuvieron en Coro las llevó Pedro Limpías, antiguo soldado que había acompañado a Federmán hasta Bogotá, en donde ellas estaban en boga entre los Conquistadores; y esto, unido a las relaciones de algunos compañeros de Espirra acerca de los países riquísimos que los indios señalaban al sur, hizo armar la expedición de Felipe de Urre, caballero tudesco, que salió de Coro en Junio de 1544 con 130 hombres bien armados. Urre siguió el mismo camino de los llanos casi al pie de las cordilleras e hizo algo en el pueblo de Nuestra Señora donde está el del San Juan cerca del Ariari, con el doble objeto de aguardar que disminuyesen las lluvias y con el de adquirir alguna luz que le guiase en el descubrimiento del Dorado que buscaba. Allí supo, no con poca sorpresa, que



no hacía mucho que había pasado Hernán Pérez de Quesada, hermano del descubridor del Nuevo Reino de Granada con 200 hombres, salidos de Bogotá en dirección al sur en busca también del famoso Dorado.

Fue éste quien atravesó primero una parte del territorio del Caquetá; llevando por Norte el pie de la Cordillera, recorriendo la misma distancia que hay de Bogotá a Pasto; no por valles amenos y habitados, sino por tierras solitarias llenas de ríos quebradas, caños y anegadizos hasta llegar a las selvas de Mocoa en la última miseria y desesperación, y sin un caballo por haberse visto obligados a matarlos para alimentarse. Cruzó la cordillera por Sibundoy para salir de Pasto, y de allí a Bogotá después de un año de una peregrinación trabajosa, difícil y de ningún resultado perdiendo la mitad de su gente y llegando la otra mitad en la más triste situación.

Urre quiso seguir las huellas de Quesada en una época en que habían ya comenzado las lluvias, que convertían aquella tierra fragosísima en muchos anegadizos, tremedales y lagunas a causa de las avenidas de los ríos que saliendo de madre cubren grandes extensiones de un terreno en extremo plano. Un año entero gastó en vanas diligencias, al cabo del cual regresó al pueblo de Nuestra Señora, sin haber perdido la esperanza de encontrar el apetecido Dorado, porque creyó haber visto desde un sitio elevado una grandísima población cuyos límites no acertó él ni su gente a distinguir, pero les pareció a todos percibir edificios vistosos entre los cuales sobresalía una fábrica soberbia que según la relación de los indios amigos, servía a un tiempo de palacio del señor de la ciudad y de templo de los dioses. No se creyó con fuerzas suficientes para la conquista de tan poderoso reino como el que creía haber descubierto y se retiró a Coro en busca de más gente.

Todo ello no había sido sino una mera ilusión producida por la distancia a que estaban de aquella pretendida gran ciudad. No debía ser otra cosa que un grupo de cerros graníticos de formas raras y caprichosas que existen cerca del río Macaya no muy distante del camino de tierra que hoy frecuentan los indios para pasar de este río al del Guayabero. Parecen a lo lejos edificios, ruinas de fortificaciones, torres, puntas, pirámides, etc: y hoy existe todavía la tradición de que Dios pasó por aquellos cerros, y botó en una profundidad que hoy se descubre en medio de ellos un baúl verde que se ve desde un altísimo pico sin que nadie pueda bajar allá para recogerlo. Aseguran también que en las rocas se hallan, grabados muchos animales como gallinas, perros, gatos, con bastantes garabatos como letreros etc. lo que puede ser factible, porque atendida su posición inexpugnable es muy probable que allí pasase Spirra con sus compañeros, la cruda estación del invierno y que la ociosidad de los soldados los convidase a grabar las figuras que aseguran existir allí<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Se refiere a los petroglifos del Raudal II, cerca a la boca del Ariari con el río Guayabero. Son pinturas indígenas.

Antes de llegar a Coro, Urre fue asesinado alevosamente por el feroz Carvajal, y con su muerte se frustró para entonces una nueva tentativa para buscar la gran Ciudad del Dorado.

Ningún otro osó introducirse en ese vasto país y solamente en 1536 el Capitán Gonzalo Díaz Pineda ya había recorrido algo por el lado del Aguarico saliendo de Quito para explorar el país de los Canelos.

Posteriormente fueron examinadas mejor las partes de este territorio del lado del Putumayo por el Capitán Francisco Pérez de Quesada, a quien fueron conferidas aquellas tierras en premio de sus servicios y con título de futuro Gobierno por Don Andrés Hurtado de Mendoza, tercer Virrey del Perú, el año de 1557, ayudándole con alguna gente y armas para la conquista de estas naciones y para que fundase en ellas algunas ciudades. Conquistadas las tribus de los Mocoas, retiradas del distrito de Pasto a las riberas meridionales del Caquetá, y otras tribus de los confinantes Putumayos poco guerreros, fundó el mismo año la ciudad de Mocoa cerca del río que lleva ese nombre. Pasó a los Sucumbíos, nación dócil que redujo sin fuerza alguna, y pudo fundar con ella la ciudad de Ecija a fines de 1558, sobre la ribera septentrional del río San Miguel llamado comúnmente San Miguel de Sucumbíos. Éstas se llamaban Provincias, y en la última se trabajaron tres de sus muchas y ricas minas de oro en tres pequeños ríos, lo que fue causa de que dejaran casi despoblada la ciudad de Mocoa, pasando su gente allá estimulada con la fama de su riqueza. Los pocos indios conquistados en este vasto distrito, aunque dóciles y apacibles, comenzaron a mostrarse inquietos, no por el trabajo de las minas, fáciles de lavarse porque eran de oro corrido, sino porque lo llevaban a mal los bárbaros confinantes. Eran éstos principalmente Cofanes, quienes por su muchedumbre, por su ferocidad y por su unión para las empresas, eran los que daban la ley a todos los demás. De aquí vino la ruina y pérdida de este gobierno que duró solamente 25 años porque siendo pocos los españoles que se establecieron en aquella soledad, no tuvieron fuerzas bastantes para sostenerlo, ni vecindad que pudiese ayudarlos en la empresa.

Comenzaron los bárbaros poco después de fundadas las ciudades a atemorizar a los indios reducidos, sugiriéndoles la idea de sacudir el yugo: hicieron después varias irrupciones en sus poblados y finalmente acometieron contra las mismas ciudades. Los españoles atemorizados se fueron retirando, hasta que al saber en 1582 que los Cofanes venían en gran número sobre ellos, huyeron los pocos que habían quedado en Ecija y Mocoa. De este modo fueron destruidas aquellas poblaciones sin que ninguno hiciese resistencia, y no quedaron por vestigio ni las cenizas de una ni otra ciudad. Los indígenas reducidos se acogieron a los montes, y quedaron solamente los pequeños pueblos de las cabeceras del Putumayo habitados por los Sebondoyes que vivían cerca de Pasto.

Inútiles fueron los esfuerzos para conquistar el país perdido por la poca gente de armas que podía destinarse a este efecto, y se apeló al celo de los Jesuitas. Es digno de mencionarse el valor



heroico del Padre Ferrer, que salió de Quito en 1603 solo sin ningún compañero, que entró en provincia de Ibarra y atravesando por el pueblo de Pimampiro la gran cordillera oriental llegó a la pequeña provincia de los Yumbos que puede llamarse la puerta de los Cofanes. Se introdujo en medio de esta bárbara nación y logró en 16 meses fundar con estos mismos indios el pueblo de San Pedro de los Cofanes. Estableció otros dos, bajó el Aguarico hasta el Napo y este río hasta su desagüe en el Marañón y se volvió después a los Cofanes. Cuando vieron que este intrépido misionero había reducido los más feroces naturales, se intentó establecer nuevamente el Gobierno fundado otra vez en San Miguel de los Sucumbíos -a los 20 años de su destrucción; por lo que hace al Padre Ferrer fue ahogado en un río por los mismos indios en 1611.

Las misiones franciscanas se establecieron en este país en 1637 y fundaron seis pueblos sobre el Guamués y Putumayo. Los Jesuitas entraron por la misma vía por donde Quesada a Pasto, es decir, por Sibundoy donde se fundaron cuatro pueblos que sirvieron luego de escala para llegar a Mocoa, residencia de la tribu de este nombre, que antes habitaba la Laguna Cocha cerca del mismo Pasto. Se plantó una nueva ciudad que es la actual de Mocoa.

Desde Almaguer se abrió también un camino para la misma ciudad muchos años después, y ya en 1772 estaba descubierto un tercer camino para llegar a las misiones, cuya escala era la Ceja, pueblo de indios cercano a Timaná; así es que la conquista religiosa bajó de las cordilleras de Quito y de Pasto a las llanuras de los ríos Putumayo y Caquetá y entre los extremos ramales de los cerros y en las orillas de estos ríos quedaron fundados los primeros establecimientos cristianos de Colegios de la Propaganda Fide de la religión de San Francisco; pero solamente contaban 1069 individuos incluso los catecúmenos casi todos indios Andaquíes, Mocoas y Putumayos, con muy poca gente de color.

Cuando esto pasaba no se había descubierto todavía el apartado territorio que demora entre el río Guaviare, el Orinoco y el Casiquiare. Los primeros que se introdujeron en él fueron los portugueses, que ya en 1737 subían desde el Amazonas el Río Negro, entraban por el Casiquiare al Orinoco sin saber que era este río, conocido entonces por los indios con el nombre de Paragua. En aquella época la nación de los Guaipunavis que moraban sobre el río Inírida hacia una guerra a muerte a los indios Manativitanos y Marepisanos que se dividían la preponderancia del poder sobre el Río Negro. Eran antropófagos guerreros y feroces aliados de los portugueses a fines del siglo XVIII bajo su jefe Cocui.

Entre los antiguos fuertes de los españoles en San Carlos de Río Negro y el San José de Maravitanos, de los portugueses sobre el Río Negro hay una peña y un cerro que llaman la piedra o glorieta de Cocui reconocida por límite entre las dos naciones y se conserva la tradición de que allí tenía el jefe Cocui un serrallo de mujeres y que por una predilección particular hacía sacrificar y luego servir en su mesa las más jóvenes, las más bellas y las

más robustas. Bajo este jefe se habían hecho rivales los Manativitanos de los Guaipunabis que conservaban la preponderancia en el alto Orinoco. Penetraban de tiempo en tiempo en este río para cazar hombres que reducían a esclavitud y vendían a los portugueses, o mataban para servirse de su carne como alimento.

A mediados del siglo XVIII los Marepisanos vecinos y rivales de los Manativitanos se unieron a éstos bajo sus jefes Imú y Cafamú disputaron la superioridad política sobre las pequeñas naciones independientes de los portugueses esparcidas sobre el Río Negro. Los Guaypinabis por su lengua parecen ser de la familia de los Caure-Maipure compuesta de dos naciones, y aunque antropófaga es una de las más culta de las que vivían en el alto Orinoco. Estos indios debatieron los progresos de los Caribes en sus regiones e hicieron sobre el Guainía una guerra exterminadora a los Manativitanos y Marepisanos sus rivales. Los Guaypinabis, originarios de las riberas del Inírida, inducidos por su apoto o Jefe Macapú y por su sucesor Caserú, ejercieron hasta mediados del siglo XVIII superioridad absoluta sobre todos los pueblos del Alto Orinoco. Cruveo, otro jefe de los Guaipuinabis, abandonó el Inírida y con su horda fue a fijarse detrás de las montañas del Sipapo. Esta nación antropófaga guerrera ponía en consternación a las misiones del Bajo Orinoco por la guerra que hacía a los indios hasta cerca de los raudales de Atures y Maypures. El Padre Román, amigo íntimo del historiador Gumilla, tomó la resolución magnánima de atravesar las grandes cataratas y visitar los Guaypinabis, sin escolta de soldados españoles. Salió el 4 de febrero de 1744 de Carichana, y habiendo llegado a la confluencia del Guaviare, vio a lo lejos una piragua grande como la suya vestida a la europea. Hizo colocar una señal de paz y un crucifijo en la proa; El punto de intersección de los límites conocidos entre Brasil, Venezuela y Nueva Granada cae frente a la piedra, cerro o glorieta del Cocuy en la latitud  $1^{\circ} 30'$  y en la longitud  $6^{\circ} 41'$ , al Este del meridiano de Bogotá sobre el Río Negro. La línea divisoria entre estas dos últimas repúblicas es el curso del Río negro aguas arriba por 12 leguas hasta la boca del brazo Casiquiare y luego este por 55 leguas que es donde se aparta del Orinoco y por último este río aguas abajo por otras 55 leguas frente a su unión con el río Guaviare. Aquí termina el límite con Venezuela de 122 leguas, tomadas por líneas rectas en la dirección general del curso de las aguas.

El río Guaviare por una extensión de 60 leguas hasta el salto sirve de límite con el nuevo Estado de Cundinamarca después por 35 leguas hasta la confluencia del Ariari: y allí toma el nombre de Guayabero hasta su origen en la Cordillera Oriental de los Andes frente a Neiva, distancia de 95 leguas.

Las cumbres de esa Cordillera demarcan el límite entre este territorio y el Estado de Cundinamarca hasta el páramo de las Papas cuya línea es de 60 leguas. Así pues los límites entre este territorio y el Estado de Cundinamarca miden en su totalidad una extensión de 250 leguas granadinas.

Con el Estado del Cauca, al que en la actualidad pertenece, linda por una distancia de 60 leguas medidas en líneas rectas



por las cumbres, que dividen las aguas que vierten al Amazonas de las que van al Pacífico desde el páramo de Las Papas hasta los límites de la República del Ecuador.

Con esta república empieza el límite en la quebrada Pun que sale del cerro de San Francisco y cae al río Chunques procedente de los cerros de Piedra y Mirador de Guaca. El río Chunques aguas abajo demarca el límite enseguida y se llama luego Azuclayaco hasta unirse al Cofanes: entonces las aguas toman la denominación de este río y después que se le unen los ríos de Candú y Dué, todos procedentes del país ecuatoriano, toman el nombre de Aguarico sin duda por el del pueblo de este nombre que está situado en su orilla izquierda último del territorio del Caquetá: antiguamente se llamaba este río Azuela tal vez a causa del río Azuelayaco porque la palabra Yaco indica río o agua; en algunas cartas antiguas está puesto el territorio Aguarico o del oro efectivamente se encuentra en sus arenas este precioso metal. El Aguarico hasta frente a la laguna Cuyaveño sirve de límite completándose allí 40 leguas contadas desde la cabecera de la quebrada Pun. Por las orillas de esta laguna y de todo el terreno realzado en parte como colinas, en parte simplemente combado, enteramente cubierto de selvas desconocidas, que divide las aguas que van directamente al Putumayo de las que caen al Napo y a la Amazonas va la raya divisoria ecuatoriana hasta el Amazonas mismo frente a la boca del río Paraná-pishuna que queda 6 leguas arriba de la boca del Putumayo o Izáparaná o Yca. Esta distancia de 185 leguas granadinas que unidas a las otras hacen de 225 total del límite con la República del Ecuador alentado por líneas rectas y tomando en la dirección general.

Entra luego a colindar este territorio con el Imperio del Brasil por medio del Amazonas desde frente a la boca del Paraná-pishuna hasta el brazo de Avatíparaná, que es el más occidental del Yapurá o Caquetá, distancia de 30 leguas: luego este brazo por 66 y río Yapurá aguas arriba por 85 leguas hasta la boca del río Apaporis. Este río aguas arriba por 26 leguas demarca el límite hasta el río Taraira, y este último por 44 leguas que es en donde tiene su origen en la sierra Yimbi. Esta sierra sirve entonces de división hasta encontrar el río Vaupés o Vapes en el raudal de Yuruparí en dirección Sur a Norte distancia de 30 leguas; allí se atraviesa el río torciendo luego la línea al oriente por un terreno realzado que separa una extensión de 90 leguas las aguas que caen al Río Guainía de las que van al Río Negro hasta encontrar este en la Piedra o Glorieta del Cocuy, donde se empezó la descripción de los límites.

Confina el Imperio del Brasil con el territorio del Caquetá por el espacio de 375 leguas empujadas en líneas rectas por la dirección general de los ríos sierras y terrenos montañosos; porque siguiendo las vueltas de los ríos serían muchas más leguas, como se verá en las descripciones del curso de las aguas.

Descritos así los límites hay que hacer una observación sobre ellos según los tratados entre España y Portugal del 1° de octubre de 1777 y 11 de mayo de 1778, la línea divisoria debía abrazar sobre el Yapurá desde la desembocadura de la Laguna de Cumapi

o Gumoapi hacia el Norte a buscar a Río Negro en la boca del río Cababurí y al poniente del pueblo de Loreto, y de allí hasta las cabeceras del Cababurí, por la razón de que en 1757 vino desde el Orinoco la expedición de Solano para arreglar los límites de la Guayana y su exploración fue hasta el raudal de Coracabi y luego al Cabalun hasta las cabeceras. Es muy probable que 20 años después no estuviesen fundados los establecimientos de los portugueses que tienen hoy sobre el Río Negro arriba desde Loreto hasta San José de Maravitanos. Pero dando por sentado que estuvieron fundados en aquella época había de poner a cubierto estos nuevos establecimientos, se debía tomar alguna laguna, río, etc. que determinase bien los límites y no hubiese inconvenientes para el futuro desarrollo de estos pueblos debiendo por lo mismo quedar desde entonces bien deslindados; en ese caso el Río Yrapari o Iracapi 12 leguas debajo de la boca del Apaporis serviría perfectamente de línea divisoria, pues que sus cabeceras están muy cerca del río Uaupes donde le entra el Tequie y entonces el río Uaupes podría servir de límite natural hasta llegar al raudal de Yuruparí en donde atravesaría la línea para tomar la descrita ya hasta la piedra del Cocuy. Por esta línea se ganarían 1000 leguas cuadradas granadinas.

La línea con Venezuela tendrá sus dificultades porque perdería aquella República las poblaciones que tiene sobre el río Orinoco y el Casiquiare, y su supuesto que un ministro granadino concedía la línea de Atabapo se podría tomar la mitad de la distancia entre el Atabapo y el Inírida y seguir al sur la línea divisoria por las colinas que separan las aguas que van a estos dos ríos hasta el Cerro Guasacavi: de allí el Caño Asino hasta el Guainía, atravesar éste y en la dirección al sur buscar el Río Aquío y éste río hasta su cabecera serviría de límite. Con tal línea perdería la Nueva Granada 1300 leguas cuadradas, pero quedarían bien cubiertos los establecimientos y pueblos venezolanos y se podría obtener alguna compensación sobre este arreglo de límites.

## **MONTAÑAS SUS RAMIFICACIONES Y ALTURAS**

La Cordillera de los Andes orientales granadinos que vierte sus aguas a la grande hoya del Amazonas empieza desde el cerro de San Francisco que tiene una elevación de 4000 m. de altura. Sigue al páramo de Angasmayo de 3830 mt. y luego se rebaja al este de Pasto en el camino que conduce a Mocoa pero en la medianía se prolonga un ramal al sur este que encierra la gran laguna de la Cocha y casi se une con otro que se desprende del volcán de bordoncillo o Patascoy encerrando la hoya de esta grande laguna andina donde demoraba antiguamente la nación Mocoa cuando las tropas de Belálcazar descubrieron al país donde hoy existe la ciudad de Pasto. Los indios de aquella nación bajaron hacia las selvas del Caquetá, cerca de las orillas de un río que vierte a este fijaron su mansión, y tomó en venia el río el nombre de Mocoa que conserva todavía.

Del volcán de Patascoy (3.800 m) de altura sigue un corto ramal que se une a la Cordillera de los andes la cual corre en la



dirección del nacimiento hasta el Páramo de Aponte de 3700 m. de altura absoluta, y allí las crestas principales van en dirección del Norte o [ ] en ellas el pico de Yscansé no muy distante de Cumal (3300 m.). De aquí arranca un estribo que pasa al Sur de Santa Rosa, antiguo sitio de un pueblo que hoy no existe y solamente hay una casa de agricultores con un pequeño rebaño de ganado. Este ramal cae al río Grande que unido al que viene del pantano o Valle de las Papas llevando este nombre forman el Río Caquetá. Del otro lado de este río está un cierto estribo que ribetea una quebrada que también se denomina de las Papas, el cual sale de la sierra que limita el mencionado Valle y es una prolongación de los andes. La cumbre de esta sierra desierta va en la dirección del S.S.O. vertiendo sus aguas por un lado al Magdalena y por el otro al Caquetá en una extensión de 15 leguas, las cumbres son las que forman los Andes orientales de la Nueva Granada. Luego endereza por 10 leguas casi al Norte hasta el Paramillo elevado solamente 2000 m. sobre el nivel del mar, por cuyo punto (el más bajo de toda esta cordillera) atraviesa el camino que saliendo del pueblo de la Ceja conduce al Puerto del río Bodoqueragrande, afluente del Caquetá.

Los andes orientales toman luego la dirección del Este por 5 leguas se inclinan después al N.E. por otras tantas hasta la Cabeza del río Peneya o Caguansito, desde allí corre al Norte hasta el cerro del Miraflores, distancia directa de 8 leguas, y volviendo al N.E. por casi 6 leguas se dirigen casi al N. por 9 leguas en el cerro que da origen al Río Neiva que queda al Oriente de aquella Ciudad. De este cerro se desprende un largo estribo que concluye en el Boquerón donde se juntan los Ríos Guayabero y Papaneme.

El espacio que recorre toda esa Cordillera tomando línea recta por sus cumbres, es de 93 leguas granadinas; el grueso de ella es de 20 a 25 leguas, comprendidas las colinas y cerritos que parecen como aislados al paso que la masa principal se puede considerar de 10 a 15 leguas. Los estribos de esta cordillera vienen a perderse en las grandes selvas a veces rebajándose gradualmente, a veces con pendientes en extremo escarpadas, concluyendo sobre la llanura por medio de colinas o cerritos aisladas unas, separados otros, cubiertos todos de la más lujosa vegetación. Como por esta grande vertiente bajan ríos que corren por valles más o menos anchos, más o menos pendientes afluyendo a los principales ríos Caquetá y Putumayo, resulta que las direcciones de esos valles dependen de la de los estribos que los separan entre sí, de los cuales muchos van al S.E. otros al Sur; algunos al Este y al S.S.O., pero en general se puede asegurar que la dirección principal es al Sud Este, que es la de las grandes hoyas del Caquetá y Putumayo. Esta vertiente de la Cordillera oriental de los Andes granadinos ocupa un espacio de 2000 mil leguas cuadradas todas ellas desiertas, excepto dos pequeñas porciones, una en el camino que de Pasto conduce a Mocoa y otra de la Ceja al Caquetá.

Hay un sistema de cerritos, colinas pequeñas, sierras y masas peñascosas aisladas que parecen pertenecer al sistema de la Parima de la Guayana venezolana porque sus formaciones son

graníticas, al paso que la Cordillera Oriental de que hablamos se compone de terreno de transición y secundarios y nada de plutónico. Si hay algunos terrenos tranquíticos son debidos al volcán de Patascoy y se hallan cerca de este y también se observa un terreno igual de traquita cerca del Río Fraguayaco. Sus cerros parecen a lo lejos volcanes apagados que en otros tiempos debían estar en actividad pues que algunas cartas antiguas indican en ese punto tres volcanes de los cuales hoy nadie da razón.

En esta cordillera domina el terreno sienítico y parece que se prolonga hacia el Caquetá: en sus aluviones se ve patente la sienita en cuyas arenas hay bastante oro de arenales. Se diría que el terreno de transición se extiende en la división del N.O. hacia Almaguer; se juzgaría que al oriente del Páramo de las Papas está el puente de intersección de los terrenos de transición con los terrenos secundarios que se dirigen hacia Neiva y Bogotá.

## RÍOS, SU ORIGEN Y CURSO

El Caquetá es el principal río de este territorio al cual da su nombre: nace en el páramo de Las Papas de una pequeña laguna elevada 3992 m. sobre el nivel del mar, se halla en medio de altos peñascos escarpados llamados de Santiago (4350 m) de alta [ ] cuyo nombre tiene la laguna y el río que sale de ella precipitándose este al Valle de las Papas cuya altura está a 2670 m sobre el nivel del mar<sup>2</sup>: allí recibe los ríos Blanco y Curiaco cuyas fuentes están cerca de la laguna del Buey<sup>3</sup> origen del río magdalena y muy cerca de la de Santiago; pero antes sus aguas se aumentan con las de los ríos Yerbabuena y Cutanga que nacen en el mismo páramo de Las Papas y el Cerro Cutanga este que es el más elevado del páramo tiene 4500 m de altura absoluta. Desde que las aguas del Santiago entran al Valle toman el nombre del río de las Papas, en este valle recibe muchas quebradas y el Río Negro que sale del cerro de este nombre. Cerca de este río hay varias vertientes de agua saladas que beneficiaba antiguamente una señora de Almaguer que tenía allí un hato de ganado; actualmente todo ese territorio está desierto y solamente en la parte boreal del valle se hallan algunas casas y un rebaño de ganado en la orilla del río Curiaco en el camino que atraviesa el páramo de Las Papas para ir de Almaguer a Timaná. Por aquel camino después de pasada la quebrada de Santo Domingo, donde hubo en otros tiempos un hato de ganado, se sube el páramo que llaman de Los Letreros, nombre que le dan porque en varias piedras hay varios garabatos y en una de ellas están grabadas estas palabras: Ave maría Santísima año 1764: a poco es preciso encumbrarse por el camino y se encuentra a la izquierda el origen del Magdalena y a la derecha el del Caquetá, en el páramo de las Papas en el punto en que se desprende la Cordillera Central de los Andes empezando en su arranque a denominarse páramo del Buey.

<sup>2</sup> La laguna de Santiago vierte sus aguas hacia el Magdalena y hacia el Caquetá.

<sup>3</sup> Esta es verdaderamente la laguna de la Magdalena.



El valle de Las Papas termina en el cerro de Las Ventanas, cuya altura es de 3000 m en el cual se verifica la rotura del antiguo lago andino de las Papas, cuyas aguas se abrieron paso hacia la hoya del Amazonas. La rotura es evidente, al salir de los cerros que le servían de barrera meridional las aguas del río de Las Papas después de un curso de 10 leguas se encuentran y se unen con las de Río Grande que nace en el cerro de Yscansé acrecido con las aguas del río de Las Vueltas que procede del Páramo de Santa Bárbara. La unión del río de Las Papas y de Río Grande se afecta a la altura de 1980 m precipitándose el primero por saltos y cascadas consecutivas en la dirección del valle para torcer luego al oriente entre las bases escarpadas de la cordillera y efectuar su unión con el Río Grande, con cuya denominación corren las aguas por algunas leguas para formar luego un curso hacia el sur recibiendo por la derecha los ríos Curiaco, Cascabelito y el Río Blanco y por la izquierda el Cauyacaco con muchas quebradas de bastante agua. En Descanse, pequeño pueblo del Corregimiento de Mocoa, el río está solamente a 900 m de altura, habiendo bajado en una distancia de 15 leguas de curso desde que se unió al Río Grande 1080 m. que son casi 25 m por mil si el descenso fuese proporcional, lo que en realidad no sucede. Aquí se pasa el río en balsas en los tiempos ordinarios porque cuando está crecido es imposible atravesarlo a causa de la impetuosidad de la corriente.

Desde este pueblo toman ya las aguas del Río Grande el nombre de Caquetá, que conservan hasta el salto grande corre en la dirección del S.E. hasta recibir el río Mocoa en la inmediación del pueblo del Limón, que es el puerto de aquella capital, y su curso es de 23 leguas debajo de Descanse; el Caquetá recibe por la izquierda los ríos Coreyaco, Verdeyaco y Villalobos unidos y el Mandiyaco y por la izquierda el Cascabel unido a los ríos Curiaco y Platayaco y más abajo el Ticunahoi. El río Mocoa desemboca en el Caquetá después de haber recibido las aguas que le tributan los ríos Platayaco, Titango, Tortuga, Rumiyaco y Pepino, del puerto del Limón cuya altura sobre el nivel del mar es de 333 m., se navega el Caquetá pero su navegación es peligrosísima y casi imposible en las corrientes del río de los chorros y peñas que tiene hasta el Pueblecito de Pacayaco, distancia por el río de 5 leguas está elevado allí 281 m. La dirección del Caquetá es casi al Oriente por 11 leguas una [ ] hasta Totulo en donde hay dos casitas a 243 m. de altura a poco más de una legua de allí recibe por la izquierda el río Fragua y a 5 leguas el de Yurayaco unido al Río Luna; se puede navegar por 8 leguas al cabo de los cuales hay camino por una montaña llana hasta el puerto del Pescado a distancia de 13 leguas: de allí puede irse por tierra áspera a la Ceja y también bajarse por el río Pescado al Orteguaza cerca de la boca de Yurayaco al Pueblecito de este nombre cuya elevación absoluta es de 235 m. Hasta aquí la corriente es fuerte pero no hay peligros y en adelante la fuerza de las aguas es menor y más fácil la navegación.

Hasta cerca de Solano o Cosumbe el río va al S.E. bien ancho y con muchas islas, que empiezan desde Pacayaco. A la distancia

de 11 para llegar a llano elevado 217 m, recibe el Caquetá por la derecha los pequeños ríos de Jesús y José María dirige su curso al naciente por 15 leguas donde hay un pueblito de indios Coreguajes llamado Ytacayano, y de allí a poco la boca del río Orteguaza que está a 200 m. sobre el mar. Este río es navegable por 40 leguas y recibe los del Pescado, Bodoqueragrande y San Pedro, navegables por 20, 15 y 10 leguas. El río Pescado recibe los ríos Bodoquerita, Saravanda, San Juan, otro río Fragua y San Pedro. Al río Orteguaza cae otro San Pedro, Aguablanca y el del Hacha. Con todas estas aguas llega al Caquetá uniéndosele antes el río Peneya y muchas quebradas.

Desde la boca del Orteguaza hasta la del río Caguán, el Caquetá es ancho, sus corrientes mansas, tienen muchas islas, y los giros muy largos llevando una dirección general al S.E. y después de Remolino Grande al Este. En una distancia de 42 leguas de curso no tiene sino un descenso de 20 m. y recibe de la izquierda muchas quebradas al río Rutuyá y otro río Peneya y de la derecha el de Santa María, Micaya unido a Sorilla, y después los ríos Sensella y Tagua. Por el Micaya se pasa al Río Sensella por medio de un pequeño istmo y por tierra también está distancia de 60 leguas al río Cauyacá tributario del Putumayo, por el Tagua mediante una travesía de tierra se llega en invierno al Cauyacá, y de allí al Putumayo.

El río Caguán tiene de curso navegable 60 leguas y 15 y más de difícil navegación recibe los ríos Caya, Caguancito y Sunsilla y no tiene más agua que el Orteguaza. La boca del Caguán se halla precisamente bajo la línea ecuatorial y solamente está más alta que el mar 180 m. siendo su distancia en línea recta de 500 leguas.

De la boca del Caguán a la gran Catarata de Aviza o Paciza, llamado también salto de Macigua, hay 48 leguas por el curso del río, en las cuales recibe por la derecha los ríos Nasoga, Guaramaní, Emses y Yacasa y por la izquierda el Cuemaní, Tuyarí y el de Yenyayá unido a los de Quillai Maguare.

Todos estos ríos se navegan durante algunas leguas porque corren por tierra llana y no se levantan casi corriente. Desde el Puerto del Limón hasta el gran salto tiene el Caquetá 137 leguas de navegación. Del salto para adelante se conoce el Caquetá con el nombre de Yupurá, y su curso va casi al S.S.E. por 85 leguas hasta la boca del Río Apaporis. Antes de llegar a ella se encuentra la Catarata de Cupatí formada más bien por las rocas que atraviesan el cauce del río que por un fuerte descenso.

En esta extensión recibe el Yupurá por la derecha los ríos Vaparí y Aniva y por la izquierda el de los Engañosos a pocas leguas del gran salto. El origen del último río está en la Cordillera Oriental de los Andes donde se conoce con el nombre de Yary y recibe los ríos Lorella, Camuña y Tajiza que salen de la misma serranía. Antes de llegar al Yapurá el río de los Engaños recibe al Mesay que nace de una gran laguna y los ríos Sacaramane, Taburare y Cuñare reunidos, y los menos considerables de Isabella y Rafia que vienen de la Sierra de Aracuara lo mismo que otro río Yary y los llamados Aura, Ira y Murutim.



El Río Apaporis es uno de los grandes afluentes del Yupurá. Se llamó también Orelludo por la tribu de tal nombre que habitaba este río. Es navegable por 15 leguas hasta el pueblecito de Curatus, que se compone de indígenas. Siguiendo adelante su curso se encuentran muchos saltos y raudales a causa de las rocas de la sierra Aracuara y de la de Yimbi, por la cual atraviesa tomando origen en la cordillera oriental de los Andes con el nombre de Macaya y recibe muchísima quebrada, caños y los ríos Conoya, Ajaju, Tutuya, un Yary, Curá, arian y Cuñanari, que navegan en pequeñas canoas las tribus indígenas.

Desde que el Yupurá recibió el río Apaporis que los indios llaman también Apapori corre por 10 leguas al Sur y allí recibe por la derecha al Honoguai y por la izquierda el Juruá y sigue cinco leguas en curso en dirección al Este encontrando a la izquierda la boca del Río Yaracapí o Iracapí que podría servir de límites en esa parte con el Brasil porque sus cabeceras vienen a estar muy cerca del río Vaupés.

Casi al Naciente sigue el Yupurá por espacio de 36 leguas frente a la boca del río Marina que viene de las selvas de la izquierda, habiendo antes recibido por el mismo lado el río Uapirí y por la derecha el Río Puercos o Porcos. Por 30 leguas corre al S.E. y recibe por la izquierda los ríos Namaretane y Papao: por la derecha los de Isami, Macapurí y Canabi entre estos los últimos está el pequeño pueblo de San Joaquín de Cuerana. Desde la boca del Canabi hay 15 leguas casi en dirección al Este siguiendo el curso del Yupurá, y allí hacia la izquierda desagua la gran laguna de Cumapi o Gumoapi que en algunas caras está escrita Gamaupe. Este desague y una línea prolongada casi al Norte en dirección a Río Negro iría a coincidir con la boca del Río Cababurí y sería la línea divisoria de la Nueva Granada pero quedarían entonces los establecimientos de los brasilienses desde Loreto hasta San José de Marabitanos en territorio granadino, por cuya consideración se han trabajado otras dos líneas; la del Yaracapí y la del Apaporis. De la boca de la Laguna Gumoapi hay ocho leguas al brazo Avatiparaná, primer desague del Yupurá al Amazonas durante el curso de 85 leguas.

El Amazonas sirve de límite a la Nueva Granada por una distancia directa de 30 leguas, pero siguiendo sus grandes sinuosidades presenta una navegación de 25 leguas hasta la boca del Putumayo o Izá, en cuyo intermedio caen las aguas de los ríos Caucana, Tunantins, el Ovidiana en las orillas del este hay un pueblecito del mismo nombre y antes de llegar a la boca del Putumayo hay otro llamado San Antonio, habitado por indios brasilienses. De la boca del Río Putumayo hasta la raya divisoria de 15 leguas, y ésta cae hasta el frente de la del río Parapischuna, como se dijo describiendo los límites de este territorio.

El ancho del Amazonas es de legua a legua y cuarto, y en algunos puntos legua y media, y tiene 12 islas largas y estrechas, algunas como la de Timboatuba de 2 ½ legua con un cuarto de legua de ancho está frente la boca del río Caucana y ocupa la medianía del Amazonas. La isla de Tunantins es la mitad de aquella, como la que está frente a Maturá pueblo de la orilla derecha del río Amazonas.

Este gran río, que tiene una navegación de más de 1000 leguas desde Tornependa hasta el mar, recorre el valle más extenso de América y del mundo pues que cuenta 200.000 leguas cuadradas. Su descenso es muy pequeño comparado con la distancia por cuanto que la altura de Tornependa es de 382 m. sobre el nivel del mar y el descenso proporcional a su curso sería de 2 metros por legua.

El primero que descubrió el Amazonas fue Vicente Yañez Pinzón el año de 1500 y los indígenas lo llamaban Guiana y los Portugueses Solimoens. En su origen se llama Marañón, nombre de un español que lo reconoció en partes antes que Francisco Orellana. Este Español se embarcó el año de 1539 en el río de la Coca que cae al Napo y bajando por este llegó al gran río que denominó de las Amazonas a causa, según dice, de haber visto en sus orillas mujeres armadas. En 1603 el Jesuita Ferrer que había conseguido fundar el pueblo de San Pedro de los Cofanes con los indios del mismo nombre, bajó el Aguarico y llegó al Napo por el cual descendió hasta el río Amazonas.

En 1639 lo reconoció el portugués Pedro Texeira, enviado por el Gobernador del Pará con este objeto, y habiendo subido luego por el mismo Napo dejó su gente cerca de la boca de Suno y por tierra se fue a Quito.

El célebre Condamine bajó el Marañón desde Jaén hasta su embocadura en su regreso a Quito, donde en 1748 con los académicos franceses había hecho la medida del grado continuo al Ecuador en la llanura de Tarqui en cuyo puerto en 1829, las tropas colombianas ganaron una célebre batalla a los peruanos en el Portete de Tarqui. El curso del río Amazonas desde la boca del Napo hasta la principal Yupurá o Caquetá frente a la ciudad de Egas, ha sido situado según los trabajos hechos en 1852 por Lewis Herndon oficial de la armada de los Estados Unidos. Una copia de ellos fue remitida desde Lima al enviado granadino Sr. Don Manuel Ancízar para que sirviera a mis trabajos corográficos.

Hay diferencias notables en longitud y latitud con respecto a las cartas antiguas, y sin embargo he adoptado aquellos trabajos hechos en 1852 porque he visto en ellos una obra especial de curso del Amazonas, y porque llevan el sello de un trabajo oficial presentado al Gobierno de los Estados Unidos. Con arreglo a estas nuevas observaciones que están situadas las bocas de Yupurá y Putumayo. Antiguamente una comisión de límites había recorrido el Yupurá hasta el Salto Granada y situado este punto habiendo observado también el curso del Apaporis hasta Curatos, y estos ríos se han puesto como en las antiguas cartas enlazándolos con las nuevas observaciones de 1852. El río Yupurá tiene todavía un curso de 52 leguas desde su boca principal hasta el Amazonas; pero antes (además del brazo Avatiparaná) tiene otros que se reunifican de diversos modos y forman grandes brazos que afluyen arriba y abajo de la gran boca al Amazonas, presentando así un delta interior a causa del imperceptible declive de los terrenos por donde corren las aguas.

El Caquetá que nace en nuestros andes orientales en el Páramo de las Papas frente al arranque de la Cordillera Central,



recorre una extensión directa de 290 leguas granadinas pero su curso es de 556 leguas de las cuales 49 no son navegables, 455 navegables en territorio granadino, a pesar de un salto y un raudal, y 56 leguas en terreno brasileño.

Las leguas cuadradas que vierten sus aguas a este poderoso río alcanzan a 9500 de 20 al grado, de las cuales 1500 pertenecen al territorio brasileño y 8000 al granadino. Al Amazonas conduce el Caquetá las aguas de 95 ríos y 150 grandes quebradas conocidas que recorren un país donde llueve anualmente de 90 a 100 pulgadas cúbicas de agua; así es que el Yupurá tiene una navegación igual a la del Orinoco, pero no lleva ni la 3ª. Parte de las aguas que conduce aquel gran río al que afluyen las que caen en una extensión de 30.800 leguas cuadradas de 20 al grado, sin embargo es el segundo río de la Nueva Granada siendo el primero el Magdalena sin contradicción alguna tanto por el número de leguas cuadradas, cuyas aguas vierten en él cuanto por su importancia mercantil.

Descrito el Caquetá o Yupurá pasaremos al río Putumayo, que es el segundo de este vasto territorio. Nace en el Páramo de Aponte, en el antiguo país de los Sibondoyes, y le tributan sus aguas los ríos Aspinayaco, Guinchoaco, San Pedro y San Francisco que bañan el valle donde están los pueblos aquellos indígenas medio civilizados a saber Santiago, Sibondoy y Putumayo.

Baja enseguida por en medio de los ramales escarpados y peñascosos, sin ser navegable por 30 leguas, recibiendo a la derecha los ríos Mansacoy, Bombon, y Vides. Desde este último río hasta el pueblo de San Diego ya no hay cerros en sus orillas a distancia de 8 leguas de una difícil navegación. Cerca de legua y media antes del pueblo de San Diego, elevado 312 m. sobre el nivel del mar, recibe el río Guineo por la parte izquierda y en las orillas del pueblo que está en la derecha desemboca el río San Juan. A legua y media en la orilla izquierda del Putumayo se halla el pueblo de San José, cuya altura es de 291 metros; así es que a esta distancia el río es bastante caudaloso, y a poco baja a él por la derecha el río Oritopungo. A 4 leguas de San José le cae de la derecha el río Guamués cuya boca se halla a 264 m. de altura sobre el nivel del mar. Este afluente recibe el río que sale de la Laguna Cocha en el alto valle de Patascoy en cuyo extremo está el volcán de este nombre: al salir del valle recibe el río de las Juntas y después el de la Ensellada. Las cabeceras del Guamués están en el Páramo de Guapuscual y 10 leguas antes de desembocar recibe a la izquierda el río Luzonyaco, su navegación es de 15 leguas. Después al Putumayo lleva un curso manso y aumenta en anchura y profundidad, y su dirección general es al S.E. y a 7 ½ leguas le entran por el río Cuimbé, en donde hay unas rancherías de los indios Mamos, y a las 9 leguas recibe de la izquierda el río [?] en cuya embocadura está el antiguo Mamo. Hoy existen unas pocas familias de la misma nación.

A 7 ½ leguas está el paraje de Montepa con pocas casas de indios reunidos, a las 6 leguas cae en el Putumayo el Río San Miguel que nace en la misma Cordillera de los Pastusos, de donde sale al Guamués y le afluyen los ríos Capayoyaco,

Azuelayaco y Charaguayaco, Carayaco y Vermeja reunidos, y últimamente el río Aguas ofrece una navegación de 45 leguas. A 2 ½ leguas distante de allí está en el Putumayo el lugar de la Concepción Vieja en la barraca izquierda y una laguna más abajo en el paraje de Tapacuntí habitado por familia criolla y varios indios Amaguajes. De la Concepción sale un camino de tierra para pasar al Río Caquetá y a las rancherías de los indios Macaguajes que viven entre estos dos ríos Putumayo y Caquetá a poca distancia de Tapacuntí; a 200 m. sobre el nivel del mar, recibe el Putumayo por la derecha el río Guepí y de este lugar 14 leguas río abajo viene de la izquierda el río Caucajá cuya boca se halla medio grado al Sur de la línea del Ecuador, y solalmente a 190 m. sobre el nivel del mar, del cual dista en una línea recta 522 leguas. Por este río se navega en pequeñas canoas, 25 leguas y luego se toma la travesía de poco más de 6 leguas para embarcarse en el río Sensella que desemboca en el Caquetá. Por este paso de un río a otro es que en otros tiempos se creía que por un brazo comunicaban ambos ríos, como lo demuestran las cartas antiguas de estos países.

La corriente del Putumayo en proporción que avanza es más perezoso, tiene muchas islas y para llegar al Amazonas ofrece una navegación de 210 leguas en las cuales le caen de la izquierda los ríos Tacurilla y Taricaya y de la derecha Anguilla, Yoquerella, Campilla, Unita u Ocutui, Yagua y Catué. El Putumayo llamado también Yca o más bien Yza, tiene un curso total de 300 leguas, de las cuales 30 no son navegables y las restantes que son 270 leguas granadinas tienen una buena navegación.

Las aguas que caen en una extensión de 3000 leguas cuadradas de 10 al grado, en la cual las lluvias anuales se consideran iguales a las que caen en los terrenos que afluyen al Caquetá es decir de 90 a 100 pulgadas cúbicas de agua, son conducidas por el putumayo al Amazonas habiéndolas recibido de 36 ríos y 25 grandes quebradas conocidas.

Resulta pues que el Putumayo es una 3ª. Parte menos que el Caquetá o Yupurá, con la diferencia de que no tiene raudales que entorpezcan la navegación como sucede en aquel.

El Guaviare, que sirve de límite a este territorio con el Estado de Cundinamarca, es un río de consideración y algún día de mucha importancia cuando los grandes desiertos que lo avencinan estén poblados, como lo estarán entonces las selvas del Orinoco. Nace en la Cordillera oriental al este de la Ciudad de Neiva con el nombre de Balsilla, descubrimiento reciente hecho por los exploradores que iban en busca de los árboles de quina frente a un boquerón que se divisa de un alto llamado Cerro de la Venta del Viento, nombre dado por los quineros, se observa la profunda quiebra por donde corre otro río que no tiene denominación y al que yo he aplicado la de Papamene. Estos dos ríos vienen de direcciones opuestas a encontrarse en aquel punto que es un verdadero boquerón, por el cual se despeñan las aguas a las bajas regiones, tomando el río el nombre de Guayabero. Más abajo recibe reunidos los ríos Tagua y Sonso, en sus cabeceras los llamaron Bombón los quineros.



Hasta aquí subían con trabajo los antiguos habitantes de Arama ocupándose en la pesca y en la caza; abajo de esta boca le caen siempre por la derecha los ríos Herorú y Unilla<sup>47</sup>, procedentes todos de la Cordillera oriental de los andes de Neiva. Cerca de la 2ª. fundación de Arama recibe el Guayabero por la izquierda el río Ubia y más abajo, por la derecha, el Catuya; entonces su curso primitivo que llevaba la dirección general del Sud Este por 30 leguas en que no es navegable, otras tantas de mala navegación y 26 en que esta es regular; toma la dirección casi al Nord Oeste por 30 leguas hasta un pequeño raudal, pasado el cual se dirige al nacimiento por 12 leguas, al cabo de las cuales se le incorpora el Río Ariari que lleva bastantes aguas. Entonces el Guayabero cambia de nombre y es conocido por el Guaviare, río del caudal y anchura regulares, que recorre por en medio de dilatadas sabanas cubiertas de ricos pastos pero totalmente desiertas, en las que viven en rebaños tranquilos familias de venados que cazan los indios Choroyes. Desde la unión del Ariari hasta el Salto hay 44 leguas de navegación, que solamente frecuentan indios salvajes.

En la descripción de la Provincia de [Casanare] se halla la del Guaviare y por ella se ve que este río desde el salto hasta el Orinoco tiene 78 leguas navegables frente a San Fernando de Atabapo donde se le une. De este territorio recibe solamente el río Inírida de aguas negras, al paso que las del Guaviare son turbias como las del Orinoco. El Inírida nace en las selvas desconocidas que están al sur del salto o mejor dicho, raudal y estrecho del Guaviare, su curso es de 123 leguas de las cuales 115 son navegables y frecuentadas por los indios Guaypunabis, a pesar de los frecuentes raudales que tiene. A este río se une el de Bocón, navegable por 20 leguas. En el territorio que bañan estas aguas vivía la guerrera poderosa nación de los Guaypunabis; hoy no existen sino pequeños restos de aquellos pacíficos, y no antropófagos como sus antepasados. Al entrar el Guaviare al Orinoco recibe el río Atabapo, también de aguas negras, cuyo curso navegable es de 40 leguas para llegar al pueblo de Yavita y allí un corto istmo conduce al de Pimichín, embarcadero para llegar al río Guainía. Los ríos Atacavi y Guasacavi engruesan el Atabapo a derecha e izquierda todos son de aguas negras y allí no se encuentran ninguna clase de insectos ni de día ni de noche como sucede en el Guaviare y Orinoco en donde la plaga de mosquitos, zancudos y jejenes molestan a todas horas en términos que sin tardo es imposible por la noche ni menos descansar durante el día.

El río Guaviare recibe en este territorio las aguas que caen sobre una superficie de 2000 leguas cuadradas y otras tantas del Estado de Cundinamarca conducidas las de este [...] por 12 ríos y 40 grandes quebradas conocidas. He de advertir que las sabanas que se pusieron en el Mapa de Casanare como pertenecientes a aquella Provincia, hoy hacen parte del Estado de Cundinamarca. En estas 4000 leguas cuadradas llueven anualmente 90 pulgadas

cubicas de agua, y la navegación total del Río Guaviare es de 250 leguas con algunos raudales y de las cuales 30 son de mala navegación otras tantas que no son navegables siendo su curso total de 310 leguas granadinas.

El Guainía es el último río importante de este territorio. Nace en la antigua selva del Ayrico, de una pequeña sierra llamada Padavida, y sus cabeceras son formadas por los ríos Padavida y Chamusiqueni, nombre de un cerro que hace parte de la sierra Tunahi. Por la derecha recibe los ríos Tomon, Iraipana, Napiari, Naquieni y Memachi reunidos, y los de Aquío y Tomo y de la izquierda los ríos Ipaminare, Padavida, y los caños navegables de Aumani, que comunica por medio de un istmo al Inírida y Asini que tiene igual comunicación y Pimichin que la tiene con el Atabapo mediante un corto istmo. Es digno de notarse el Caño San Miguel por el cual embarcándose se pasa del Guainía al Brazo del Casiquiare; en la mitad de la distancia hay unas lagunas que forman la separación de las aguas, y de allí parte dos corrientes una al nacimiento que termina en el río Guainía y otra al poniente en el brazo Casiquiare. Un riachuelo llamado Icheveni desemboca al Caño San Miguel y por un istmo de este último se puede pasar al Atacavi afluente del Atabapo. Cuando el Guainía se junta al brazo de Casiquiare se ve la diferencia de las aguas, estas turbias aquellas perpetuamente negras, allí nace un número de mosquitos y zancudos que forman nubes espesas, acá no hay ninguno de estos insectos atormentadores. Al mezclarse las dos aguas pierden su nombre de Casiquiare y Guainía y toman el de Río Negro, con cuya denominación van hasta el Amazonas. Esta unión se verifica a 183 m. sobre el nivel del mar, del cual dista en línea recta 180 leguas en la latitud de 2° Sur. Los indios lo llamaban Curana, que quiere decir Negro, a causa del color de sus aguas.

El punto en que las aguas del Orinoco se apartan por el Casiquiare es a 286 metros sobre el nivel del mar, y como su curso es de 72 leguas, el descenso general de este brazo del Orinoco es como de 20 pulgadas por milla. Cuando el Orinoco se bifurca mediante el brazo Casiquiare envía a éste una tercera parte de sus aguas, es decir las que caen en una superficie de 300 leguas cuadradas; pero durante su curso hasta unirse al Guainía recibe muchos afluentes y llega con un volumen considerable cual es de todas las aguas que han caído en una extensión de 2350 leguas cuadradas.

El Guainía lleva las aguas de 2000 leguas cuadradas de un color negro; así es que unidas ambas aguas con el nombre de Río Negro, éste se presenta tan poderoso como el Guaviare en su unión con el Orinoco. La dirección del Guainía hasta el pueblo de Maroa es de poniente a nacimiento, y luego toma su rumbo al S.S.O. para unirse con el Casiquiare. Después con la denominación de Río Negro sigue el mismo rumbo y a las 3 leguas de curso pasa delante de San Carlos, último pueblo de Venezuela frente al cual se descubren los restos de una antigua fortaleza: 11 leguas hay desde allí hasta la Piedra o Glorieta del Cocui que se tiene por término provisional entre Venezuela, Brasil y Nueva Granada.

<sup>4</sup> El Unilla, o Alto Vaupés, va hacia el Río Negro. La información de Codazzi sobre el Guayabero-Guaviare era muy confusa.



Desde este punto se cuentan otras once leguas hasta las fortalezas brasilienses en San José de Marabitanas.

El río Guainía tiene una navegación de 130 leguas, de las cuales más de la mitad pueden admitir canoas grandes y su curso total es de 165 y todos sus afluentes son navegables por pequeñas embarcaciones que recorren los indios independientes cuya reducción sería fácil. Desde que el Guainía toma el nombre de Negro, su navegación interior es importante y no dilatará mucho tiempo el establecimiento de vapores que surcando sus aguas vayan al Amazonas conduciendo las producciones de la Capitanía y el gobierno de Río Negro.

Desde el Pueblo de San Carlos, siguiendo el curso del río negro, es necesario recorrer un espacio de 300 leguas para llegar al Amazonas y otras tantas desde la confluencia de estos dos ríos hasta el Océano cuando la distancia directa como queda indicado arriba es de solo 180 leguas. En fin, el Río Negro entra en el Imperio del Brasil con el volumen de agua que le han suministrado los terrenos de Venezuela en 2100 leguas cuadradas y de los de la Nueva Granada en 2250 que hacen un total de 4350 en las cuales se puede valuar la lluvia que cae anualmente en 100 pulgadas cúbicas. No se debe olvidar aquí el trecho del Orinoco que sirve de límite y ribetea por el lado del Norte el territorio que describimos. Desde la bifurcación tan notable del Casiquiare hasta la confluencia del Río Guaviare presenta el Orinoco una navegación de 82 leguas; por manera que desde las llanuras que están al pie de los Andes orientales, donde antiguamente existía la misión de Arama casi en la latitud del Pueblo de Garzón de la Provincia de Neiva, y menos de un grado al oriente del meridiano de Bogotá, se puede uno embarcar en el Guayabero, o bien en los llanos de San Martín en el río Ariari y bajar al mismo río que entonces toma el nombre de Guaviare, y seguir navegando hasta el Orinoco; de allí por el mismo río arriba hasta el Casiquiare y bajando por este brazo va hasta Río Negro, por éste hasta el Amazonas y de allí al Océano Atlántico y después de una navegación de más de mil leguas.

En resumen riegan y fecundan este territorio 160 ríos y 253 grandes quebradas cuyos nombres son conocidos.

## LAGUNAS, CIÉNAGAS

Empezaremos por las que se hallan en el territorio que hoy ocupa Venezuela, y que por los documentos del Gobierno Granadino deberían pertenecer a esta República.

La Laguna Mavacayse [?] es particular porque en ella hay varias isletas y morichales, cuyas aguas presentan un fenómeno bien notable: las unas y van por el caño Itivinivini y río Coronchite al Río Negro, mientras las otras, por el caño Me o del

Desecho, van al Casiquiare en direcciones opuestas, la Laguna se halla entre el Atacavi y el caño Chiravi es interesante por cuanto que en la estación de las aguas se puede comunicar por uno y otro al Atabapo y al Orinoco.

Lo mismo sucede con la Laguna Sárída, la cual se comunica del Inírida al Guaviare.

Igual comunicación presentan las lagunas Macasagua y Surinavi, que quedan contiguas. La Laguna de Bocon sobre el Inírida y otras dos cerca del mismo río son de aguas negras por cuya causa no ofrecen pesca, y sólo contienen grandes serpientes o boas constrictor.

La Laguna Carida, inmediata al Orinoco, posee buenas tierras, y allí se halla establecida una tribu de Maquiritares. Todas estas pertenecen al Cantón de Río Negro de la Provincia de Guayan en la República de Venezuela, su extensión total será de 8 leguas cuadradas. La gran Laguna al pie de la Sierra de Tunahí, que comunica con el río Chamusiqueni, cabecera del río Guainía y ocupa 4 leguas cuadradas. La Laguna de Tunaima en el país de los indios Guaques tendrá como 5 leguas cuadradas y da origen al río Mesay que es abundante en peces. En las orillas del Ortgeguaza están las lagunas Bocachico, Guascon, Ortepinira [?], Peneya, Aricuanamano, Yurumuno y Guacuca, allí es abundante la pesca aunque algunas abrigan los terribles boas.

En el río Caquetá están las lagunas Angelina, Gallinazo, Moyoyoque, Teterupe, Ymirá y Corocagué en las que cogen pescado en abundancia y en algunas se encuentran también el boa constrictor de un grandor desmesurado. La gran laguna Cuyabeno que por informes tiene 8 leguas de largo y dos de ancho, está en los límites con el Ecuador, la pesca es abundantísima, hay lamentinos y en cierta época se presenta la pesquería de tortugas y terecay, allí viven las hordas de los indios Macos feroces e intratables. Esta laguna la consideran de 15 a 16 leguas cuadradas, de manera que en todo el territorio habría en lagunas conocidas una extensión de 34 leguas cuadradas, sin considerar la gran cantidad de terrenos que en las grandes crecientes de los ríos quedan anegados, y no habrá exageración si se considera 100 leguas cuadradas.

## ISLAS

Innumerables y grandes son las que se encuentran en los ríos Caquetá, Putumayo, Guaviare, Río Negro y sus grandes afluentes, así como las que se hallan en la pequeña parte del Amazonas que toca con este territorio, y no habrá tampoco exageración calculando que ellas ocupan una extensión de otras 100 leguas cuadradas de superficie.





*Afloramiento rocoso en Urania Mitú - Vaupés. Foto: Diana Mora*



# Alcance y política editorial

## Revista Colombia Amazónica

### Nueva época

**COLOMBIA AMAZÓNICA** es una publicación anual, de carácter científico, que tiene como objeto fundamental la difusión de trabajos científicos que contribuyan al conocimiento de la región amazónica y al análisis de su problemática.

Aunque Colombia Amazónica, como revista oficial del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI tiene un particular interés en análisis de la realidad de la Amazonia colombiana, tiene también una clara vocación internacional y está abierta a contribuciones de los países con quienes comparte la responsabilidad sobre la región.

#### ALCANCE

La revista ofrece una tribuna para la comunidad académica nacional e internacional interesada en los aspectos teóricos y prácticos relacionados con la realidad biológica, social y ecológica de la región amazónica. Su política constante es promover la difusión de estudios que contribuyan a alimentar ese foro de discusión, así como circular información sobre metodologías, nuevas políticas y otras publicaciones de interés sobre los aspectos relacionados con ecosistemas y recursos naturales, sostenibilidad e intervención, modelos de funcionamiento y sostenibilidad e integración regional, temas estos que han sido identificados como estratégicos para la región de interés del Instituto.

#### TIPOS DE CONTRIBUCIONES PARA COLOMBIA AMAZÓNICA:

**Artículos.** Informan acerca de investigaciones originales e inéditas de carácter científico que presenten el conocimiento actualizado en un campo particular contemplado en los temas de la revista y están sustentados en datos procedimentales propios o generados a partir de otros estudios publicados. La extensión máxima de los manuscritos será de 10.000 palabras, incluyendo resumen, cuadros, figuras y referencias bibliográficas.

**Revisiones.** Síntesis y discusión de la información científica más actual con respecto a un tema relevante en el ámbito de la revista. La extensión máxima de los manuscritos será de 8.000 palabras, incluyendo resumen, cuadros, figuras y referencias bibliográficas.

**Opiniones.** Analizan un tema de actualidad relacionado con el carácter de la revista, desde un punto de vista personal o con apoyo bibliográfico. La extensión máxima de los manuscritos será de 3.000 palabras, incluyendo resumen, cuadros, figuras y referencias bibliográficas.

**Notas.** Describen metodologías o técnicas nuevas en los temas de la revista, o bien informan acerca de investigaciones en desarrollo, con resultados preliminares. La extensión máxima de los manuscritos será de 3.000 palabras, incluyendo resumen, cuadros, figuras y referencias bibliográficas.

Se reciben contribuciones en español, portugués e inglés.

#### CARTA DE ENVÍO

Los autores deberán acompañar su manuscrito con una carta de envío que indique que el trabajo es inédito, que no ha sido publicado previamente y que no está siendo considerado para publicación en otro medio de difusión. Se deberá señalar el tipo de contribución del manuscrito (Artículo, Revisión, Opinión, Nota). La carta deberá ser firmada por el autor y en el caso de un trabajo de grupo, por el autor líder del manuscrito.



## FORMA Y PREPARACIÓN DE MANUSCRITOS

La organización de Artículos y Notas debe seguir la siguiente estructura:

**Título:** Elegir con mucho cuidado todas las palabras del título; su asociación con otras palabras debería ser cuidadosamente revisada. Debido al acceso internacional de la revista, se recomienda incluir en el título información relevante sobre la localización geográfica del estudio.

**Autores:** indicar el nombre y apellido de todos los autores con letras minúsculas, con las letras iniciales en mayúscula. La dirección de correo electrónico y las instituciones a las cuales pertenecen deberán indicarse como nota usando una letra en superíndice. Además, incluir la dirección, teléfono y fax del autor receptor de correspondencia. Éste deberá ser identificado con un asterisco en superíndice (\*).

**Resumen:** debe contener el objetivo, fundamentos metodológicos, resultados y conclusiones más relevantes, con un máximo de 250 palabras. Evite descripciones largas de métodos y no incluya citas bibliográficas.

**Palabras clave:** como máximo cinco palabras (puede incluir uno o dos frases breves de un máximo de tres palabras) que identifiquen claramente el tema del trabajo. Se sugiere usar palabras no incluidas en el título del manuscrito.

**Introducción:** comprende planteamiento del problema, importancia del tema, hipótesis si compete, objetivos, alcances del trabajo y limitaciones para su desarrollo, si las hubiere. En este capítulo se realizará una síntesis e interpretación de la literatura relacionada directamente con el título y objetivos del trabajo.

**Métodos:** proporcionará información suficiente y concisa de manera que el problema o experimento pueda ser reproducido o fácilmente entendido por especialistas en la materia. Deberán señalarse claramente las especificaciones técnicas y procedencia de los materiales usados, sin describir materiales insustanciales. Los organismos bióticos deberán ser convenientemente identificados de acuerdo con las normas internacionales que correspondan. En los métodos empleados se deberá señalar claramente el procedimiento experimental o de captura de datos y los métodos estadísticos, así como los programas informáticos. Si el método no fuese original, se hará la respectiva referencia bibliográfica. Si fuera original o modificado se describirá convenientemente. En cualquier caso, la presentación de varios métodos será cronológica.

**Resultados:** incluye la presentación sintética, ordenada y elaborada de la información obtenida. Entrega resultados en forma escrita con apoyo de cuadros y figuras, si corresponde, conjuntamente con análisis e interpretación de los datos. Se deberá evitar tanto la repetición de detalles dados en otros capítulos, como la descripción de aquello que sea evidente al examinar los cuadros o figuras que se presenten.

**Discusión:** incluye la interpretación integrada de los resultados y, cuando corresponda, la comparación de ellos con los de publicaciones previas. Es un análisis crítico de los resultados de acuerdo con los objetivos y la hipótesis, si fuera el caso. Debe comentarse el significado y la validez de los resultados, de acuerdo con los alcances definidos para el trabajo y los métodos aplicados. En este capítulo no deberán repetirse los resultados obtenidos.

**Conclusiones:** podrán ser incluidas en un capítulo único de Conclusiones o bien integradas en Discusión. En caso de presentarlas como un capítulo, se incluirán allí en forma precisa y concisa aquellas ideas más relevantes que se deriven directamente de lo entregado por el trabajo. Deben dar respuesta a las hipótesis o a los objetivos planteados en la Introducción. Deben redactarse en forma clara y objetiva sin incluir citas bibliográficas. Pueden incluir recomendaciones para trabajos futuros.

**Agradecimientos:** de ser necesario, se podrán incluir en este acápite a personas o instituciones, en una muy breve mención, que contribuyeron con financiamiento u otro tipo de colaboración.

**Referencias:** se indicarán las referencias de todas las citas bibliográficas señaladas en el texto, ordenadas alfabéticamente. La precisión y veracidad de los datos entregados en las referencias bibliográficas, son responsabilidad del o los autores de las contribuciones y deben corresponder a publicaciones originales.

Para las Revisiones y Opiniones no se exige seguir la estructura indicada arriba.

## ESTILO Y FORMATO

Use tiempo presente cuando se refiera a resultados publicados previamente, esto ayuda a diferenciar entre los hallazgos de su estudio y los hallazgos de otros estudios. En general, el Resumen, Métodos y Resultados de su manuscrito deberían estar en tiempo pasado, y la Introducción y Discusión en tiempo presente.

Trabajo escrito en hojas tamaño carta, márgenes de 3 cm por lado, interlineado a espacio y medio, letra Arial o Times New Roman, tamaño 12 puntos, con numeración de página en el extremo inferior derecho. Separar los párrafos a renglón seguido y con sangría de ocho caracteres a la izquierda de la primera línea. Debe presentarse en archivos electrónicos en Word.

El título principal con letras minúsculas y negritas, centrado. En él deberá omitirse la mención de los autores de nombres científicos, los que, sin embargo, se presentarán la primera vez que se mencionen en el texto. En el encabezado superior derecho de cada página debe incluirse un título abreviado con un máximo de 40 caracteres y espacios.

Las ecuaciones se numerarán en el margen derecho con paréntesis cuadrados “[ ]”; en el texto se mencionarán de acuerdo con esta numeración.



Las unidades de medidas deberán circunscribirse al Sistema Internacional (SI). En la notación numérica, los decimales deberán ser separados por coma (,) y las unidades de miles por punto (.). En los textos en inglés, los decimales separados por punto y las unidades de miles por coma. Usar cero al comienzo de números menores a una unidad, incluyendo valores de probabilidad (por ejemplo,  $P < 0,001$ ).

La descripción de los resultados de cada prueba estadística en el texto debe incluir el valor exacto de probabilidad asociado P. Para valores de P menores que 0,001, indique como  $P < 0,001$ . En cuadros y figuras usar asteriscos para señalar el nivel de significancia de las pruebas estadísticas: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ; ns = no significativo.

Debe indicarse el nombre científico de todos los organismos biológicos que aparezcan en el texto, de acuerdo con la nomenclatura internacional respectiva. Si un nombre común es usado para una especie, la primera vez que cite en el texto se debe dar a continuación su nombre científico en cursiva entre paréntesis, por ejemplo, camu camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh). Citas posteriores pueden aparecer con el nombre del género abreviado seguido del adjetivo del nombre científico (por ejemplo, *M. dubia*), siempre y cuando no produzca confusiones con otras especies citadas en el manuscrito.

En los cuadros se deben incluir los datos alfanuméricos ordenados en filas y columnas. Sólo los encabezamientos de las columnas y los títulos generales se separan con líneas horizontales; las columnas de datos deben separarse por espacios y no por líneas verticales. En las figuras se incluyen otras formas de presentación de datos o información, como gráficos, dibujos, fotografías y mapas. En cuadros y figuras se deben incluir los títulos autoexplicativos en español e inglés numerados en forma consecutiva (cuadro 1., cuadro 2., ...; figura 1., figura 2., ...). Las figuras llevan el título en el margen inferior y los cuadros en el margen superior. Los cuadros y figuras deben tener una resolución tal que permitan ser reducidos sin perder legibilidad. Para la inclusión de figuras o fotografías con colores será responsabilidad del autor entregarlas con una resolución mínima de 300 dpi, o en Excel en caso de tratarse de tablas. Dentro del texto se debe indicar claramente la ubicación de figuras y cuadros, los que deben ser anexados en archivos separados debidamente identificados.

Los manuscritos en español o portugués deben incluir en un archivo separado las respectivas traducciones al inglés de:

- Título del manuscrito.
- Summary: debe ser equivalente en contenido al resumen en español.
- Key words: equivalentes a las palabras clave en español.
- Títulos de cuadros y de figuras.
- En el caso de manuscritos en inglés, se debe incluir el respectivo texto en español.

## ENVÍO DE DOCUMENTOS

Los archivos deberán ser nombrados según el tipo de información contenida en el archivo. Por ejemplo, los archivos digitales del manuscrito se etiquetarán de la siguiente forma:

- Texto .doc: Texto principal del trabajo.
- Cuadros .doc o .xls: Cuadros con sus títulos en español.
- Figuras .doc o .xls: Figuras con sus títulos en español.
- Textos en inglés con el siguiente orden: título
- Ingles .doc: del trabajo, summary, key words, títulos de cuadros y de figuras.

## CITAS Y REFERENCIAS

Las citas bibliográficas se indicarán en el texto por el apellido del o los autores, seguido del año de publicación. Algunos ejemplos de citas bibliográficas más frecuentes son:

### Citas bibliográficas de uno y dos autores:

Hernández (2001) constata que el crecimiento .....

..... están influidos por el sitio en cuestión (Hernández 2001, Melgarejo y Barrera 2004).

### Citas bibliográficas de más de dos autores:

Cárdenas et al. (1999) señalan como factor más importante .....

..... entre otros, el diámetro y la altura (Castaño et al. 1999, Sua et al. 2002).

### Citas bibliográficas de un mismo autor, publicadas en un mismo año:

Rodríguez (1997abd) observa que en cada unidad de muestreo .....

..... lo que es coincidente con estudios anteriores (Núñez 1997ab, Peña et al. 2003acd).

### Citas de más de una publicación a la vez, se ordenan cronológicamente:

Castro (1980), Cardona y Quintero (1994) y Rodríguez et al. (2001) al analizar los componentes edafoclimáticos...

En el capítulo Referencias, las referencias bibliográficas deben incluir el apellido paterno e iniciales del o los nombres de todos los autores, el año de publicación, el título y la información complementaria que permita localizar la fuente del documento

en cuestión. Algunos ejemplos de referencias bibliográficas más frecuentes son:

### **Referencias de artículos en revistas periódicas:**

Cuatrecasas J. 1958. Aspectos de la vegetación natural en Colombia. Revista de la Academia de Ciencias Exactas 40(10):221-264.

Keyes M, C Grieg. 1981. Above and below-ground biomass net production in 40-year-old-Douglas-fir stand on low and high productivity sites. Can. J. For. Res. 11:599-605.

Murcia UG, JM Rodríguez, CM Huertas, HO Castellanos. 2010. ¿Cuánto se está deforestando la Amazonia colombiana?. Colombia Amazónica 3:43-51.

### **Referencias de libros como un todo:**

Wilson EO. 1998. Biodiversity and ecological redundancy. Washington, D.C. National Academy of Science 248 p.

CONIF (Corporación Nacional Forestal, CL). 1997. Estadísticas de visitantes e ingresos propios de áreas silvestres protegidas. 52 p. (Informe Estadístico N° 47).

### **Referencias a partes o capítulos de libros:**

Jiménez L, G Bogotá, O Rangel. 2008. Evaluación de parámetros genéticos en *Nothofagus*. In Rangel O. Colombia diversidad biótica VII. Vegetación, palinología y paleoecología de Amazonia colombiana. Bogotá, Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. p.217-328.

### **Referencias a Memorias, Tesis, Seminarios de Titulación, o Trabajos de Titulación:**

Martínez V. 1996. Diseño y establecimiento de un huerto semillero clonal de *Cedrela odorata* con fines de producción, investigación y docencia. Tesis Ingeniero Forestal. Bogotá, Colombia. Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital. 79 p.

González J. 2001. Rendimiento y biomasa de *Cedrela odorata* con alternativas para una silvicultura sustentable en la Amazonia colombiana. Tesis Maestría en Ciencias. Bogotá, Colombia. Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital. 234 p.

### **Referencias a documentos en Internet:**

Duque JD. 1999. Lista de especies útiles de la Amazonia Peruana. Consultado 10 jul. 2005. Disponible en <http://www.inpe.gov.pe/duque.pdf>

### **Redacción de referencias bibliográficas**

Para mayor información acerca de otros casos específicos relacionados con las citas y referencias bibliográficas, se pueden consultar el documento que a continuación se señala. No obstante el orden y la tipografía de los elementos constituyentes de las citas y referencias bibliográficas deberán ajustarse a la reglamentación de la revista Colombia Amazónica.

The Council of Biology Editors (CBE). 1994. Scientific style and format: The CBE manual for authors, editors, and publishers. 7 ed. Cambridge, New York. Cambridge University Press. xvi, 658 p.

El autor de correspondencia recibirá una carta de acuse de recibo del Editor.

### **ENVÍO DE MANUSCRITOS**

Instituto SINCHI  
Calle 20 No. 5-44  
Bogotá, D.C. Colombia  
Tel.: 57 1 4442084

Para cualquier duda se sugiere contactarse con el Editor [colombiaamazonica@sinchi.org.co](mailto:colombiaamazonica@sinchi.org.co)

La versión electrónica de libre acceso de los trabajos completos publicados por COLOMBIA AMAZÓNICA se encuentran en:

[www.sinchi.org.co/revista](http://www.sinchi.org.co/revista)



Pie de foto: Río Vaupés. Foto: Grupo de Ecosistemas Acuáticos Instituto SINCHI





**Revista Colombia Amazónica** Nueva Época. Número 13  
Realizada en Julián Hernández-Taller de Diseño,  
utilizando caracteres Oficina Sans 10/13  
Se terminó de imprimir en Imagen Editorial SAS  
Bogotá, Colombia.  
Noviembre de 2022





Editorial  
*Ernesto Guhl Nannetti †*  
*Editor general*

A la memoria de dos grandes de la ciencia  
*Luz Marina Mantilla Cárdenas*

### **CAMBIO CLIMÁTICO**

Trend analysis of precipitation, evapotranspiration and soil moisture in regions under different regimes of forest loss in Amazonia  
*Elizabeth Arango-Ruda, Germán Poveda*

Consistencia de las tendencias de largo plazo y el balance hídrico en la Amazonia  
*Daniela Posada-Gil, Germán Poveda*

Influencia de la deforestación y el cambio climático en la formación de los “ríos voladores de la Amazonia” y su impacto en la disponibilidad hídrica de Bogotá y la región circundante  
*Alejandra Cifuentes Guerrero, Mauricio Cote Alarcón*

### **BIODIVERSIDAD-EXPEDICIÓN COLOMBIA BIO APAPORIS**

Flora de la cuenca media y alta del río Apaporis, Amazonia colombiana  
*Dairon Cárdenas L. †, Nicolás Castaño A., Nórda Marín C. & Julio Betancur B.*

Lista anotada de los anfibios y reptiles de la cuenca media y alta del río Apaporis, Amazonia colombiana  
*Mariela Osorno-Muñoz, José Rancés Caicedo-Portilla, John D. Lynch & Doris L. Gutiérrez-Lamus*

Murciélagos (Chiroptera) de dos localidades de la cuenca alta y media del río Apaporis, Guaviare y Vaupés, Colombia  
*Darwin M. Morales-Martínez*

Mamíferos medianos y grandes de la cuenca media del río Apaporis, Amazonia colombiana  
*Natalia Atuesta-Dimian*

Listado comentado de la ictiofauna de los ríos Apaporis y Cananarí, resultados de la Expedición Colombia Bio – Apaporis, Vaupés  
*Astrid Acosta-Santos, Juan David Bogotá-Gregory & Edwin Agudelo Córdoba*

Arañas (Arachnida: Araneae) de la cuenca alta y media del río Apaporis, en la región amazónica colombiana  
*David A. Luna-Sarmiento, Alexander Sabogal-González*

Aves Expedición Bio Colombia Apaporis 2018  
*Esteban Carrillo Chica & Miguel Ángel Portura*

### **ASPECTOS HISTÓRICOS**

Informes sobre el territorio del Caquetá  
*José M Quintero*

Descripción del viaje de Pedro Mosquera corregidor de Masaya  
Descripción del territorio del Caquetá  
*Por Agustín Codazzi*

Alcance y política editorial Revista Colombia Amazónica Nueva época

ISSN 0120-6222



9 770120 622000