
Soil microbiota: Influence of different land use patterns and soil management factors at Villavicencio Oxisol, East Colombia

Microbiota del suelo: influencia de diferentes patrones de uso de la tierra y factores de manejo del suelo en un Oxisol de Villavicencio, Oriente de Colombia

Amanda Silva-Parra, Ángela M. Mogollón-Ortiz y Hernando Delgado-Huertas

Abstract

The soil microbiota is a biological indicator. The impact of four different land use patterns: Secondary forest (T1), rice monoculture (T2), pineapple monoculture (T3) and agroforestry system of *Theobroma cacao* associated with *Acacia mangium* (T4) at different distances: 0-10 cm (D1), 10-20 cm (D2), 20-30 cm (D3), 30-40 cm (D4) and 40-50 cm (D5) on counts of Colony Forming Units (CFUs) of fungi, bacteria, actinobacteria were tested in an Oxisol of Villavicencio, Orinoquia, East Colombia. An unrestricted random design was applied. More number of CFUs of soil bacteria, fungi and actinobacteria were recorded in secondary forest (T1) at all the distances from the root surface when compared to the other treatments. However, a similar trend was observed for counts of CFUs of soil fungi and bacteria in secondary forest (T1) at (D4) and (D5) distances from the root surface compared with agroforestry system (T4) at all distances from the root surface ($P \leq 0.05$). Meanwhile that there was similarity in number of CFUs of soil actinobacteria between secondary forest (T1) and agroforestry system (T4) at all the distances ($P \geq 0.05$). The least count of CFUs of soil microbiota was recorded in pineapple monoculture (T3) at all the distances from the root surface ($P \leq 0.05$).

Key words. Agroforestry system. Diversity. Microorganism. Monoculture.

Resumen

La microbiota del suelo es un indicador biológico. Se investigó el impacto de diferentes patrones de usos del suelo: bosque secundario (T1), monocultivo de arroz (T2), monocultivo de piña (T3) y sistema agroforestal de *Theobroma cacao* asociado con *Acacia mangium* (T4) a diferentes distancias desde la superficie de la raíz: 0-10 cm (D1), 10-20 cm (D2), 20-30 cm (D3), 30-40 cm (D4) y 40-50 cm (D5) en el conteo de Unidades Formadoras de Colonias UFCs de hongos, bacterias y actinobacterias en un Oxisol de Villavicencio, Orinoquia, Oriente de Colombia. Se aplicó un diseño irrestrictamente al azar. Un mayor número de UFCs de bacterias, hongos, y actinobacterias del suelo fueron encontrados en el bosque secundario (T1) en todas las distancias desde la superficie de la raíz comparado con los otros tratamientos; sin embargo, una similar tendencia fue observada para los conteos de UFCs de bacterias y hongos en el bosque secundario (T1) en las distancias (D4) y (D5) desde la superficie de la raíz comparado con el sistema agroforestal (T4) en todas las distancias desde la superficie de la raíz ($P \leq 0.05$). Mientras tanto hubo similitud en el número de UFCs de actinobacterias entre bosque secundario (T1) y sistema agroforestal (T4) en todas las distancias ($P \geq 0.05$). Los más bajos conteos de UFCs de la microbiota del suelo fueron reportados en el monocultivo de piña (T3) en todas las distancias desde la superficie de la raíz ($P \leq 0.05$).

Palabras claves. Diversidad. Microorganismos. Monocultivo. Sistema agroforestal.

Introduction

The rhizosphere may be defined as that portion the soil zone that surrounds and is influenced by the roots of plants (Paul and Clark 1996). The adoption of different land use management can have negative or positive effects on the rhizosphere soil microbiota (Barrios 2007, Notaro *et al.* 2008). The number of Colony Forming Units (CFUs) of bacteria, fungi, and actinobacteria in the rhizosphere may largely determine microsite occupancy, depending of the distances from the root surface (Kent and Triplett 2002).

The major cause of changes in forest use in Villavicencio is land clearing for monoculture, mainly rice monoculture, than according to Delgado *et al.* (2009) influenced soil microbiota. Several research have examined the effects of soil management practices on number of CFUs of rhizosphere soil microbiota in different land use type (Balota *et al.* 2003, Bausenwein *et al.* 2008, Jangid *et al.* 2008, Ceja-Navarro *et al.* 2010, Prevost-Boure *et al.* 2011); monoculture is one of the most significant anthropogenic activities that alter soil biological properties and processes (Brussaard *et al.* 2007, Jangid *et al.* 2008) due to that conventional tillage can affect above ground residues content (Alvear *et al.* 2005, Roger-Estrade *et al.* 2010, Mathew *et al.* 2012).

Agroforestry systems appear to be a good alternative as land use patterns for increase soil microbiota in the humid tropics, due to high litter production and increases in soil organic matter, the large root system of trees in agroforestry systems potentially accumulates nutrients from a large volume of soil, whereas fallen litter concentrates nutrients near the soil surface (Reis *et al.* 2007, Notaro *et al.* 2008). The return of residue to the field in agroforestry systems is a useful cultural practice to improve both soil fertility and soil organic carbohydrate storage ensuring the survival of soil microorganisms (Barreto *et al.* 2008, Notaro *et al.* 2008, Paudel *et al.* 2012).

Consequently, fungi, bacteria and actinobacteria are the most sensitive and rapid indicators of soil perturbations due to land use changes. In this sense, a quantitative

description of soil microbial population has great interest as a potential tool for soil quality evaluation (Brussaard *et al.* 2007).

We hypothesized that soil management practices in different land use patterns would result in changes on rhizosphere soil microbiota, that can provide important information for sustainable production systems in tropical regions of Colombia.

In this context, the aims of this research was to estimate the effect of different land use patterns: Secondary forest (T1), rice monoculture (T2), pineapple monoculture (T3) and agroforestry system of *Theobroma cacao* associated with *Acacia mangium* (T4), with different soil management factors and at different distances from the root surface on number of Colony Forming Units (CFUs) of soil rhizosphere fungi, bacteria and actinobacteria in an Oxisol of Villavicencio, Orinoquia, Colombia East.

Materials and methods

The study site is located between the coordinate 4°04'47" N and 73°35'17" W. The experiment was conducted on an Oxisol in a humid tropics zone of Villavicencio, Orinoquia, Colombia East, specifically in Barcelona farm, Unillanos University (Figure 1). The temperature is from 28 to 30°C with long dry season (Igac 2004) and average annual rainfall of 3,663 mm. Average altitude of 525 m. a.s.l. Relative humidity of 65 %.

The work was developed in an unrestricted random design. The experimental design consisted of four treatments of land use patterns (Figure 2): Secondary forest system (T1): This area contained one ha, this system had been maintained for nearly 10 years and although there had been no management, high influence of *above ground residue* input. Rice monoculture (T2): This area contained 0.5 ha, with more than 5 years grown, conventional tillage was conducted by disking (0–20 cm) after harvest, followed by chisel-plowing (0–20 cm), a second disking, and ridging,

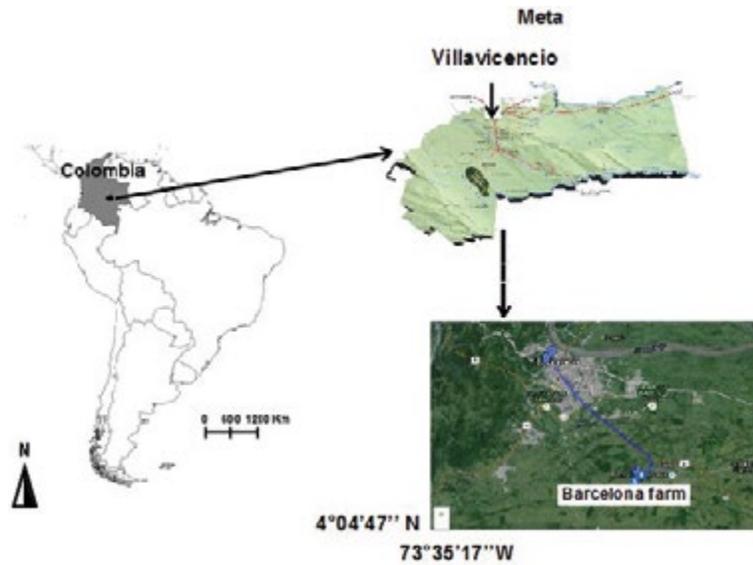


Figura 1. Close photo of location of the studied land use patterns located in Barcelona farm, Unillanos University, Villavicencio city, Meta state, Colombia.

reduced inputs from above-ground residues. Pineapple monoculture (T3): This area corresponds to a small area of investigation, which contained < 0.5 ha, with 1 year grown. Conventional tillage, reduced inputs from above ground residues. Agroforestry system of *Theobroma cacao* associated with *Acacia mangium* (T4): This area contained one ha, with 5 years grown, the area was managed with reduced tillage, and it was made only loosening the floor to make holes for planting of the trees, with high influence of *above ground residue* input.

All systems exhibit the same agroecological conditions (Figure 2).

Three soil samples from each study system were collected in dry season along a transect at regular intervals. Soil sampling was done up to a depth of 20 cm and were collected from five different points (distances from the root surface), 0-10 cm (D1), 10-20 cm (D2), 20-30 cm (D3), 30-40 cm (D4), 40-50 cm (D5). A composite sample for each depth was made by thoroughly mixing three samples in a given site and triplicate of subsamples were considered for further analysis.



Figura 2. Land use patterns: a) Secondary forest (T1). b) Rice monoculture (T2). c) Pineapple monoculture (T3). d) Agroforestry system of *Theobroma cacao* associated with *Acacia mangium* (T4).

A total of 60 samples (4 systems \times 5 distances from the root surface \times 3 replicates) were analysed.

The samples underwent serial dilution technique and pour plate method to detect the number of CFUs of bacteria, fungi and actinobacteria (Alexander 1982). Ten grams of soil were shaken with 90 ml of distilled water. From this suspension, the serial solution was prepared. An amount of 0.5 ml of the serially diluted solution was plated on agar by the pour plate technique (Alexander 1982). Three main types of agar were used. Nutrient agar (NA), potato dextrose agar (PDA) and starch ammonia (SA) medium were used for enumeration of bacteria, fungi and actinobacteria respectively. The results are expressed as Colonial Forming Units CFUs g^{-1} , for fungi $\times 10^3$, bacteria $\times 10^6$, actinobacteria $\times 10^4$ (Alexander 1982).

The plates for fungus and actinobacteria are incubated at 25 – 30°C, for bacteria at 37°C, and the populations of bacteria, fungi and actinobacteria were observed at

2, 5 and 7 days after inoculation, respectively.

Was used analysis of variance and significant differences were analyzed using multiple comparison of means of LSD by test of Fischer ranges ($P \leq 0.05$) applying InfoStat statistical software 2010 version (Di Rienzo *et al.* 2010).

Results and discussion

The influence of land use patterns and distances from the root surface on the total soil fungi, bacteria and actinobacteria counts are presented in Figure 3 and Table 1. Figure 3 and Table 1 showed that population of bacteria, fungi and actinobacteria were decreased as distances from the root surface increased in all land use patterns. Figure 3 also showed that soil microbial population in the rice monoculture T2 and pineapple monoculture T3 were negatively affected. Following the description of the results by type of soil microorganism investigated.

Table 1. Effect of interactions of land use types and soil management factors*distance from the root surface on the population of bacteria, fungi and actinobacteria.

| Treatments | Distance from the root surface | Population (CFU g^{-1} soil) | | |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | | Fungi ($\times 10^3$) | Bacteria ($\times 10^6$) | Actinobacteria ($\times 10^4$) |
| T1 ¹ | D1 ⁵ | 49.2 ^a | 286.3 ^a | 97.3 ^a |
| | D2 ⁶ | 32.1 ^b | 231.3 ^b | 84.0 ^{bc} |
| | D3 ⁷ | 28.3 ^b | 209.3 ^b | 65.0 ^{ef} |
| | D4 ⁸ | 13.5 ^{cde} | 171.0 ^c | 58.0 ^{fg} |
| | D5 ⁹ | 13.8 ^{cde} | 164.6 ^{cd} | 52.0 ^g |
| T2 ² | D1 | 9.7 ^{def} | 61.6 ^f | 28.3 ^h |
| | D2 | 8.7 ^{efg} | 56.0 ^f | 22.6 ^{hi} |
| | D3 | 5.7 ^{fgh} | 48.6 ^f | 18.6 ^{hij} |
| | D4 | 5.2 ^{fgh} | 45.6 ^f | 13.6 ^{ijk} |
| | D5 | 3.9 ^{fgh} | 37.0 ^{fg} | 11.3 ^{jk} |

Cont. **Table 1.** Effect of interactions of land use types and soil management factors*distance from the root surface on the population of bacteria, fungi and actinobacteria.

| Treatments | Distance from the root surface | Population (CFU g ⁻¹ soil) | | |
|-----------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| | | Fungi (×10 ³) | Bacteria (×10 ⁶) | Actinobacteria (×10 ⁴) |
| T3 ³ | D1 | 4.2 ^{fgh} | 13.0 ^{gh} | 12.0 ^{ijk} |
| | D2 | 2.2 ^{gh} | 9.3 ^{gh} | 8.0 ^{jk} |
| | D3 | 1.0 ^h | 8.0 ^{gh} | 7.6 ^{jk} |
| | D4 | 0.8 ^h | 7.1 ^{gh} | 6.3 ^k |
| | D5 | 0.6 ^h | 4.9 ^h | 3.0 ^k |
| T4 ⁴ | D1 | 19.6 ^c | 155.3 ^{cd} | 94.0 ^{ab} |
| | D2 | 19.6 ^c | 133.6 ^{de} | 78.0 ^{cd} |
| | D3 | 18.3 ^c | 123.0 ^e | 69.6 ^{de} |
| | D4 | 17.3 ^c | 112.0 ^e | 62.6 ^{efg} |
| | D5 | 16.6 ^{cd} | 108.0 ^e | 55.3 ^{fg} |

Land use types: ¹T1= secondary forest; ²T2=rice monoculture; ³T3= pineapple monoculture and ⁴T4= agroforestry system of *Theobroma cacao* associated with *Acacia mangium*. Distances from the root surface:

⁵D1: 0-10 cm, ⁶D2: 10-20 cm, ⁷D3: 20-30 cm, ⁸D4: 30-40 cm, ⁹D5: 40-50 cm of each land use types. In column, mean followed by common letters do not differ significantly at 5 % level by LSD.

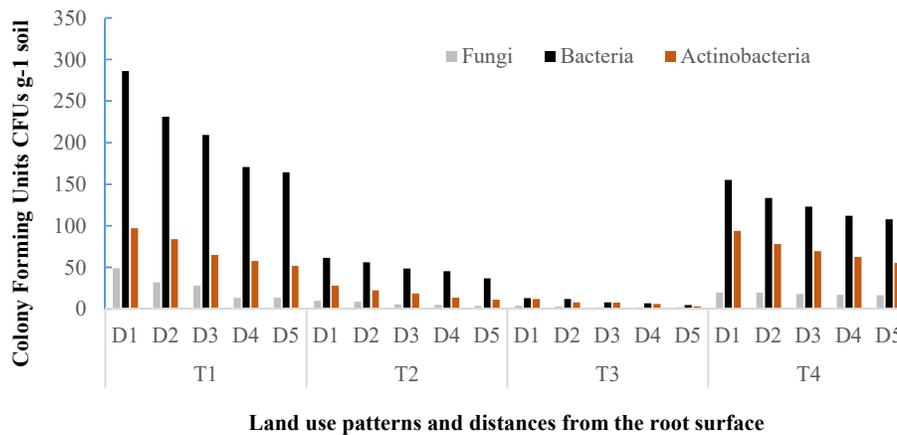


Figure 3. Influence of different land use type and distance from the root surface on microbial population: Fungi x 10³; bacteria ×10⁶; actinobacteria x 10⁴ CFU g⁻¹ soil. Land use types: T1= secondary forest; T2= rice monoculture; T3= pineapple monoculture and T4= agroforestry system of *Theobroma cacao* associated with *Acacia mangium*. Distances from the root surface: D1: 0-10 cm, D2: 10-20 cm, D3: 20-30 cm, D4: 30-40 cm, D5: 40-50 cm of each land use types.

Fungal population

High rates of fungal number of CFUs are related to secondary forest T1 at 0-10 cm from the root surface D1 (49.23×10^3 CFU g⁻¹ soil), compared to pineapple monoculture T3 at 40-50 cm from the root surface D5 (0.61×10^3 CFU g⁻¹ soil) ($P \leq 0.05$) (Table 1, Figure 3). Fungal population are relatively more abundant in forest than agricultural soils as monocultures (Lauber *et al.* 2013), because carbon products secreted by trees roots, which are preferential nutrients and energy for fungal metabolism.

Secondary forest T1 at 10-20 cm from the root surface D2 is associated with moderate increases of the CFUs of fungi (32.1×10^3 CFU g⁻¹ soil), which was equal to secondary forest T1 at 20-30 cm from the root surface D3 (28.3×10^3 CFU g⁻¹ soil), indicating that there is a range of best action of fungal populations up to 30 cm (Table 1, Figure 3). The reduction in fungal population may be explained by secondary forest T1 at 30-40 cm from the root surface D4 at 40-50 cm from the root surface D5 ($13.5, 13.8 \times 10^3$ CFU g⁻¹ soil) ($P \geq 0.05$) (Table 1, Figure 3). The stimulatory effect on microorganisms is known as the “rhizosphere effect” as indicated by the interaction of soil and rhizosphere microbes and their ratio (Paul and Clark 1996).

This indicates that secondary forest T1, affected positively fungal population in the area closest to the roots directly by generating inputs of organic matter above and belowground and indirectly by the physical effects of shading, soil protection and uptake of water and nutrients by roots (Smith 2008, Lauber *et al.* 2013, Voříšková and Baldrian 2013). Forest from natural regeneration may show higher resistance to microclimatic site conditions, which can also contribute to their growth and litter yields, which favors increases in soil microbiota (Notaro *et al.* 2008). The microbial community in forest soil is dominated by fungi. Fungi are more efficient than bacteria, in terms of decomposing organic compounds (Sylvia *et al.* 2005).

Rice monoculture T2 and pineapple monoculture T3 exhibiting both conventional tillage and low inputs from residues, as the distances increased of D1 to D5

from the root surface had detrimental effects on fungal number of the CFUs accounting 9.7, 8.7, 5.7, 4.2, 3.9 $\times 10^3$ CFU g⁻¹ soil and 4.2, 2.2, 1.0, 0.8 and 0.6 $\times 10^3$ CFU g⁻¹ soil respectively ($P \geq 0.05$) (Table 1, Figure 3).

In a study of an Oxisol of the Eastern Plains of Colombia, a leguminous cover with *C. ochroleuca* in rice and corn crops increased by 86 % the greater diversity of fungi, mainly *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Trichoderma* and *Penicillium* (Delgado *et al.* 2009), which have been reported as phosphate solubilizing microorganisms (Perez *et al.* 2005), of great importance in phosphorus deficient soils in tropical zones.

Low increment of fungal number of CUFs for pineapple monoculture T3 at 40-50 cm from the root surface D5 are due to that monoculture cropping systems and intensive soil management can markedly affect the activity of soil microorganisms and their diversity (Balota *et al.* 2003), around 89 % decline in microbial diversity index is observed from the distance closest to the rhizosphere to the most distanced (Kent and Triplett 2002).

Contrary to what is stated, other authors say that plant roots do not alter and enhance the total count of the CFUs of fungi in the rhizosphere, in contrast to their effects on bacteria (Whipps 2001, Kent and Triplett 2002).

The chemical and physical nature of the root zone is quite different from the soil away from the root zone, being that fungi population are more likely to regulate decomposition of surface-applied residues in no-till soils in the area adjacent to the root (Paul and Clark 1996, Beare 1997).

The rhizosphere is also a metabolically busier and more competitive environment than the surrounding soil, also known as bulk soil. Unlike the soil associated with the rhizosphere, bulk soil is not penetrated by plant roots and typically have lower microbial communities within it (Kent and Triplett 2002), corroborating this result.

The management of agroforestry system of *Theobroma cacao* associated with *Acacia mangium* T4 may provide

advantages for soil microbiota, due to that all distances from the root surface, which steadily increased from D5 to D1 from the root surface accounting for 16.6, 17.3, 18.3, 19.6 and 19.6×10^3 CFU g⁻¹ soil (Table 1, Figure 3), was significant similar that the number de CFUs of fungi in secondary forest T1 at D4 and D5 distances from the root surface ($13.5, 13.8 \times 10^3$ CFU g⁻¹) ($P > 0.05$), respectively (Table 1, Figure 3). According to Wagg *et al.* (2014), the function and structure of agroforestry systems may have a similar biological performance that secondary forest. Similarly, Beare (1997) states that this behavior is characteristic of microbial populations in both mature ecosystems and those in process of succession.

Acacia mangium is a leguminous plant that can to be use associated with *Theobroma cacao* in tropical zones, since it contributes a great amount of litter to the soil, most of the nitrogen is recycled into the soil (Beare 1997).

It is found that surface residues in agroforestry systems retain moisture, dampen temperature fluctuations, and provide a continuous substrate that promotes fungal growth (Beare 1997); trees roots in agroforestry systems exude amino acids and sugars that serve as a food source for microorganisms, since fungi population are poor degraders of cellulose and other plant wall material (Pii *et al.* 2016), and this is the reason for the high increments of CFUs of fungi.

Bacterial population

A greater rhizosphere effect was observed in bacteria than actinobacteria and fungi in all land use patterns (Figure 3), due to those bacteria known as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) colonize roots very efficiently (Kent and Triplett 2002, Sylvia *et al.* 2005).

The population of bacteria ranged from 286.33 to 4.99×10^6 CFU g⁻¹ soil corresponding to secondary forest T1 at 0-10 cm from the root surface D1 and pineapple monoculture T3 at 40-50 cm from the root surface D5, respectively ($P \leq 0.05$) (Table 1, Figure 3). This last treatment showed similar amount to the average of the values reported by Muhammed *et al.* (2015) for humid

tropical climate in Indian for an okra monoculture at fruiting (6.3×10^6 CFU g⁻¹ soil).

Higher count of bacteria was observed in secondary forest T1 and all the distances from the root surface compared to others treatments ($p \leq 0.05$), the number of CFUs of bacteria no reflected a positive response of the increases of the distances of D1 to D5 from the root surface accounting for 286.3, 231.3, 209.3, 171.0 and 164.6×10^6 CFU g⁻¹ soil respectively (Table 1, Figure 3).

The bacterial population cover about 4-10 % of the total root area occurring profusely on the root hair region and rarely in the root tips. There is predominance of amino acids and growth factors required by bacteria, are readily provided by the root exudates in the region of rhizosphere (Kent and Triplett 2002). The most common genera of soil bacterias are: *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Mycobacterium*, *Flavobacter*, *Cellulomonas*, *Micrococcus*, and others have been reported to be either abundant or sparse in the rhizosphere (Whipps 2001).

According to Whipps (2001), the aerobic bacteria are relatively less in the rhizosphere because of the reduced oxygen levels due to root respiration.

Other authors as Kent and Triplett (2002) argue that in addition to the respiration of the roots themselves, the carbon-rich environment of the rhizosphere promotes high levels of respiration by other macro and microorganisms, to a far greater extent than what is occurring in the bulk soil.

In contrast, secondary forest T1 at 30-40 cm from the root surface D4 and at 40-50 cm from the root surface D5 (171.0 and 164.6×10^6 CFU g⁻¹ soil) was equal that agroforestry system T4 at 0-10 cm from the root surface (155.3×10^6 CFU g⁻¹) and at 40-50 cm from the root surface D5 (133.6×10^6 CFU g⁻¹ soil) (Table 1, Figure 3).

According Da C Jesus *et al.* (2009) agroforestry communities are related to intermediate values of the soil biology attributes and crop and young secondary

forest communities do not constitute well-defined groups.

The values of counts of bacterial UCFs in rice monoculture T2 at all distances are slightly below average for secondary forests (T1) accounting for 61.6, 56.0, 48.6, 45.6 and 37.0 $\times 10^6$ CFU g⁻¹ soil, being statistically differences ($P \leq 0.05$) (Table 1, Figure 3) and above average for pineapple monoculture (T3) at all distances, but with no statistically significant differences between rice monoculture T2 at 40-50 cm from the root surface D5 and pineapple monoculture T3 at 10-20 cm from the root surface D5 ($P \geq 0.05$) (Table 1, Figure 3) ($P \leq 0.05$).

According to Beare (1997) plant residue is distributed throughout the plough layer in fields managed with conventional tillage, these soils are dominated by bacteria and their predators such as bacterial-feeding nematodes and are considered to be in an early stage of succession, may possibly explain this response obtained. Gopalakrishnan *et al.* (2009) also reported the inhibitory effect of root exudates on bacteria.

Bacterial populations have their lowest value when pineapple monoculture T3 at 40-50 cm distance maximal from the root surface D5 accounting for 4.9 $\times 10^6$ CFU g⁻¹ soil (Table 1, Figure 3). On the other hand, pineapple monoculture (T3) at all distances from the root surface presented the least count of CFUs of bacteria with no statistically significant differences between these ($P \geq 0.05$) responsible for 13.0, 9.3, 8.0, 7.1 and 4.9 $\times 10^6$ CFU g⁻¹ soil (Table 1, Figure 3).

The magnitude of these responses indicates the need to intensify the studies involving monoculture management and its relation with soil microbiota bioactivity and mechanisms of interaction with root surface.

Actinobacteria population

The population of actinobacteria ranged from 97.33 $\times 10^4$ CFU g⁻¹ soil to 3.00 $\times 10^4$ soil CFU g⁻¹ corresponding to secondary forest T1 at 0-10 cm from the root surface and pineapple crop T3 at 40- 50

cm from the root surface D5 revealed statistically significant differences ($P \leq 0.05$) (Table 1, Figure 3).

Higher actinobacteria population was recorded for T1 at 0-10 cm from the root surface D1 (97.3 $\times 10^4$ CFU g⁻¹ soil) followed by T4 at D1 (94.0 $\times 10^4$ CFU g⁻¹ soil) and T1 at D2 (78.0 $\times 10^4$ CFU g⁻¹ soil), in turn this treatment equaled to T4 at D3 (69.6 $\times 10^4$ CFU g⁻¹ soil), being that secondary forest T1 and agroforestry system T4 by effect of all distances from the root surface showed similarity in actinobacteria population ($P \geq 0.05$) (Table 1, Figure 3).

Soil community composition with agroforestry systems resembles that of natural ecosystem soils more closely than in the case with annual crops (Brussaard *et al.* 2007). Among different microbial population, the bacterial population was recorded maximum (64 %), followed by actinobacteria (23 %) and fungi (13 %) in agroforestry systems (Radhakrishnan and Varadharajan 2016).

The populations of soil microbiota found in the *Leucaena* plantation were generally similar to the Atlantic forest and higher than in the *Corymbia* plantation (Reis *et al.* 2007).

Stimulation of actinobacteria in the rhizosphere has not been studied in much detail so far. It is generally understood that the actinobacteria are less stimulated in the rhizosphere than bacteria. However, when antagonistic actinobacteria increase in number they suppress bacteria (Wagg *et al.* 2014).

The actinobacteria population was reduced drastically by effect of rice monoculture T2 and pineapple monoculture T3 at all the distances from the root surface accounting for 28.3, 22.6, 18.6, 13.6, 11.3 and 12.0, 8.0, 7.6, 6.3, 3.0 $\times 10^4$ CFU g⁻¹ soil respectively, revealed no statistically significant differences between these ($P \geq 0.05$) (Table 1, Figure 3). The root endosphere microbiota results from gradual community shifts including enrichment and depletion processes from the surrounding soil microbiota (Sylvia *et al.* 2005; Barreto *et al.* 2008).

As rice and pineapple monocultures and soil management practices influenced soil actinobacteria populations at all distances from the root surface, it is important to propitiate the effect of soil microbiota enrichment process begin acting at a distance in the rhizosphere, continues at the rhizoplane, and is largely driven by root exudation, through efficient practices of soil management such as direct seeding and crop rotation. Difference in microbial population is a reflection of many factors such as nutrient and oxygen levels, temperature and availability of minerals (Sylvia *et al.* 2005).

Conclusions

The positive relation of fungi, bacteria and actinobacteria organisms with secondary forest (T1) at all distances from the root surface, is important for the establishment of the natural vegetation in tropical zones of Villavicencio, East Colombia.

The negative impact of rice monoculture (T2) and pineapple monoculture (T3) at all distances from the root surface on Oxisol microbiota disturbance, suggest that it should be taken in consideration for more sustainable soil management factors that contribute great amount of soil organic matter in monocultures systems.

The soil microbiota comparison in land use patterns and distances from the root surface revealed that agroforestry system of *Theobroma cacao* associated with *Acacia mangium* (T4) have potential to increase fungi, bacteria and actinobacteria in a tropical Oxisol of Villavicencio.

References

- Alexander, M. 1982. Most Probable Number method for microbial populations. Pp. 815–820. *En: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds). Methods in Soil Analysis. Agronomy 9, part 2, 2nd edition. ASA, SSSA, Madson, WI.*
- Alvear, M. A., J. L. Rosas and F. B. Rouanet. 2005. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil and Tillage Research* 82: 195–202.
- Balota, E. L., A. Colozzi-Filho, D. S. Andrade and R. P. Dick. 2003. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soils* 38 (1): 15–20.
- Barreto, T. R., A. C. M. Da Silva, A. C. F. Soares and J. T. De Souza. 2008. Population densities and genetic diversity of actinomycetes associated to the rhizosphere of *Theobroma cacao*. *Brazilian Journal of Microbiology* 39 (3): 464–470.
- Barrios, E. 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics* 64: 269–285
- Bausenwein, U., A. Gattinger, U. Langer, A. Embcher, H. P. Hartmann, M. Sommer, J. C. Munch and M. Schloter. 2008. Exploring soil microbial communities and soil organic matter: Variability and interactions in arable soils under minimum tillage practice. *Applied soil ecology* 40: 67–77.
- Beare, M. H. 1997. Fungal and bacterial pathways of organic matter decomposition and nitrogen mineralization in arable soil. Pp 37–70. *En: Brussaard, L. and R. Ferrera- Cerrato (Eds). Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. Lewis Publishers, Boca Raton, LA.*
- Brussaard, L., P. C. de Ruiter, G. G. Brown. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 233–244.
- Ceja-Navarro, J. A., F. N. Rivera-Orduña, L. Patiño- Zúñiga, A. Vila-Sanjurjo, J. Crossa, B. Govaerts and L. Dendooven. 2010. Phylogenetic and multivariate analyses to determine the effects of different tillage and residue management practices on soil bacterial communities. *Applied and Environmental Microbiology* 76 (11): 3685–3691.
- Da C Jesus, E., T. Marsh, J. Tiedje and F. Moreira. 2009. Changes in land use alter the structure of bacterial communities in Western Amazon soils. *The International Society for Microbial Ecology Journal* 3: 1004–1011
- Delgado, H., G. H. Navas, C. R. Salamanca and A. Chacon. 2009. Legume improved fallows: a promissory agroecological alternative for allelopathic weed control in rice and maize crops in the Colombia Eastern Plains *Agronomia Colombiana* 27 (2): 227–235.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, C. W. Robledo. 2010. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 18 p.
- Gopalakrishnan, S., T. Watanabe, S. J. Pearse, O. Ito, Z. A. K. M. Hossain and G. V. Subbarao. 2009. Biological nitrification inhibition by *Brachiaria humidicola* roots varies with soil type and inhibits nitrifying bacteria, but not other major soil microorganisms. *Soil Science Plant Nutrition* 55 (5): 725–733.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – Igac. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento del Meta. IGAC. 1 CD.
- Jangid, K., M. A. Williams, A. J. Franzluebbers, J. S. Sanderlin, J. H. Reeves, M. B. Jenkins, D. M. Endale, D. C. Coleman and W. B. Whitman. 2008. Relative impacts of land-use, management intensity and fertilization upon soil microbial community structure in agricultural systems. *Soil Biology Biochemistry* 40: 2843–2853.
- Kent, A. D. and E. W. Triplett. 2002. Microbial communities and their interactions in soil and rhizosphere ecosystems. *Annual Review of Microbiology* 56: 211–236.
- Lauber, C. L., K. S. Ramirez, Z. Aanderud, J. Lennon and N. Fierer. 2013. Temporal variability in soil microbial communities across land-use types. *International Society for Microbial Ecology* 7: 1641–1650.

- Mathew, R. P., Y. Feng, L. Githinji, R. Ankumah and K. S. Balkcom. 2012. Impact of No-tillage and conventional tillage on soil microbial communities. *Applied Environmental Soil Science*: 10 p.
- Muhammed, U. P. F. B., P. V. Sindhu and K. S. Gopal. 2015. Influence of mulches on rhizosphere microflora, yield and weed competition in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Journal of Tropical Agriculture* 53 (1): 70-74.
- Notaro, K., E. V. de Medeiros, G. P. Duda, A. O. Silva. and P. M. De Moura. 2008. Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. *Scientia Agricola* 71 (2): 87-95.
- Paudel, B. R., R. P. Udawatta, R. J. Kremer and S. H. Anderson. 2012. Soil quality indicator responses to row crop, grazed pasture, and agroforestry buffer management. *Agroforestry Systems* 84: 311-323.
- Paul, E. A. and F. E. Clark. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*, Academic Press, San Diego, California, USA. 340 p.
- Perez, A., C. Perez y G. Cardona. 2015. Hongos solubilizadores de fosfatos en suelos arroceros de la Mojana Sucre, Colombia. *Arroz* 53 (458): 22-31.
- Pii, Y., L. Borruso, L. Brusetti, C. Crechchio, S. Cesco and T. Mimmo. 2016. The interaction between iron nutrition, plant species and soil type shapes the rhizosphere microbiome. *Plant Physiology and Biochemistry* 99: 39-48.
- Prevost-Boure, N. C., P. A. Maron, L. Ranjard, V. Nowak, E. Dufrenea, C. Damesina, K. Soudani and J-Ch. Lata. 2011. Seasonal dynamics of the bacterial community in forest soils under different quantities of leaf litter. *Applied Soil Ecology* 47 (1): 14-23.
- Radhakrishnan, S. and M. J. Varadarajan. 2016. Status of microbial diversity in agroforestry systems in Tamil Nadu, India. *Journal of Basic Microbiology* 56 (6): 662- 669.
- Reis, M. A., K. Luciene, A. M. Rodrigues and E. Nahas. 2007. Recovery of soil microbiological properties in a degraded area planted with *Corymbia citriodora* and *Leucaena leucocephala*. *Scientia Agricola* 64 (1): 8-72.
- Roger-Estrade, J., C. Anger, M. Bertrand and G. Richard. 2010. Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research* 111: 33-40.
- Sylvia, D., J. Fuhrmann, P. Hartel and D. Zuberer. 2005. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Pearson Education Inc. New Jersey. 517 p.
- Smith, P. 2008. Land use change and soil organic carbon dynamics. *Nutrient Cycle Agroecosystem* 81: 169-178.
- Voříšková, J. and P. Baldrian. 2013. Fungal community on decomposing leaf litter undergoes rapid successional changes. *International Society for Microbial Ecology Journal* 7: 477-486.
- Wagg, C., S. F. Bender, F. Widmer and M. G. A. Van der Heijden. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111: 5266-5270.
- Whipps, J. M. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *The Journal of Experimental Botany* 52 (90001): 487-511.

Amanda Silva-Parra

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales,
Grupo de Investigación ISAF
Universidad de los Llanos, Sede Barcelona, Colombia
Km. 12 vía Puerto López
asilvap@unillanos.edu.co

Ángela María Mogollón-Ortiz

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales,
Grupo de Investigación ISAF
Universidad de los Llanos, Sede Barcelona, Colombia
Km. 12 vía Puerto López
amogollon@unillanos.edu.co

Hernando Delgado-Huertas

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales,
Grupo de Investigación ISAF
Universidad de los Llanos, Sede Barcelona, Colombia
Km. 12 vía Puerto López
hdelgado@unillanos.edu.co

Soil microbiota: Influence of different land use patterns and soil management factors at Villavicencio Oxisol, East Colombia

Citación del artículo: Silva-Parra, A. A. M. Mogollón-Ortiz y H. Delgado-Huertas. 2017. Soil microbiota: Influence of different land use patterns and soil management factors at Villavicencio Oxisol, East Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 1 – 10. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a1

Recibido: 02 de diciembre de 2016
Aprobado: 23 de mayo de 2017

Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia

Application the CERA-S protocol to determinate the ecological quality of microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna & Flora Iguaque (Boyacá), Colombia

Yolanda Gamarra, Ricardo Restrepo, Alexandra Cerón-Vivas, Maryory Villamizar, Reinaldo Arenas, Claudia I. Vega y Andrea A. Avila

Resumen

La protección y conservación de los ríos en zonas de reserva y recarga de acuíferos en Colombia es de vital importancia y uno de los principales compromisos del gobierno, debido a que en estos ecosistemas se forman cuerpos hídricos, que ofrecen bienes y servicios, asociados al suministro de agua para las principales ciudades. El Santuario de Fauna y Flora Iguaque (SFFI) es un área protegida de la región andina colombiana, que presenta ecosistemas de páramo y bosque andino. Es administrado por Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN) y provee de agua a comunidades urbanas y rurales en su zona de influencia. Para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos se realizó un monitoreo, en el que se aplicó el protocolo CERA-S (Calidad Ecológica de Ríos Andinos Simplificado); esta herramienta integra la calidad hidromorfológica y el índice biótico ABI. En este estudio se realizaron tres jornadas de muestreo en estiaje (octubre, noviembre y diciembre de 2015) seleccionando 10 puntos de monitoreo sobre las quebradas Carrizal, Francos y Mamarramos. Los resultados obtenidos califican a la microcuenca en categoría excelente, proporcionando información que permite a los líderes políticos y comunitarios, tomar decisiones para acciones de conservación y prevención del deterioro del ecosistema por actividades antrópicas.

Palabras clave. Área protegida. Bioindicadores. Ecosistemas altoandinos. Hidromorfológico. Macroinvertebrados.

Abstract

The protection and conservation of rivers inside protected areas and aquifer recharges are of great importance in Colombia and one of the major commitments of the government, since surface water bodies usually originate in these ecosystems. Such systems therefore offer goods and services of water supply to large cities. The Santuario de Fauna y Flora Iguaque (SFFI) is a protected area of the Colombian Andean region composed of paramo and Andean forest ecosystems. The area, which provides water to both rural and urban communities, is managed by Parques Nacionales Naturales de Colombia (National Natural Parks of Colombia). In order to determine the ecological quality of the Mamarramos micro-basin, the CERA-S protocol (Simplified Ecological Quality for Andean Rivers) was applied. This tool integrates hydro-morphological quality with biotic index ABI. Three samplings were performed during dry season (October, November, and December 2015) in 10 sampling sites along the brooks of Carrizal, Francos, and Mamarramos. Obtained results qualify the micro-basin as a system in excellent state, thus providing valuable information for political and community leaders to make decisions to conserve and prevent the detriment of the ecosystem due to anthropic activities.

Key words. Bioindicators. High-andean ecosystems. Hydromorphologic. Macroinvertebrates. Protected area.

Introducción

Colombia tiene el 53 % de los páramos del mundo, y casi el 50 % corresponde a áreas protegidas. Estos ecosistemas brindan diversos servicios ecosistémicos asociados a: especies endémicas, paisajes, suelos y capacidad para fijar carbono atmosférico. Adicionalmente, tienen un papel fundamental como reguladores de aproximadamente el 70 % del agua del país, por su asociación con los nacimientos de los principales ríos (Gómez *et al.* 2016).

La legislación colombiana incluye la protección de los ecosistemas de páramo, subpáramo, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos a través de la Ley 99 de 1993. En este contexto, el Gobierno Nacional tiene como prioridad el estudio, conocimiento y protección de estos ecosistemas (Morales *et al.* 2007).

Como consecuencia de las actividades antropogénicas, los páramos presentan una degradación acelerada, asociada al incremento en la explotación del suelo y contaminación del agua, los cuales tienen efectos irreversibles sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que prestan (Cabrera y Ramírez 2014, Gómez *et al.* 2016).

En este contexto, se ha incrementado la preocupación por el estado ecológico de las cuencas altoandinas y como consecuencia, el compromiso del gobierno está dirigido a identificar la condición de contaminación de los cuerpos hídricos, para establecer diagnósticos de calidad e implementar programas de restauración, preservación y conservación de cuencas estratégicas, con la participación de la comunidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2012). Según el Plan Nacional de Restauración, en Colombia el monitoreo permite establecer la línea base para hacer la evaluación de la condición del ecosistema, la toma de decisiones y la evaluación sobre la efectividad, costos y aplicabilidad de las estrategias en diferentes contextos (Ospina *et al.* 2015).

De igual manera, el diagnóstico de la calidad ecológica del río permite definir estrategias de mitigación o correctivas, para la buena gestión del recurso hídrico

(Encalada *et al.* 2011). Debido al escaso desarrollo de herramientas para evaluar la calidad del agua de forma integral, han surgido algunas metodologías como: el Índice Biótico Andino (ABI) (Ríos *et al.* 2014), el protocolo de Calidad Ecológica de Ríos Altoandinos (CERA) (Acosta *et al.* 2009) y el protocolo de Calidad Ecológica de Ríos Andinos Simplificado (CERA-S) (Encalada *et al.* 2011).

El índice ABI se fundamenta en el índice *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) desarrollado en el Reino Unido (Hellawell 1978), y es una adaptación para ríos altoandinos que incluye un menor número de familias de macroinvertebrados, debido a que la altitud restringe la distribución de varias de ellas (Ríos *et al.* 2014). Las características hidromorfológicas hacen referencia a la vegetación de la ribera, el paisaje próximo al río y algunos elementos del canal del río, como su forma y sustrato (Encalada *et al.* 2011).

El protocolo Calidad Ecológica de los ríos Andinos CERA (Acosta *et al.* 2009), se desarrolló a partir del Protocolo Rápido de Evaluación de la Calidad Ecológica (PRECE) para ríos mediterráneos de la Península Ibérica (Jaimes *et al.* 2002). La implementación de CERA, se ha realizado en países como Ecuador y Perú (Acosta *et al.* 2009). En Ecuador, la aplicación de índices de integridad para establecer estrategias de conservación fue evaluada en la subcuenca del río Yanuncay, zona compuesta por bosque altoandino y páramo (provincia de Azuay). En este estudio se analizaron indicadores de calidad y cantidad de agua con análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, valorando la cuenca como “Excelente” y “Buena”, permitiendo programar acciones para conservar el ecosistema y prevenir el deterioro por actividades antrópicas (Loja 2013).

El desarrollo del protocolo CERA-S está basado en el protocolo CERA y algunos índices como el ABI. Las principales investigaciones en este campo han sido los trabajos de Prat *et al.* (2009), a partir de los cuales se ha desarrollado una red de coautoría donde se destacan los trabajos de Acosta *et al.* (2009) y Ríos *et al.* (2014); este grupo se considera pioneros en este tipo de índices y han formado una red de apoyo científico-académico.

Para lograr estos avances, los autores se han apoyado en académicos que forman redes de colaboración donde reconocen otros trabajos para estructurar complejas redes de co-citación, que permite determinar la forma como el campo se encuentra actuando.

La red deja entrever un núcleo de autores seminales en este tema entre los que se destacan Jacobsen *et al.* (1997, 1998), Jacobsen y Encalada (1998), Roldán (1999), Myers *et al.* (2000), Figueroa *et al.* (2003), Jacobsen *et al.* (2003), Acosta *et al.* (2009) y Ríos *et al.* (2014). Los autores seminales se convierten en los investigadores principales en esta área del conocimiento y constituyen la base para el posterior desarrollo de protocolos e índices sobre los cuales se han construido, por ejemplo, los protocolos CERA, CERA-S y el índice ABI.

Teniendo en cuenta la importancia de esta metodología y los servicios ecosistémicos que ofrece el páramo, se propone aplicar el protocolo CERA-S (Encalada *et al.* 2011) para facilitar la participación de entidades ambientales (Parques Nacionales Naturales - PNN) y organizaciones no especializadas en el tema (Juntas de acción veredales y comunales). Adicionalmente, se pretende establecer el estado ecológico integral de los ecosistemas que cumplen las condiciones requeridas para su aplicación, a través de la calidad hidromorfológica y el índice biológico ABI (Encalada *et al.* 2011).

El objetivo del presente estudio fue aplicar el protocolo CERA-S en la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque) ubicada en el Santuario de Fauna y Flora Iguaque, SFFI (Boyacá, Colombia), para evaluar la calidad ecológica a partir del gradiente de perturbación y la variabilidad natural.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Santuario de Fauna y Flora de Iguaque - SFFI, tiene una extensión de 6923 hectáreas en el corredor

de páramos y bosques Iguaque-Guantiva-La Rusia del centro-occidental de la cordillera Oriental de los Andes colombianos, entre los departamentos de Boyacá y Santander. Cubre parte de los municipios de Villa de Leyva, Arcabuco y Chíquiza, en el departamento de Boyacá. En el sur, predominan las condiciones climáticas secas y en el norte mayor humedad (Sistema de Parques Nacionales Naturales 2006). Presenta altitudes entre 2400 y 3800 m s.n.m. y los siguientes ecosistemas: subxerofítico, bosque andino, bosque alto andino, subpáramo y páramo, además de humedales paramunos. El estudio se realizó en la microcuenca Mamarramos, que se forma por la confluencia de las quebradas Francos y Carrizal (Figura 1).

Fase de campo

Se seleccionaron 10 puntos de monitoreo distribuidos en las quebradas Mamarramos, Carrizal y Francos (Figura 1). Se realizaron tres jornadas de muestreo en período de baja precipitación (estiaje) (octubre, noviembre y diciembre), debido a las alteraciones del ciclo climático por el fenómeno del Niño del año 2015. La descripción de los puntos de muestreo se presenta en la Tabla 1.

Para el cálculo del índice biológico ABI, se realizó la captura de macroinvertebrados en un área de 10 m², mediante la técnica de coriotopos propuesta por Rincón (1996). Cada coriotopo se muestreó en un área aproximada de 1 m² utilizando una red de mano, con ojo de malla de 450 µm y un área de 0.1 m². Los coriotopos seleccionados para cada estación de muestreo fueron: musgos y piedras en corriente rápida y lenta, cascada, hojarasca, salpicadura y ribera (Medellin *et al.* 2004).

El muestreo fue intensivo, es decir, la captura de especímenes se hizo hasta que se empezaron a repetir los organismos, para asegurar la colección de todas las especies representativas en cada punto de $\geq 80\%$, según lo establecido por González *et al.* 2017. El material colectado fue preservado en solución *transeau* (Arcos y Gómez 2006, Corredor y Forero 2011) y llevado al laboratorio para su identificación.



Figura 1. Estaciones de monitoreo.

Tabla 1. Estaciones de muestreo.

| Estación de muestreo | Nombre de la estación | Altitud m s. n. m. | Coordenadas geográficas | |
|--|-----------------------|--------------------|-------------------------|---------------|
| | | | L. norte | L. oeste |
| QC, antes de bocatoma. (Anexo 3) | QCS01 | 3037 ± 8 | 5° 41' 48.2" | 73° 27' 95" |
| QC, después del campo de infiltración del centro de visitantes. (Anexo 11) | QCS02 | 2897 ± 4 | 5° 42' 11" | 73° 27' 25.5" |
| QC, después del campo de infiltración del área administrativa. (Anexo 4) | QCS03 | 2839 ± 3 | 5° 42' 26.6 " | 73° 27' 28.6" |
| QC, antes de confluencia con la QF. (Anexo 5) | QCS04 | 2827 ± 3 | 5° 42' 29.4" | 73° 27' 28.7" |
| QF, antes de zona de camping. (Anexo 6) | QFS01 | 2860 ± 8 | 5° 42' 15.9" | 73° 27' 12" |
| QF, antes del campo de infiltración de la zona de camping. (Anexo 7) | QFS02 | 2856 ± 9 | 5° 42' 33.1" | 73° 27' 32.6" |
| QF, después del campo de infiltración de la zona de camping. (Anexo 8) | QFS03 | 2849 ± 4 | 5° 42' 25.7" | 73° 27' 24.4" |
| QF, antes de confluencia con la QC. (Anexo 9) | QFS04 | 2827 ± 3 | 5° 42' 29.4" | 73° 27' 28.7" |
| QM, después de la confluencia de las QF y QC. (Anexo 10) | QMS01 | 2810 ± 4 | 5° 42' 32.6" | 73° 27' 31.3" |
| QM, después de bocatoma (Anexo 12) | QMS02 | 2718 ± 3 | 5° 42' 42.5" | 73° 27' 54.7" |

Fase de laboratorio

Los macroinvertebrados colectados fueron identificados hasta el nivel de familia, utilizando un estereoscopio marca Nikon SMZ 745 T y un sistema de iluminación NI-150 *Nikon Instrumets Inc.* Las claves taxonómicas y guías de campo utilizadas fueron: Roldán (1988, 2003), Clifford (1991), Merritt y Cummins (1996), McCafferty y Lugo (1996), Bouchard (2004), Domínguez y Fernández (2009), Springer *et al.* (2010), Salcedo y Trama (2014). Para la toma de las microfotografías se utilizó una cámara Nikon *Digital Sight*.

Tratamiento de resultados

Curva de acumulación de taxones

Para establecer la aparición de taxones en cada unidad de muestreo y validar las técnicas de captura se calculó la curva de taxones (Villarreal *et al.* 2006, Colwell 2009). Con esta estimación y los puntos de muestreo,

se realizó una gráfica de dispersión, mostrando la línea de tendencia más aproximada, con el fin de obtener la ecuación de la curva, que relaciona el número de taxones acumulados y el número de unidades de muestreo.

Calidad hidromorfológica

Para determinar la calidad hidromorfológica se realizó una evaluación cualitativa de ocho características relacionadas con la vegetación de ribera y la naturalidad del canal del río, asignando valores de 0 a 5 (Encalada *et al.* 2011). Los criterios de evaluación para cada componente de la calidad hidromorfológica fueron tomados del Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S), el cual, de manera gráfica y descriptiva, establece los criterios para la calificación de cada uno de los ocho componentes para valorarlos *in situ* siguiendo la guía (Tabla 2).

Tabla 2. Características hidromorfológica a evaluar. Fuente: Encalada *et al.* (2011).

| Características a evaluar |
|--|
| Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera |
| Continuidad de la vegetación de ribera a lo largo del río |
| Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacente o próximo. |
| Presencia de basuras y escombros |
| Naturalidad del canal fluvial |
| Composición del sustrato |
| Regímenes de velocidad y profundidad del río |
| Elementos de heterogeneidad |

Para obtener el valor final del índice de calidad hidromorfológica (ICH), se realizó la suma total de cada componente y se comparó con la escala de

evaluación: de cero a 10, Pésimo; 10 a 20, Mala; 20 a 28, Moderado; 28 a 35, Buena y valores mayores de 35, Excelente (Encalada *et al.* 2011).

Índice de calidad ABI

El índice ABI fue utilizado para determinar la calidad del agua a partir de las familias de macroinvertebrados capturadas en la zona de estudio. Para el cálculo del índice ABI se utilizó CABIRA (Calidad Biológica de los Ríos Altoandinos) (Prat *et al.* 2013), el cual asigna valores numéricos entre uno y diez a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado define el valor del ABI. El ABI califica la calidad del agua a partir de la Tabla 3.

Tabla 3. Calidad de agua ABI. Fuente: Encalada *et al.* (2011).

| ABI | Calidad de agua ABI |
|----------|---------------------|
| >96 | Excelente |
| 59 - 96 | Buena |
| 35 - 58 | Moderada |
| <35 | Mala |
| Sin Vida | Pésima |

Protocolo CERA-S

Para aplicar el protocolo CERA-S se observan y valoran dos grupos de variables: (1) las características hidromorfológicas, que incluye la vegetación de la ribera, el paisaje próximo al río, y algunos elementos del canal del río, como su forma y sustrato y (2) los organismos que habitan en el agua.

Para obtener la evaluación de la calidad ecológica, se combinan las valoraciones de estos dos grupos: calidad hidromorfológica (ICH) y calidad biológica (ABI) (Figura 2) (Encalada *et al.* 2011).

Si el resultado de combinar las dos evaluaciones es de color azul, la calidad ecológica del río es excelente; si es verde, es bueno; el color amarillo corresponde a moderada; si es naranja, es mala y finalmente si es roja corresponde a pésima (Encalada *et al.* 2011).

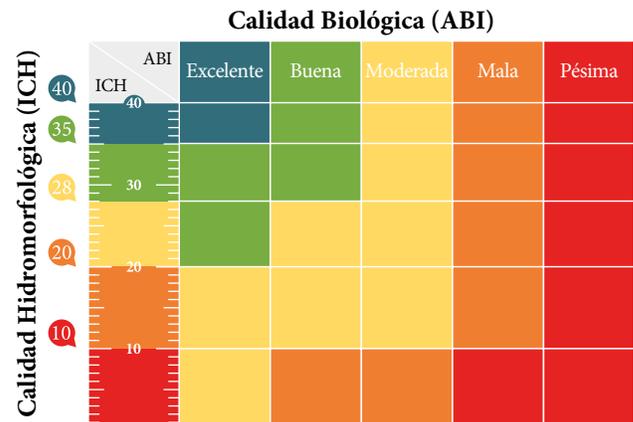


Figura 2. Criterios para el establecimiento de la calidad ecológica de un cuerpo de agua. Fuente: Modificada Encalada *et al.* (2011).

Resultados

Se colectaron 7521 individuos, distribuidos en 8 clases, 16 órdenes, 57 familias y 21 géneros, para un total de 75 taxones (Anexo 2). De las familias identificadas, las que presentaron mayor frecuencia fueron: Leptoceridae (19%), Calamoceratidae (11,8 %), Psephenidae (10,8 %), Helicopsychidae (9,7 %) y Planariidae (7,7 %).

Curva de acumulación de taxones

Con los datos obtenidos de las actividades de muestreo se elaboró la curva de acumulación de taxones, para determinar la eficacia del muestreo realizado (Figura 3).

La eficiencia del muestreo está representada en la captura de 73 taxones que corresponden al 87 % de los taxones esperados. Teóricamente, cuando el valor de taxones capturados supera el 80 % de los taxones estimados por la curva, se considera que el muestreo tiene alta representatividad (Figura 3) (Jiménez y Hortal 2003, Villarreal *et al.* 2006, Moreno y Quintero 2015).

Calidad hidromorfológica

Según los resultados obtenidos en el presente estudio (Figura 4) la calidad hidromorfológica para los 10 puntos de monitoreo califican excelente. Los valores calculados en cada punto fueron mayores a 35, registrando los más altos en los puntos QCS03 y QMS01 y los más bajos en los puntos QCS02 y QMS02.

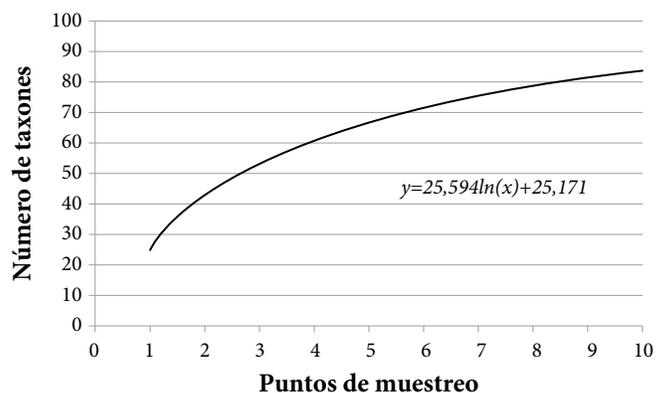


Figura 3. Curva de acumulación de taxones.

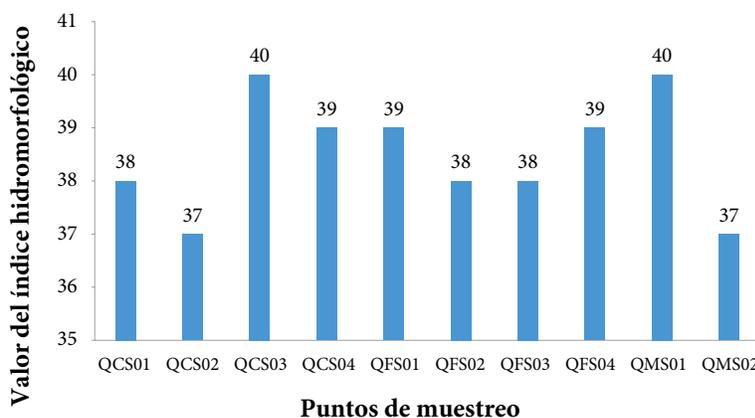


Figura 4. Calidad hidromorfológica.

Los puntos QCS03 y QMS01 son áreas naturales que no presentan intervención antrópica (Anexos del 3 al 10) y conservan la vegetación de ribera y la naturalidad del canal del río. Los puntos QCS02 y QMS02 fueron los de menor valoración, posiblemente asociado a la presencia de infraestructura y actividades antrópicas. El punto QCS02 se localiza aguas abajo del campo de infiltración del centro de visitantes (Anexo 11) y el punto QMS02, aguas abajo de la bocatoma del acueducto de la vereda Capilla y antes del drenaje del desarenador (Anexo 12).

Índice de calidad ABI

Los resultados de ABI obtenidos en el presente estudio (Figura 5), demuestran que la calidad del agua en la microcuenca Mamarramos es calificada como muy buena, según los rangos de valores establecidos por el índice.

El punto con menor ponderación de ABI fue QFS04 (Anexo 9) con un valor de 156. En este punto se capturaron 26 familias, y además presentó el menor número de taxones. Las familias identificadas eran sensibles a la contaminación, y sus puntajes ABI fueron cercanos a 10. En el punto QMS02 (Anexo 12) se capturaron 41 familias y fue el de mayor ponderación con un valor de 236.

Protocolo CERA-S

Finalmente, para evaluar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos, se combinan los resultados de la calidad hidromorfológica excelente y el índice ABI muy bueno, utilizando la Figura 2. El resultado de combinar las dos evaluaciones fue de color azul, valorando como excelente la calidad ecológica de la microcuenca (Figura 6).

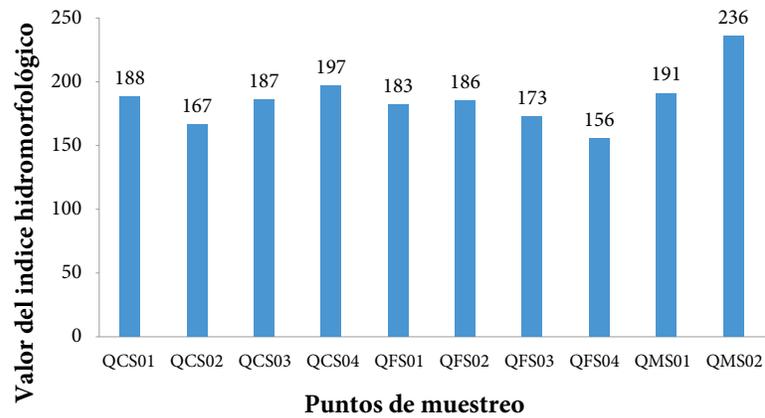


Figura 5. Índices de calidad ABI.

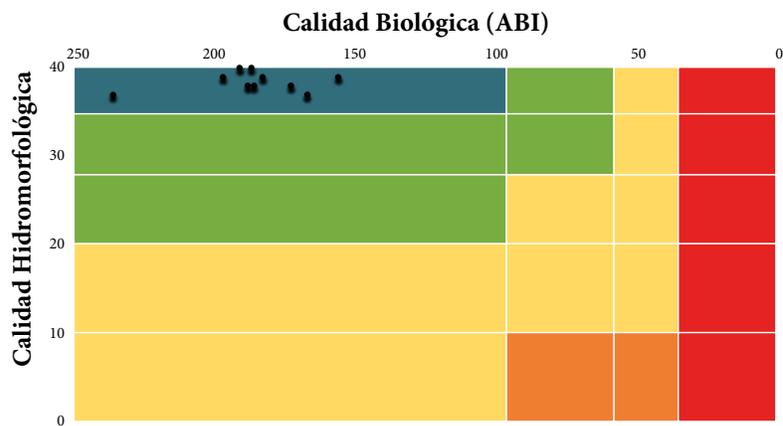


Figura 6. Calidad ecológica - Protocolo CERA-S. Fuente: Autores, basado en Encalada *et al.* (2011).

Como lo establece el protocolo CERA-S, al correlacionar la calidad biológica (ABI) con la calidad hidromorfológica, los 10 puntos de muestreo se ubicaron en el primer recuadro o cuadrante (color azul), indicando que la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos es muy buena (Figura 6, Tabla 3).

Discusión

La aplicación del protocolo CERA-s, con sus índices (ABI e hidromorfológico), permite integrar la información en la ribera del cuerpo de agua. En Colombia no se ha implementado como una medida de análisis de calidad, existiendo pocos estudios al respecto, como el realizado por Ocampo (2013) en la quebrada La Jaramilla (La Tebaida, Quindío), en el que aplica el índice hidromorfológico y el índice de

ribera (QBR), como una alternativa de evaluación de calidad de cuencas.

En el SFFI, Luna (2009) utilizó el índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR), con el objeto de valorar el estado de conservación de la ribera de los cuerpos de agua, que incluyó en su evaluación (Munné *et al.* 1998). La quebrada Carrizal, obtuvo estado natural, ratificando que las condiciones de la ribera del río permanecen en el tiempo, demostrando el estado de conservación de la zona. Esta característica se confirma en el presente estudio, en los componentes hidromorfológicos evaluados para el bosque de ribera (Anexo 1).

ABI es un índice relativamente nuevo y su aplicación en el país ha sido escasa. Ecuador y Perú han realizado estudios basados en este índice con el objeto de

promocionar esta alternativa diseñada especialmente para ecosistemas altoandinos (Acosta *et al.* 2009, Ríos *et al.* 2014).

Debido a la carencia de estudios publicados utilizando el protocolo CERA-s o el índice ABI en Colombia en ecosistemas de páramo, se analizaron los estudios que aplicaron el índice BMWP/Col para establecer una comparación del estado de la microcuenca Mamarramos. Medellín *et al.* (2004) desarrollaron el índice BMWP/Col para la quebrada Carrizal y la quebrada Mamarramos obteniendo un valor de 176 y 151, respectivamente, calificándola como aguas limpias, no contaminadas. De igual manera Luna (2009), desarrolló este mismo índice para la quebrada Carrizal y obtuvo calidad buena. Ávila y Vega (2016), implementaron BMWP/Col para las quebradas Carrizal, Francos y Mamarramos calificando a la microcuenca con calidad buena, aguas limpias, no contaminadas.

A partir de este resultado, se confirma la condición ecológica que debe tener un cuerpo de agua de alta montaña en un área protegida en Colombia, estableciendo que en el SFFI permanecen condiciones ideales a nivel biológico e hidromorfológico, para la preservación, conservación y aprovechamiento de los bienes y servicios ecosistémicos.

El análisis de cada componente del protocolo CERA-s permite identificar los aspectos que se deben mejorar para restaurar la calidad ecológica de la cuenca. Con la valoración hidromorfológica se puede establecer la relación con las modificaciones en la ribera o en el canal del río, y con la calidad biológica, se establece relación con la calidad del agua (Encalada *et al.* 2011). Por la trascendencia del ecosistema de páramo, es necesario mantener información actualizada sobre las especies y sus atributos ecosistémicos. La aplicación del protocolo CERA-s, contribuye a complementar otras metodologías que se están desarrollando actualmente en el país para conocer, proteger, utilizar o restaurar su biodiversidad y servicios ecosistémicos, con la participación de la comunidad (Gómez *et al.* 2016).

Conclusiones

La curva de acumulación de taxones confirma la captura del 87 % de los taxones presentes en la zona muestreada, validando la técnica de muestreo para ser utilizada como piloto de futuras investigaciones en los ecosistemas de alta montaña.

La calidad hidromorfológica de la microcuenca Mamarramos es excelente (>35), confirmando las condiciones de preservación y conservación que debe tener un ecosistema de alta montaña en un área protegida.

Los resultados obtenidos de la aplicación del índice ABI califican a la microcuenca Mamarramos como muy buena, demostrando que el cuerpo hídrico presenta las condiciones adecuadas para la vida y el desarrollo de macroinvertebrados acuáticos.

De acuerdo a lo establecidos en el protocolo CERA-S, a partir de la combinación de los resultados de la evaluación de la calidad hidromorfológica con el índice ABI, la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos califica a como excelente.

Recomendaciones

En Colombia los páramos han sido afectados por prácticas de agricultura intensiva, ganadería extensiva, explotación minera y establecimiento de infraestructura por actividades antrópicas. Por esta problemática se requiere desarrollar estrategias que contribuyan a planificar y orientar el futuro de los páramos. La utilización de herramientas como el protocolo CERA-S, para evaluar la calidad ecológica de las cuencas de páramo que abastecen zonas rurales y urbanas, constituye un complemento a otras herramientas utilizadas. El presente estudio puede ser replicado periódicamente en el SFFI y en otras zonas del país, por entidades administrativas, para establecer acciones de manejo, restauración, protección y contribuir a la sostenibilidad del recurso hídrico.

Agradecimientos

Este proyecto se realizó con la financiación de la Dirección de Investigaciones y Transferencia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga (Proyecto No. 055-0615-2400) y Parques Nacionales Naturales de Colombia. Además, los autores agradecen al personal del Laboratorio de Estudios Ambientales y a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Ambiental que participaron en el proyecto: Jhonatan Duitama, Alcides Rivera, Naydú Villamizar, Diego Blanco, Oscar Rueda, Juan Camilo Orozco, Jorge Salazar, Zulma Rueda, Andrea Paba, Alejandro Rincón, Fernando Martínez, Karen Cáceres, Paola Reyes, Yohana Castro y Carlos Andrés Chiriví.

Bibliografía

- Acosta, R., M. Rieradevall, B. Ríos y N. Prat. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas de Ecuador y Perú. *Limnetica* 28 (1): 35-64.
- Arcos, M. y A. Gómez. 2006. Microalgas perifíticas como indicadores del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. *Nova* 4 (6): 60-79.
- Ávila, A. y C. Vega. 2016. Determinación de la calidad del agua de la quebrada Mamarramos (Boyacá, Colombia) relacionando los índices fisicoquímicos con los de diversidad, equidad, disimilaridad y Biological Monitoring Working Party (BMWP), en época seca. Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Ambiental, Bucaramanga, 92 pp.
- Bouchard, R. W. 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the upper midwest. Water Resources Center. Minnesota, 208 pp.
- Cabrera, M. y W. Ramírez. (Eds). 2014. Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C. Colombia, 296 pp.
- Clifford, H. F. 1991. Aquatic invertebrates of Alberta: an illustrated guide. Alberta, 538 pp.
- Colwell, R. 2009. EstimateS : Biodiversity Estimation. *Diversity*: 1-23.
- Corredor, L. y A. Forero. 2011. Biodeterioro de La Fuente de Lavapatás, Parque Arqueológico de San Agustín-Huila. Colombia. *Ge-conservación* 2: 65-80.
- Domínguez, E. y H. Fernández. 2009. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Argentina, 656 pp.
- Encalada, A. C., M. Rieradevall, B. Ríos, N. García y N. Prat. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S). Quito, 86 pp.
- Figuroa R., C. Valdovinos, E. Araya y O. Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia natural* 76: 275-85.
- Gómez, M. F., L. A. Moreno, G. I. Andrade y C. Rueda. (Eds.). 2016. Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia, 108 pp.
- González, N. A., C. Pozo, S. Ochoa, B. Gordon, E. Cambranis, O. Lara, I. Pérez y A. Ponce. 2017. Nymphalidae frugívoras (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a un ecosistema agropecuario y de bosque tropical lluvioso en un paisaje del sureste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 451-464.
- Hellawell, J. M. 1978. Biological surveillance of rivers: a biological monitoring handbook. Medmenham, Bucks.(UK); Stevenage (UK) WRC, Medmenham Lab.; WRC, Stevenage Lab., 332 pp.
- Jacobsen, D., R. Schultz y A. Encalada. 1997. Structure y diversity of stream invertebrate assemblages: The influence of temperature with altitude y latitude. *Freshwater Biology* 38 (2): 247-61.
- Jacobsen, D. 1998. The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of ecuadorian highland streams. *Archiv für Hydrobiologie* 143 (2): 179-95.
- Jacobsen, D. y A. Encalada. 1998. The macroinvertebrate fauna of ecuadorian highland streams in the wet y dry season. *Archiv für Hydrobiologie* 142 (1): 53-70.
- Jacobsen, D., S. Rostgaard y J. J. Vásconez. 2003. Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency?. *Freshwater Biology* 48 (11): 2025-2032.
- Jáimez, P., S. Vivas, N. Bonada, S. Robles, A. Mellado, M. Álvarez, J. Avilés, J. Casas, M. Ortega, I. Pardo, N. Prat, M. Rieradevall, C. E. Sáinz, A. Sánchez, M. L. Suárez, M. Toro, M. R. Vidal, C. Zamora y J. Alba. 2002. Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica* 21 (3-4): 187-204.
- Jiménez, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8 (9): 151-161.
- Loja, G. 2013. Determinación de estrategias de conservación en la subcuenca del río Yanuncay mediante el análisis de indicadores de calidad y cantidad de agua. Trabajo de grado. Universidad del Azuay, Maestría en Gestión Ambiental. Ecuador, 199 pp.
- Luna, H. 2009. Estudio preliminar del uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada Mamarramos y en un sector del río Cane en el Santuario de Fauna y Flora Iguaque. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, 142 pp.
- McCafferty, W. P., y C. R. Lugo. 1996. Taxonomy of the neotropical genus *Americabaetis*, new status (Insecta: Ephemeroptera: Baetidae). *Studies on Neotropical Fauna y Environment* 31 (3-4): 156-169. <https://doi.org/10.1076/snfe.31.3.156.13341>
- Medellin, F., M. Ramírez y M. Rincón. 2004. Trichoptera del Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Revista Colombiana de Entomología* 30 (2): 197-203.
- Merritt, R. y K. Cummins. 1996. An Introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt. Michigan, 862 pp.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. Decreto 1640 de 2 de agosto de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para planificación, ordenación y manejo de las

- cuenas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. República de Colombia, 28 pp.
- Morales, M., J. Otero, T. Van der Hammen, A. Torres, C. Cadena, C. Pedraza, N. Rodríguez, C. Franco, J. C. Betancourth, E. Olaya, E. Posada y L. Cárdenas. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 208 pp.
- Moreno, R. y S. Quintero. 2015. Reptiles del valle seco del río Magdalena (Huila, Colombia). *Caldasia* 37 (1): 183-195.
- Munné, A., C. Solá y N. Prat. 1998. Freshwater Ecology Management QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. Barcelona, 175 pp.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. Da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* (403): 853–858.
- Ocampo, A. 2013. Evaluación del estado actual de la calidad del agua de la quebrada La Jaramilla, municipio de la Tebaida, departamento del Quindío. Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. Manizales, 109 pp.
- Ospina, O. L., S. Vanegas, G. A. Escobar, W. Ramírez y J. J. Sánchez. 2015. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, 92 pp.
- Prat, N., B. Ríos, R. Acosta y M. Rieradevall. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Pp. 631-654. *En*: Domínguez, E. y H. R. Fernández (Eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, 654 pp.
- Prat, N., C. Villamarín y M. Rieradevall. 2013. Aplicación CABIRA (Calidad Biológica de los ríos Altoandinos). Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management). Universitat de Barcelona, 23 pp. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2445/36431>
- Rincón, M. 1996. Aspectos bioecológicos de los tricópteros de la quebrada Carrizal (Boyacá), Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 22 (1): 53-60.
- Ríos, B., R. Acosta y N. Prat. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families y index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical* 62: 249–73.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo para la protección del Medio Ambiente. Medellín, 217 pp.
- Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23: 375–87.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: uso del método BMWP Col. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, 170 pp.
- Salcedo, S. G. y F. A. Trama. 2014. Manual de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca San Alberto, provincia de Oxapampa. Chanchamayo. Perú, 116 pp.
- Sistema de Parques Nacionales Naturales. 2006. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Cane Iguaque. Corpoboyacá. Tunja, 33 pp.
- Springer, M., A. Ramírez y P. Hanson (Eds.). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Revista de Biología Tropical* 58 (4): 151-198.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., 236 pp.

Anexo 1. Resultados de la suma de los criterios de la calidad hidromorfológica.

| Componente | QCS01 | QCS02 | QCS03 | QCS04 | QFS01 | QFS02 | QFS03 | QFS04 | QMS01 | QMS02 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Estructura y naturalidad de la vegetación de la ribera | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Continuidad de la ribera | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Conectividad de la vegetación | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Presencia de basuras y escombros | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Naturalidad del canal | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Composición sustrato | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Cont. **Anexo 1.** Resultados de la suma de los criterios de la calidad hidromorfológica.

| Componente | QCS01 | QCS02 | QCS03 | QCS04 | QFS01 | QFS02 | QFS03 | QFS04 | QMS01 | QMS02 |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Régimen de velocidad y profundidad | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| Elementos de heterogeneidad | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Suma Hidromorfológica | 38 | 37 | 40 | 39 | 39 | 38 | 38 | 39 | 40 | 37 |

Anexo 2. Taxones colectados en la microcuenca Mamarramos, Santuario de Fauna y Flora de Iguaque.

| Clase | Orden | Familia | Género |
|--------------|----------------|--------------------|---------------|
| Oligochaeta | Haplotaxida | Tubificidae | |
| Pelecypoda | Veneroidea | Sphaeriidae | |
| Aracnoidea | Acarina | Hydrachnidiae | |
| | Araneae | Pisauridae | |
| Malacostraca | Amphipoda | Hyaellidae | Hyaella |
| | Decapoda | Pseudothelphusidae | |
| | Isopoda | | |
| Turbelaria | Seriata | Planariidae | |
| Bivalvia | Veneroidea | Sphaeriidae | |
| Gastropoda | Mesogastropoda | Ampullariidae | |
| Diplopoda | Polydesmida | Polydesmidae | |
| Gordioidea | Chordodea | Chordodidae | |
| Insecta | | Entomobryidae | |
| | Collembola | Isotomidae | |
| | | Poduridae | |
| | Blattodea | Blattidae | |
| | | Baetidae | |
| | Ephemeroptera | Leptohiphidae | Leptphyphes |
| | | | Vacupernius |

Cont. **Anexo 2.** Taxones colectados en la microcuenca Mamarramos, Santuario de Fauna y Flora de Iguaque.

| Clase | Orden | Familia | Género | |
|---------|-----------------|-----------------|--------------|----------|
| Insecta | Ephemeroptera | Leptohyphidae | Farrodes | |
| | Plecoptera | Perlidae | Anacroneuria | |
| | Lepidoptera | Pyralidae | | |
| | Odonata | Synlestidae | | |
| | | Libellulidae | | |
| | Diptera | Psychodidae | | |
| | | Ceratopogonidae | | Sp1 |
| | | Chironomidae | | Sp2 |
| | | | | Sp3 |
| | | | | |
| | | Empididae | | |
| | | Ephydriidae | | |
| | | Dixidae | | |
| | | Dolichopodidae | | |
| | | Muscidae | | |
| | | Simuliidae | | Simulium |
| | | Tabanidae | | |
| | | Tipulidae | | Hexatoma |
| | | | | Sp1 |
| | Blephariceridae | | | |
| | Coleoptera | Chrysomelidae | | |
| | | Curculionidae | | |
| | | Lampyridae | | |
| | | Staphylinidae | | |
| | | Scirtidae | | |
| | | Elmidae | | |

Cont. **Anexo 2.** Taxones colectados en la microcuencia Mamarramos, Santuario de Fauna y Flora de Iguaque.

| Clase | Orden | Familia | Género |
|--------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| Insecta | Coleoptera | Psephenidae | Psephenops |
| | | Ditiscidae | |
| | | Ptilodactilidae | |
| | | Hydrophilidae | |
| | | Torridincolidae | |
| | Trichoptera | Hydropsychidae | Calasopsyche Sp1 |
| | | Anomalopsychidae | |
| | | Philopotamidae | |
| | | Polycentropodidae | Cyrellus Polycentropus |
| | | | |
| | | Calamoceratidae | Phylloicus Sp1 |
| | | | |
| | | Glossosomatidae | Culoptila |
| | | | Mortinella |
| | | | Protoptila |
| | | | Sp1 |
| | | | Atopsyche |
| | | | Sp1 |
| | Helicopsychidae | | Helicopsyche |
| | Leptoceridae | Atanatolica | |
| | | Grumicha | |
| | | Grumichella | |
| | | Nectopsyche | |
| Sp1 | | | |
| Triplectides | | | |

Cont. **Anexo 2.** Taxones colectados en la microcuenca Mamarramos, Santuario de Fauna y Flora de Iguaque.

| Clase | Orden | Familia | Género |
|---------|-------------|------------------|--------|
| Insecta | Trichoptera | Xiphocentronidae | |
| | | Hydroptilidae | |

Anexo 3. Quebrada Carrizal (QCS01).



Anexo 4. Quebrada Carrizal (QCS03).



Anexo 5. Quebrada Carrizal (QCS04).



Anexo 6. Quebrada Los Francos (QFS01).



Anexo 7. Quebrada Los Francos (QFS02).



Anexo 8. Quebrada Los Francos (QFS03).



Anexo 9. Quebrada Los Francos (QFS04).



Anexo 10. Quebrada Mamarramos (QMS01).



Cont. Anexo 10. Quebrada Mamarramos (QMS01).



Anexo 11. Quebrada Carrizal (QCS02).



Anexo 12. Quebrada Mamarramos (QMS02).



Yolanda Gamarra

Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Pontificia Bolivariana,
Bucaramanga, Santander, Colombia
yolanda.gamarra@upb.edu.co

Ricardo Restrepo

Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Pontificia Bolivariana,
Bucaramanga, Santander, Colombia
restrepo.manrique@gmail.com

Alexandra Cerón-Vivas

Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Pontificia Bolivariana,
Bucaramanga, Santander, Colombia
alexandra.ceron@upb.edu.co

Maryory Villamizar

Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Pontificia Bolivariana,
Bucaramanga, Santander, Colombia
maryory.villamizar@upb.edu.co

Reinaldo Arenas

Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Pontificia Bolivariana,
Bucaramanga, Santander, Colombia
reynaldo.arenas@upb.edu.co

Claudia Isabel Vega

Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Pontificia Bolivariana,
Bucaramanga, Santander, Colombia
claudia.vegasuarez@gmail.com

Andrea Alexandra Ávila

Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Pontificia Bolivariana,
Bucaramanga, Santander, Colombia
andrea.20_93@hotmail.com

Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia

Citación del artículo: Gamarra, Y., R. Restrepo, A. Cerón-Vivas, M. Villamizar, R. Arenas, C. I. Vega y A. A. Ávila. 2017. Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 11 – 29. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a02.

Recibido: 01 de diciembre de 2016
Aprobado: 03 de agosto de 2017

Nuevos registros de líquenes (Familia Graphidaceae) para Colombia

New lichen records (Family Graphidaceae) for Colombia

Edier A. Soto-Medina, Robert Lücking y Alba M. Torres

Resumen

Se presentan 21 nuevos registros de Graphidoideae (Graphidaceae) para Colombia y siete para el Valle del Cauca. Estos nuevos reportes corresponden a los géneros *Ampliotrema*, *Chapsa*, *Gyrotrema*, *Myriotrema*, *Ocellularia*, *Stegobolus*, *Thelotrema* y *Wirthiotrema*. Se amplía a cinco las especies conocidas de *Ampliotrema* para el país, a 14 las de *Chapsa*, a tres las de *Gyrotrema*, a 11 las de *Myriotrema*, a 29 las de *Ocellularia*, a siete las de *Stegobolus* y a dos las de *Wirthiotrema*. Todas estas especies son indicadoras de buen estado de conservación de bosques húmedos tropicales, encontrándose solamente en bosques húmedos de elevaciones bajas en muy buen estado de conservación.

Palabras clave. Chocó Biogeográfico. Graphidaceae thelotremoides. Graphidoideae. Hongos liquenizados.

Abstract

21 new records of lichens from the family Graphidoideae (Graphidaceae) for Colombia and seven for the state of Valle del Cauca are presented. These new reports correspond to the genera *Ampliotrema*, *Chapsa*, *Gyrotrema*, *Myriotrema*, *Ocellularia*, *Stegobolus*, *Thelotrema*, and *Wirthiotrema*. These records expand the list of known species for the country of *Ampliotrema* to 5, *Chapsa* to 14, *Gyrotrema* to 3, *Myriotrema* to 11, *Ocellularia* to 29, *Stegobolus* to 7, and *s* to 2. All these species are conservation indicators for tropical humid forests, for they are found only in low elevation humid forests that are in very good state.

Key words. Biogeographic Chocó. Graphidaceae thelotremoides. Graphidoideae. Lichenized fungi.

Introducción

La familia Graphidaceae es la segunda más grande de hongos liquenizados y es uno de los grupos más diversos en los trópicos con más de 1600 especies (Staiger 2002, Frisch *et al.* 2006, Archer 2006, 2007, 2009, Lücking y Rivas-Plata 2008, Lücking *et al.* 2008, 2009, Mangold *et al.* 2008, Rivas-Plata *et al.* 2008). Está comprendida por líquenes costrosos, con una gran variedad de estructuras reproductivas que van desde lirelas, apotecios de variadas formas y ascomas

estromáticos. Esta familia fue reevaluada recientemente y ahora incluye otras familias (Asterothyriaceae, Gomphillaceae, Thelotremataceae) con un gran número de especies. De esta forma, la nueva clasificación de la familia incluye las subfamilias Fissurinoideae, Gomphilloideae, Graphidoideae (tribus Graphideae, Ocellularieae, Thelotremateae) (Rivas-Plata *et al.* 2011). Además, esta familia tiene especies que son indicadoras de contaminación y continuidad ecológica, lo cual es muy útil para evaluar estados de conservación

de bosques en los trópicos (Rivas-Plata *et al.* 2008).

Para Colombia, se reportan ca. 276 especies de Graphidaceae, sin embargo, la familia se ha estudiado poco en el país (Rangel y Aguirre 2008), y sólo hay dos estudios en este grupo: nuevos registros de Graphis para Colombia (Rincón-Espitia y Lucking 2011) y un estudio ecológico realizado en un bosque de roble y eucalipto (Ardila *et al.* 2015). Las especies de Graphidaceae son un componente importante de registros ecológicos o biogeográficos, sin embargo, no hay más investigaciones en Colombia dirigidas a la familia. De esta forma, el objetivo de este estudio es dar a conocer nuevos registros de Graphidaceae-Graphidoideae para Colombia.

Material y métodos

Se evaluaron colecciones realizadas principalmente en la región pacífica colombiana del Chocó y Valle del Cauca, depositadas en el Herbario CUVC de la Universidad del Valle. Para la identificación de los especímenes, se estudió la morfología del talo, la presencia de estructuras vegetativas y forma de apotecios. También se observaron caracteres microscópicos en un microscopio Olympus BX40, como la anatomía de los apotecios, presencia de inspersión en el himenio y tamaño; para las ascosporas se observó el tipo septación, coloración y tamaño, y pruebas químicas con lugol. La morfometría fue medida con una regla micrométrica. Se realizaron pruebas químicas de KOH y PD. Se tomaron fotografías, tanto de los talos como de la estructuras al microscopio, con una cámara Canon PowerShot SX160. El tratamiento taxonómico se realizó siguiendo a Sipman *et al.* (2012).

Resultados y discusión

Se presentan 21 nuevos registros de Graphidaceae thelotremoides para Colombia, los cuales fueron colectados principalmente en zonas del Chocó Biogeográfico (Rangel y Aguirre 2008, Lücking *et al.* 2014, Mercado-Díaz 2014, Peláez *et al.* 2014, Soto Medina *et al.* 2015). Estos nuevos registros corresponden a los géneros *Ampliotrema*, *Chapsa*,

Gyrotrema, *Myriotrema*, *Ocellularia*, *Rhabdodiscus*, *Stegobolus*, *Thelotrema* y *Wirthiotrema*. Con estos, se amplían a cinco las especies conocidas de *Ampliotrema* para el país, a 14 las de *Chapsa*, a tres las de *Gyrotrema*, a 11 las de *Myriotrema*, a 29 las de *Ocellularia*, a siete las de *Stegobolus* y a dos las de *Wirthiotrema*. Las especies de este grupo de líquenes son más frecuentes en bosques húmedos tropicales de elevaciones bajas (Rivas-Plata *et al.* 2008, Sipman *et al.* 2012). Los géneros *Ampliotrema* y *Gyrotrema* han sido colectados en Colombia solamente en bosques muy húmedos de zonas bajas (Chocó Biogeográfico y Amazonas), mientras que *Myriotrema*, *Ocellularia*, *Stegobolus* y *Thelotrema* se encuentran en un mayor rango altitudinal y de ecosistemas.

Por otro lado, las especies de estos grupos están asociadas principalmente a zonas en buen estado de conservación, mientras que son escasos en ecosistemas perturbados, por lo tanto sirven como bioindicadores sobre el estado de preservación de bosques (Rivas Plata *et al.* 2008). Las especies de *Ampliotrema*, *Gyrotrema*, *Rhabdodiscus* y *Stegobolus* son particulares de sitios muy conservados o prístinos, mientras que las de los otros géneros pueden extenderse a bosques secundarios o parcialmente perturbados.

A continuación, se describen las especies de Graphidaceae thelotremoides reportadas. Las especies marcadas * son nuevos registros para Colombia.

Ampliotrema amplius (Nyl.) Kalb

Talo costroso, verde oliva claro, liso; apotecios sésiles, redondos, 1 mm diámetro, con margen entero, negro parduzco y cubierto por talo; poro abierto, disco con pruina gris; himenio insperso, 100 µm alto; ascosporas hialinas, 9 septos, fusiformes, amiloides purpura, 25 × 8 µm. Talo PD+ naranja, K- (Figura 1).

Distribución: Amazonas, Cauca, Guaimía, Nariño y Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 4 m, Edier Soto-

Medina 2589, 2603.

***Ampliotrema discolor* (Ach.) Kalb**

Talo costroso, verde oliva grisáceo, liso; apotecios sésiles, redondo, 1 mm diámetro, con margen entero, negro parduzco y cubierto por talo; poro abierto, disco con pruina blanca naranja; himenio insperso, 100 μm alto; ascosporas hialinas, 7 septos, fusiformes, 26 \times 8 μm . Talo PD naranja rojizo, K-, pigmento del apotecio K+ purpura (Figura 1).

Distribución: Cundinamarca y Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 4 m, Edier Soto-Medina 2597.

***Ampliotrema lepadinoides* (Leight.) Kalb**

Talo costroso, verde grisáceo, liso; apotecios sésiles, redondo, 2 mm diámetro, con margen entero, negro parduzco y cubierto por talo; poro abierto, disco con pruina naranja; himenio insperso, 150 μm alto; ascosporas hialinas, 15 septos, 80 \times 11 μm . Talo PD naranja rojizo, K-, pigmento del apotecio K+ purpura (Figura 1).

Distribución: Amazonas y Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 4 m, Edier Soto-Medina 2601, 2657.

****Ampliotrema palaeoamplius* (Aptroot & Sipman) Kalb**

Talo costroso, verde oliva claro, liso; apotecios sésiles, redondos, 1-1,5 mm diámetro, con margen entero, negro parduzco y cubierto por talo; poro abierto, disco con pruina gris; himenio insperso, 250 μm alto; ascosporas hialinas, 16 septos, oblonga, 78 \times 16 μm . Talo PD naranja rojizo, K- (Figura 1).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 4 m, Edier Soto-Medina 2602, 2604, 2620, 2726.

****Ampliotrema panamense* (Hale) Sipman & Lücking**

Talo costroso, verde oliva claro, verrugoso; apotecios sésiles, redondo, 1 mm diámetro, con margen entero, negro parduzco y cubierto por talo; poro abierto, disco con pruina amarillo naranja; himenio insperso, 100 μm alto; ascosporas marrones, submuriformes, fusiformes, 24 \times 10 μm . Talo PD naranja rojizo, K-, pigmento del apotecio K+ purpura (Figura 1).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 4m, Edier Soto-Medina 2600.

***Astrochapsa platycarpella* (Vain.) Parnmen, Lücking & Lumbsch**

Talo costroso, verde oliva grisáceo, liso; apotecios erumpentes, angular-redondeados, 0.5-2 mm diámetro, con margen lobado, pardo; disco expuesto, pardo claro con pruina gris plateada; himenio claro, 40 μm alto; ascosporas hialinas, elipsoides, no amiloides, 3-4 septos, 13 \times 4 μm . Talo K-, C- y PD-.

Distribución: Cauca, Nariño y Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2450, 2451, 2454, 2455, 2456, 2458, 2461, 2464, 2465, 2468, 2470, 2474, 2477.

****Astrochapsa lassae* (Mangold) Parnmen, Lücking & Lumbsch**

Talo costroso, verde oliva grisáceo, liso; apotecios erumpentes, angular-redondeados, 0.5-1 mm diámetro, con margen lobado, pardo pálido; disco expuesto, rosado; himenio claro, 40 μm alto; ascosporas hialinas,

elipsoides, 3 septos, no amiloides, $12 \times 4 \mu\text{m}$. Talo K-, C- y PD-.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2443, 2448, 2449, 2475.

Distribución: Valle del Cauca.

****Chapsa diploschistoides* (Zahlbr.) Frisch**

Talo costroso, blanco, ecorticado; apotecios erumpentes, angular-redondeados, 0.5-1 mm diámetro, con margen lobado, blanco, pardo pálido; disco expuesto, rosado, pruina blanca; himenio claro, $40 \mu\text{m}$ alto; ascosporas hialinas, elipsoides, 8 septos, no amiloides, $20 \times 5 \mu\text{m}$. Talo K-, C- y PD- (Figura 1).

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Dagua, El Queremal, ca. 1600m, Edier Soto-Medina, 2434.

Distribución: Valle del Cauca.

****Chapsa phlyctidioides* (Müll. Arg.) Mangold**

Talo costroso, verde grisáceo, liso; apotecios erumpentes, angular-redondeados, 0.3-0.7 mm diámetro, agregados, con margen lobado, pardo pálido con abundante pruina blanca; disco expuesto, pardo con pruina blanca; himenio claro, $70 \mu\text{m}$ alto; ascosporas hialinas, elipsoides, no amiloides, 3-4 septos, $18 \times 6 \mu\text{m}$. Talo K+ amarillo, C- y PD+ naranja.

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2442.

***Chapsa sublilacina* (Ellis & Everh.) M. E. S. Cáceres & Lücking**

Talo costroso, verde oliva, liso; apotecios erumpentes, angular-redondeados, 0.5-1 mm diámetro, con margen

lobado, pardo pálido; disco expuesto, rosado; himenio claro, $160 \mu\text{m}$ alto; ascosporas hialinas, elipsoides, amiloides, 15-17 septos, $100 \times 12 \mu\text{m}$. Talo K+ amarillo, C-, KC-, PD+ naranja (Figura 1).

Distribución: Nariño y Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, s.n.

****Chapsa sublilacina* var. *cyanea* Lücking**

Talo costroso, verde oliva, liso; apotecios erumpentes, angular-redondeados, 0.5-1 mm diámetro, con margen lobado, pardo pálido; disco expuesto, azul claro; himenio claro, $160 \mu\text{m}$ alto; ascosporas hialinas, elipsoides, amiloides, 15-17 septos, $100 \times 12 \mu\text{m}$. Talo K+ amarillo, C-, KC-, PD+ naranja (Figura 2).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, s.n.

****Gyrotrema album* Kalb**

Talo costroso, verde oliva, liso; apotecios erumpentes, irregulares, 1-4 mm diámetro, con margen lobulado, negro; disco expuesto columnela cubierta por pruina blanca a naranja; himenio claro, $100 \mu\text{m}$ alto; ascosporas hialinas, superficie ondulada, 5-6 septos, fusiformes, $20-24 \times 7 \mu\text{m}$ (Figura 2).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, s.n.

****Gyrotrema wirthii* Rivas Plata, Lücking & Lumbsch**

Talo costroso, verde oscuro, liso; apotecios erumpentes, irregulares, 1-4 mm diámetro, con margen lobulado

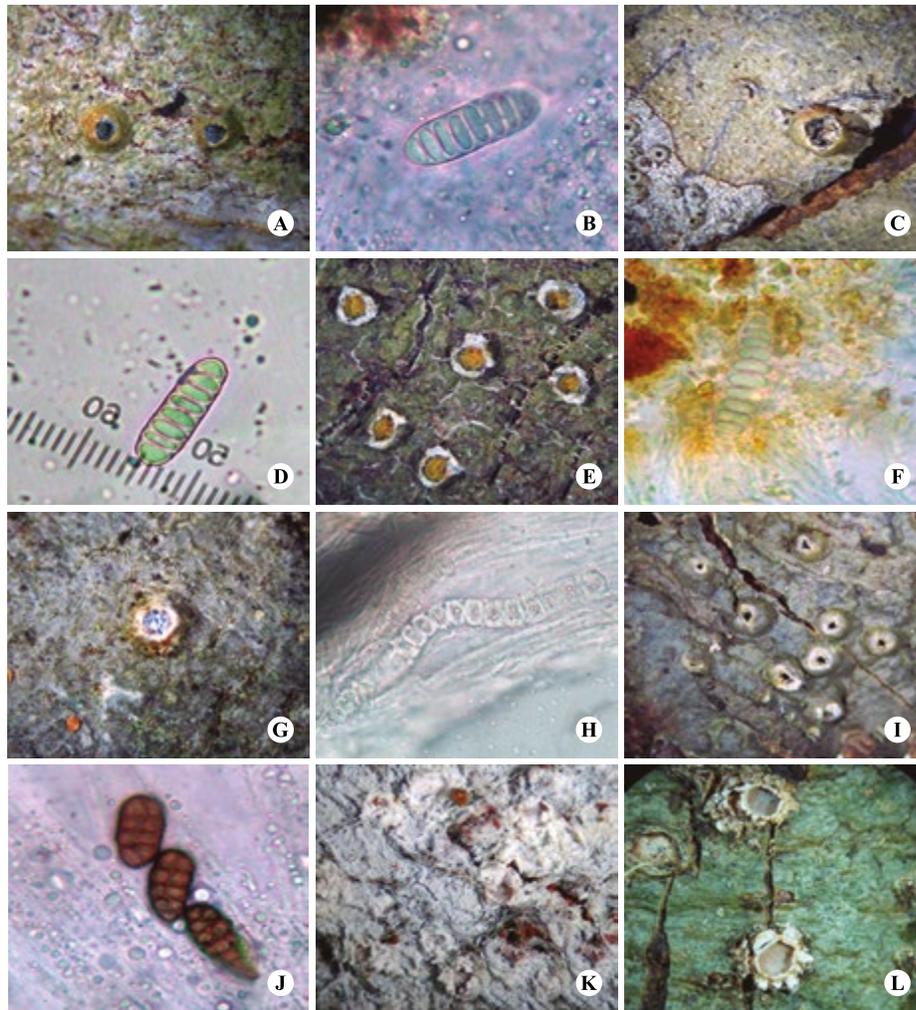


Figura 1. Talos y esporas de los nuevos reportes de la familia Graphidaceae A y B) *Ampliotrema amplius*. C) *A. discolor*. D) ascosporas de *A. discolor*. E) *A. lepadinoides*. F) ascosporas de *A. lepadinoides*. G) apotecios de *A. palaeoamplius*. H) ascospora de *A. palaeoamplius*. I) apotecios de *A. panamense*. J) ascosporas de *A. panamense*. K) apotecios de *Chapsa diplochistoides*. L) apotecios de *C. sublilacina*.

a recurvado, verde oscuro; disco expuesto, rojo cinabarino; himenio claro, 100 μm alto; ascosporas hialinas, superficie ondulada, 5-6 septos, fusiformes, amiloides purpura, 20-24 \times 7 μm . Talo K-, C-, PD-, pigmento del apotecio K+ purpura.

Distribución: Antioquia y Valle del Cauca.

Material estudiado: Antioquia, PNN Los Katíos, Martín Llano, s.n.

****Myriotrema frondosolucens* Lücking**

Talo costroso, verde grisáceo, liso; con esquizidios de 2-3 mm; apotecios ausentes. Talo K+ amarillo, C-, KC-, PD+ naranja (Figura 2).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2587, 2635, 2640, 2641.

***Myriotrema neofrondosum* Sipman**

Talo costroso, verde grisáceo, liso; con esquizidios de 2-4 mm, arreglados en agregados como pústulas; apotecios ausentes. Talo K-, C-, KC-, PD+ naranja-rojo (Figura 2).

Distribución: Nariño y Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2266, 2267, 2599, 2683.

****Ocellularia albobullata* Lücking, Sipman & Grube**

Talo costroso, gris blanco, bulado; apotecios prominentes, redondeados a irregulares, 1-1.3 mm diámetro, con margen anulado, blanco, cubierto por talo; disco expuesto con pseudocolumnela irregular con capa blanca; himenio claro, 70 µm alto; ascosporas hialinas, elipsoides, amiloides purpura, 4 septos, 18 × 7 µm. Talo K-, C-, KC-, PD+ amarillo brillante (Figura 2).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, Isla Palma, ca. 7m, Edier Soto-Medina, s.n.

***Ocellularia crocea* (Kremp.) Overeem & D. Overeem**

Talo costroso, gris amarillento, liso, médula amarilla; apotecios prominentes, redondeados, 0.5-1 mm diámetro, con margen entero a fisurado, cubierto por talo; sin columnela; himenio claro, 100 µm alto; ascosporas hialinas, elipsoides, amiloide purpura, 3-5 septos, 18 × 7 µm. Talo K+ purpura (médula), C-, KC-, PD- (Figura 2).

Distribución: Caquetá y Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de

Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2575, 2577, 2591, 2677, 2709, 2723, 2731, 2749, 2760, 2761, 2762.

****Ocellularia fecunda* (Vain.) Hale**

Talo costroso, verde grisáceo, liso, médula amarillo claro; apotecios prominentes, redondeados, 1-1.5 mm diámetro, con margen verrugoso, cubierto por talo; poro 0.2-0.5 mm ancho; columnela simple, carbonizada; himenio claro, 150 µm alto; ascosporas hialinas, oblongas con apéndices en los extremos, amiloides purpura, 23 septos, 140 × 18 µm. Talo K-, C-, KC-, PD+ naranja-rojo.

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2575, 2577, 2591, 2677, 2709, 2723, 2731, 2749, 2760, 2761, 2762.

****Ocellularia inspersula* Lücking & Aptroot**

Talo costroso, verde claro, liso; apotecios prominentes, redondos, 0.5-1 mm ancho, margen del poro pardo oscuro, 0.2-0.4 mm ancho; disco pardo negruzco con pruina blanca; pseudocolumnela presente, sin color; himenio insperso, 90 µm alto; ascosporas marrones, 8 por asca, fusiformes, 4-5 septos, amiloides violeta, 14-15 × 6 µm. Talo K-, C-, KC-, PD+ naranja-rojo (Figura 2).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2583, 2590, 2607.

****Ocellularia pluriporoides* Homchantara & Coppins**

Talo costroso, verde grisáceo, liso; apotecios erumpentes, redondeados, 0.6-1 mm diámetro, con margen entero pardo pálido, cubierto por talo; poro

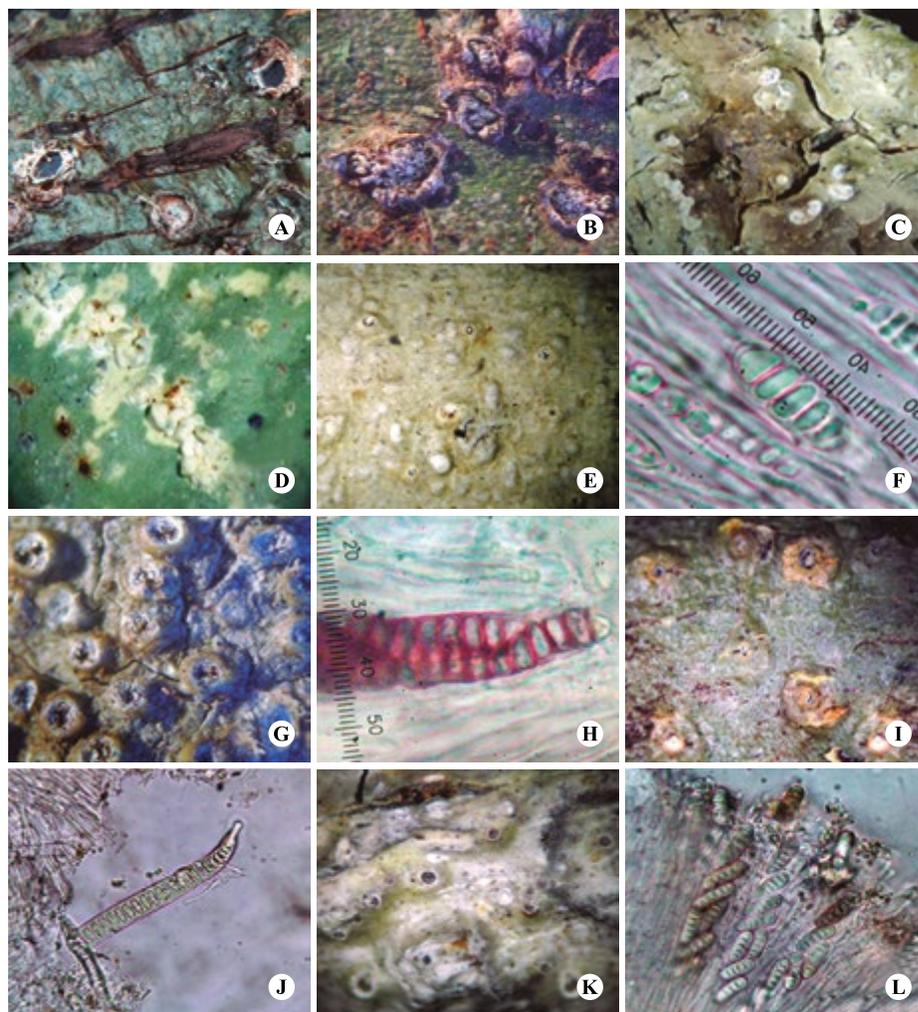


Figura 2. Talos y ascosporas de especímenes de la familia Graphidaceae **A)** *Chapsa sublilacina* var. *cyanea*. **B)** *Gyrotrema álbum*. **C)** esquizidios de *Myriotrema frondosolucens*. **D)** esquizidios de *M. neofrondosum*. **E)** *Ocellularia albobullata*. **F)** *O. albobullata*. **G)** apotecios de *O. crocea*. **H)** ascosporas de *O. crocea*. **I)** apotecios con medula amarilla naranja de *O. fecunda*. **J)** ascosporas de *O. fecunda*. **K)** apotecios de *O. inspersula*. **L)** ascosporas de *O. inspersula*.

0.05-0.2 mm ancho; columnela simple, carbonizada; himenio claro, 100 μm alto; ascosporas hialinas, oblongas con apéndices en los extremos, amiloides purpura, 11 septos, 44-46 \times 11 μm . Talo K-, C-, KC-, PD+ amarillo brillante (Figura 3).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2582, 2592, 2593.

****Ocellularia subpyrenuloides* Lücking**

Talo costroso, gris amarilloso, liso; apotecios erumpentes, redondeados, 0.5 mm diámetro, con margen entero blanco amarilloso, cubierto lateralmente por talo; poro 0.1-0.2 mm ancho; columnela simple, carbonizada; himenio claro, 90 μm alto; ascosporas hialinas, oblongas con apéndices en los extremos, amiloides purpura, 7 septos, 22 \times 7 μm . Talo K-, C-, KC-, PD- (Figura 3).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, Isla Palama, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 1610. Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2746.

****Ocellularia vulcanisorediata* Mercado-Díaz, Lücking & Parnmen**

Talo costroso, verde oscuro, liso; soraliós cónicos, con base lisa y soredios de color verde pálido; apotecios ausentes. Talo K-, C-, KC-, PD- (Figura 3).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2352, 2594, 2636, 2655, 2676, 2725, 2738, 2741, 2744, 2755, 2770, 2874, 2879, 3070.

***Ocellularia xanthostroma* (Nyl.) Zahlbr**

Talo costroso, gris amarilloso, liso; apotecios erumpentes, redondeados, 0.5 mm diámetro, con margen entero blanco amarilloso, cubierto lateralmente por talo; poro 0.1-0.2 mm ancho; columnela simple, carbonizada; himenio claro, 90 μm alto; ascosporas hialinas, oblongas con apéndices en los extremos, 7 septos, $22 \times 7 \mu\text{m}$. Médula con pigmento naranja K- (Figura 3).

Distribución: Nariño, Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2612.

***Rhabdodiscus auberianus* (Nyl.) Vain**

Talo costroso, verde oliva, liso; apotecios sésiles, redondeados-angulares a irregulares, 1-3 mm diámetro, verde grisáceo, con margen fisurado pardo negruzco

con pruina blanca, disco cubierto por una columnela lobulada de color pardo negruzco, cubierta por pruina blanca; himenio claro, 100 μm alto; ascosporas hialinas, elipsoides, amiloides purpura, 3-5 septos, $13 \times 7 \mu\text{m}$. Talo K-, C-, KC- y PD+ amarillo brillante (Figura 3).

Distribución: Caquetá, Nariño y Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2567, 2570.

****Rhabdodiscus isidiifer* (Hale) Rivas Plata, Lücking & Lumbsch**

Talo costroso, gris blanquecino, liso, con isidios horizontales y adheridos al talo; apotecios prominentes, angular redondeados, 1-1.3 mm diámetro, con margen entero; poro abierto, disco con columnela pardo negruzca cubierta por pruina blanca; himenio claro, 100 μm alto; ascosporas hialinas, superficie ondulada, 6 septos, oblonga, amiloides purpura, $18 \times 9 \mu\text{m}$ (Figura 3).

Distribución: Valle.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Trujillo, Andinapolis, zona amortiguadora del páramo del Duende, ca. 1850m, Edier Soto-Medina, sn.

****Rhabdodiscus integer* (Müll. Arg.) Rivas Plata, Lücking & Lumbsch**

Talo costroso, verde grisáceo, liso; apotecios prominentes, redondos, 1-1.3 mm diámetro, con margen entero, gris parduzco y cubierto por pruina salmón; poro abierto, disco con columnela pardo negruzca, en forma de poste, cubierta por pruina salmón; himenio claro, 100 μm alto; ascosporas hialinas, superficie ondulada, 6 septos, oblonga, amiloides purpura, $18 \times 9 \mu\text{m}$ (Figura 3).

Distribución: Antioquia.

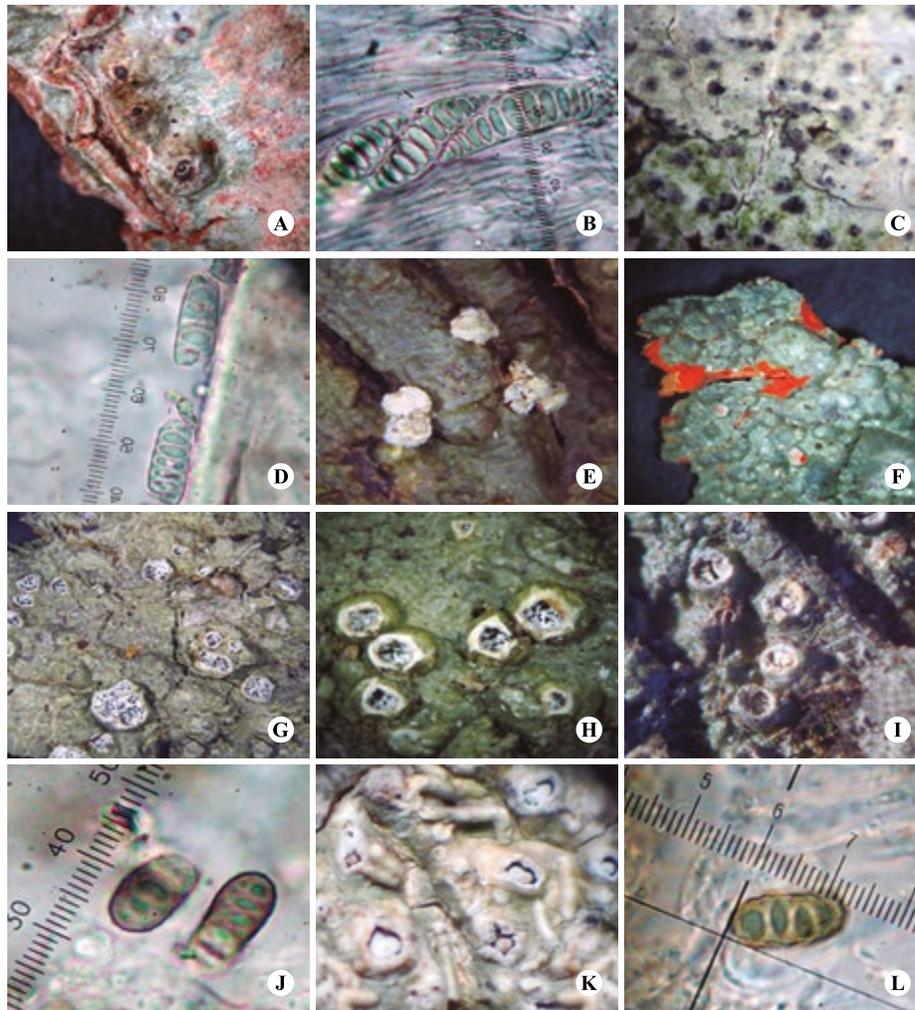


Figura 3. Talos y ascoporas de A) apotecios de *Ocellularia pluriporoides*. B) ascoporas de *O. pluriporoides*. C) apotecios de *O. subpyrenuloides*. D) ascoporas de *O. subpyrenuloides*. E) soralias de *O. vulcanisorediata*. F) talo con médula naranja de *O. xanthostroma*. G) apotecios de *Stegobolus anamorphoides*. H) apotecios de *Rhabdodiscus auberianus*. I) apotecios de *R. lankaensis*. J) ascoporas de *R. integer*. K) apotecios de *R. isidiifer*. L) ascoporas de *R. isidiifer*.

Material estudiado: Antioquia., PNN Los Katíos, Martín Llano, s.n.

****Rhabdodiscus lankaensis* (Hale) Lücking.**

Talo costroso, verde grisáceo, liso; apotecios prominentes, redondos, 1-1.3 mm diámetro, con margen entero, gris parduzco y cubierto por pruina salmón; poro abierto, disco con columnela pardo negruzca, en forma de poste, cubierta por pruina salmón; himenio

claro, 100 μm alto; ascoporas hialinas, superficie ondulada, 6 septos, oblonga, $18 \times 9 \mu\text{m}$ (Figura 3).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2624.

****Rhabdodiscus tanzanicus* (Frisch) Pushpi Singh.**

Talo costroso, verde oliva claro, liso; isidios cilíndricos, postrados sobre el talo; apotecios prominentes, redondos, 0,5-1 mm diámetro, con margen fisurado, gris parduzco y cubierto por pruina blanca; poro abierto, disco con columnela pardo negruzca, en forma de poste o reticulada, carbonizada; himenio claro, 100 μm alto; ascosporas marrones, superficie ondulada, 3-4 septos, oblonga, 17-20 \times 7 μm . Talo K-, C-, KC- y PD+ amarillo brillante (Figura 3).

Distribución: Antioquia.

Material estudiado: Antioquia, PNN Los Katíos, Martín Llano, s.n.

****Stegobolus anamorphoides* (Nyl.) Lücking**

Talo costroso, verde oliva, liso; apotecios sésiles, redondeados a irregulares, 1-3 mm diámetro, con margen fisurado a lobulado, verde grisáceo; disco expuesto con columnela reticulada de color pardo negruzco, cubierta por pruina blanca; himenio claro, 100 μm alto; ascosporas hialinas, elipsoides, 3-5 septos, amiloides purpura, 13 \times 7 μm . Talo K-, C-, KC- y PD+ amarillo brillante.

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2566, 2568, 2569, 2571.

****Stegobolus wrightii* (Tuck.) Frisch**

Talo costroso, verde oliva, liso; apotecios sésiles, redondeados a irregulares, 1-4 mm diámetro, con margen entero, pardo rosado y con pruina blanca; disco expuesto con columnela reticulada de color pardo rosado y con pruina blanca escasa; himenio claro, 100 μm alto; ascosporas hialinas, superficie ondulada, submuriformes, ovoides, amiloides purpura, 18 \times 8 μm . Talo K-, C-, KC- y PD+ amarillo brillante (Figura 4).

Distribución: Antioquia.

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Buenaventura, playa Chucheros, ca. 7m, Edier Soto-Medina, 2566, 2568, 2569, 2571.

***Thelotrema monosporum* Nyl.**

Talo costroso, blancuzco, liso; apotecios erumpentes, redondos, 0.5-1 mm ancho, margen del poro pardo oscuro; disco pardo negruzco con pruina blanca, ondulado, poro 0.1-0.3 mm ancho; columnela ausente; himenios claro, 130 μm alto; ascosporas marrones, 1-4 por asca, oblongas a fusiformes, muriformes, marrones, no amiloides, 50-80 \times 18 μm . Talo K-, C-, KC- y PD- (Figura 4).

Distribución: Cundinamarca y Valle del Cauca.

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Dagua, El Queremal, ca. 1500 m, Edier Soto-Medina, sn.

****Thelotrema pachysporum* Nyl.**

Talo costroso, blancuzco, liso; apotecios erumpentes, redondos, 0.5-2 mm ancho, margen del poro pardo oscuro; disco pardo negruzco con pruina blanca; columnela ausente; himenios claro, 130 μm alto; ascosporas marrones, 8 por asca, fusiformes con superficie ondulada y extremos agudos, 14-16 septos, amiloides azul, 50 \times 12 μm . Talo K-, C-, KC- y PD- (Figura 4).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Dagua, El Queremal, ca. 1500 m, Edier Soto-Medina, 2617.

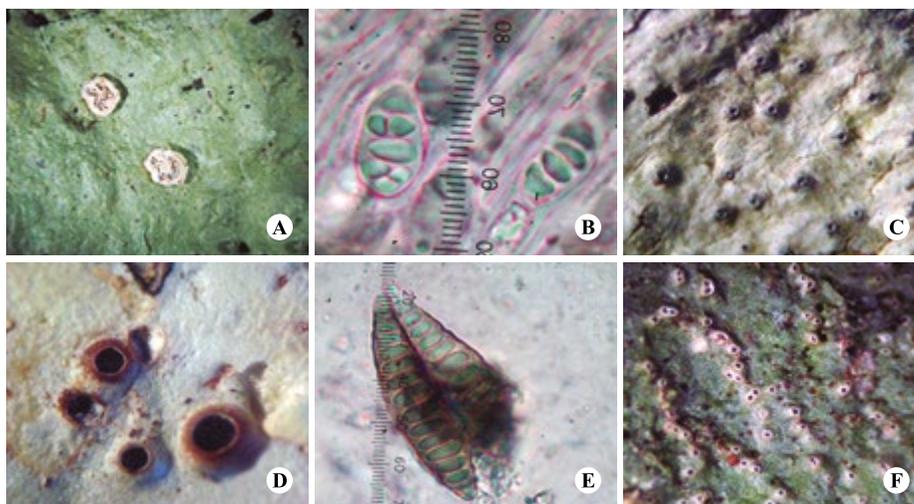


Figura 4. Talos y ascosporas de A) apotecios de *Stegobolus wrightii*. B) ascosporas de *S. wrightii*. C) apotecios de *Thelotrema monosporum*. D) apotecios de *T. pachysporum*. E) ascosporas de *T. pachysporum*. F) talo de *Wirthiotrema duplomarginatum*.

****Wirthiotrema duplomarginatum* Lücking, Mangold & Lumbsch**

Talo costroso, oliva grisáceo liso; apotecios inmersos a erumpentes, redondos, 0.3-0.5 mm ancho, margen del poro entero a fisurado; disco pardo pálido; columnela ausente; himenio claro, 80 μm ; ascosporas marrones, 8 por asca, muriformes, no amiloides, $22 \times 8 \mu\text{m}$. Talo K+ amarillo, C-, KC- y PD+ naranja (Figura 4).

Distribución: Valle del Cauca.

Material estudiado: Valle del Cauca, municipio de Dagua, El Queremal, ca. 1500 m, Edier Soto-Medina, 2614, 2663.

Conclusiones

Estos nuevos registros muestran que las Graphidaceae thelotremoides son poco conocidas en Colombia y se requiere de más estudios en zonas de elevaciones bajas, para así establecer cuál es la composición y riqueza de esta subfamilia en el país. Además, este trabajo puede constituir una guía para futuros estudios en zonas de bosque húmedo tropical que traten de medir el impacto antropogénico o contaminación, ya que las especies

aquí mencionadas son indicadoras de muy buen estado de conservación de bosques.

Agradecimientos

A la Universidad del Valle por la financiación de esta investigación, en el marco de la Convocatoria Interna 2013 de la Vicerrectoría de Investigaciones. A Martín Llano Almario por la recolecta de parte del material.

Bibliografía

- Archer, A. W. 2006. The lichen family Graphidaceae in Australia. *Bibliotheca Lichenologica* 94: 1–191.
- Archer, A. W. 2007. Key and checklist for the lichen family Graphidaceae (lichenised Ascomycota) in the Solomon Islands. *Systematics And Biodiversity*: 9–22.
- Archer, A. W. 2009. Graphidaceae. *Flora of Australia* 57: 84–194.
- Ardila-Rios, A. I., B. Moncada y R. Lücking. 2015. Epiphyte homogenization and dediversification on alien Eucalyptus versus native *Quercus* forest in the Colombian Andes: a case study using lirellate Graphidaceae lichens. *Biodiversity and Conservation* 24: 1239-1252.
- Frisch, A., K. Kalb y M. Grube. 2006. Contributions towards a new systematics of the lichen family Thelotremataceae. *Bibliotheca Lichenologica* 92: 1–539
- Lücking, R. y E. Rivas-Plata. 2008. Clave y guía ilustrada para géneros de Graphidaceae. *Glalia* 1: 1–41.

- Lücking, R., J. L. Chaves, H. J. M. Sipman, L. Umaña y A. Aptroot. 2008. A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica: the genus *Graphis*, with notes on the genus *Hemithecium* (Ascomycota: Ostropales: Graphidaceae). *Fieldiana* 46: 1–130.
- Lücking, R., A. W. Archer y A. Aptroot. 2009. A world-wide key to the genus *Graphis* (Ostropales: Graphidaceae). *Lichenologist* 41: 363–452.
- Lücking, R., M. K. Johnston, A. Aptroot, E. Kraichak, J. C. Lendemer, K. Boonpragob, M. E. S. Cáceres, D. Ertz, L. I. Ferraro, Z.-F. Jia, K. Kalb, A. Mangold, L. Manoch, J. A. Mercado-Díaz, B. Moncada, P. Mongkolsuk, K. Butsatorn Papong, S. Parnmen, R. N. Peláez, V. Poengsungnoen, E. Rivas Plata, W. Saipunkaew, H. J. M. Sipman, J. Sutjaritturakan, D. Van Den Broeck, M. Von Konrat, G. Weerakoon y H. Thorsten Lumbsch. 2014. One hundred and seventy-five new species of Graphidaceae: closing the gap or a drop in the bucket?. *Phytotaxa* 189 (1): 7–38.
- Mangold, A., M. P. Martin, R. Lücking y H. T. Lumbsch. 2008. Molecular phylogeny suggests synonymy of Thelotremataceae within Graphidaceae (Ascomycota: Ostropales). *Taxon* 57: 476–486.
- Mercado-Díaz, J. A., R. Lücking y S. Parnmen. 2014. Two new genera and twelve new species of Graphidaceae from Puerto Rico: a case for higher endemism of lichenized fungi in islands of the Caribbean? *Phytotaxa* 189 (1): 186–203.
- Peláez, R. N., B. Moncada y R. Lücking. 2014. High diversity of *Ocellularia* (Ascomycota: Graphidaceae) in the Colombian Llanos, including two species new to science. *Phytotaxa* 189 (1): 245–254.
- Rangel, O. y J. Aguirre. 2008. Colombia. Diversidad biótica VI. Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 598 p.
- Rincón-Espitia, A. y R. Lücking. 2011. New records of the genus *Graphis* (Graphidaceae) in Colombia. *Tropical Bryology* 33: 54–62.
- Rivas-Plata, E., R. Lücking y H. T. Lumbsch. 2008. When family matters: an analysis of Thelotremataceae (lichenized Ascomycota: Ostropales) as bioindicators of ecological continuity in tropical forests. *Biodiversity and conservation* 17: 1319–1351.
- Rivas-Plata, E., R. Lücking y H. T. Lumbsch. 2011. A new classification for the family Graphidaceae (Ascomycota: Lecanoromycetes: Ostropales). *Fungal Diversity* 52 (1): 107–121.
- Sipman, H., R. Lücking, A. Aptroot, J. L. Chaves, K. Kalb y L. Umaña Tenorio. 2012. A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica and adjacent areas: the thelotremoid Graphidaceae (Ascomycota: Ostropales). *Phytotaxa* 55: 1–214.
- Soto-Medina, E., V. Londoño-Lemos y D. Díaz-Escandón. 2015. Epiphytes from a forest type transition zone in the Choco biogeographic region, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 63 (4): 915–926
- Staiger, B. 2002. Die Flechtenfamilie Graphidaceae. Studien in Richtungeiner natürlicheren Gliederung. *Bibliotheca Lichenologica* 85: 1–526.

Edier Alberto Soto-Medina

Grupo de Investigación Ecología y Diversidad Vegetal
Universidad del Valle,
Cali, Colombia
ediersot@gmail.com

Robert Lücking

Departamento de Botánica,
The Field Museum,
Chicago, Estados Unidos
rlucking@fieldmuseum.org

Alba Marina Torres

Grupo de Investigación Ecología y Diversidad Vegetal
Universidad del Valle,
Cali, Colombia
albamarina.torres@gmail.com

Nuevos registros de líquenes (Familia Graphidaceae) para Colombia

Citación del artículo: Soto-Medina, E. A., R. Lücking y A. M. Torres. 2017. Nuevos registros de líquenes (Familia Graphidaceae) para Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 30 – 41. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a03

Recibido: 16 de abril de 2016

Aprobado: 14 de septiembre de 2017

Caracterización florística del bosque subandino y algunas áreas disturbadas en San Bernardo (Cundinamarca), Colombia

Floristic characterization of the sub-Andean forest and some disturbed areas in San Bernardo (Cundinamarca), Colombia

Andrés R. Rodríguez-Lombana, Héctor E. Beltrán-Gutiérrez y Ana C. Moreno

Resumen

Se caracterizó la vegetación vascular en las coberturas relicto de bosque, plantación de *Eucalyptus globulus* y pastizal en el municipio de San Bernardo, en las cuales se hizo un muestreo preferencial. Se efectuaron parcelas de acuerdo al tipo de cobertura y estrato según Moreno (2001) y Villareal *et al.* (2004). Se registraron 31 especies en el relicto de bosque, siete en la plantación y 25 en el pastizal. La mayor diversidad de Shannon fue para el relicto de bosque (2,97), seguido por el pastizal (2,40) y la plantación (1,15). Igualmente, la mayor dominancia de Simpson fue para el relicto de bosque (0,93), el pastizal (0,3) y la plantación (0,56). Especies como *Hedyosmum bonplandianum*, *Vismia guianensis* y *Miconia theaezans* en el relicto de bosque y *Eucalyptus globulus* en plantación presentaron el mayor valor de IVI e IPF. Así mismo, se identificaron atributos de plantas con características favorables para la colonización y establecimiento, debido a las implicaciones que estas pueden tener en el desarrollo de estrategias de restauración durante el proceso de regeneración del ecosistema. La presencia de actividades antrópicas como sistemas agrícolas, pecuarios, plantaciones, incendios, entre otros, ha originado principalmente una pérdida en la vegetación nativa y fragmentación del ecosistema.

Palabras clave. Especie exótica. Especie nativa. Pastizal. Plantaciones. Relicto de bosque.

Abstract

A characterization of the vegetation in forest relicts, *Eucalyptus globulus* plantations, and grasslands in the municipality of San Bernardo was made with a preferential sampling. Plots were created according to type of land cover and stratum according to Moreno (2001) and Villareal *et al.* (2004). 31 species were recorded for the forest relict, seven in the *E. globulus* plantations, and 25 in the grassland areas. Greatest values of Shannon diversity were obtained for the forest relicts (2.97), followed by grasslands (2.40), and lastly the *E. globulus* plantations (1.15). In terms of Simpson dominance, the same pattern was found, since forest relicts had the highest value (0.93), followed by grasslands (0.83) and *E. globulus* plantations (0.56). Species with the highest values of IVI and IPF included *Hedyosmum bonplandianum*, *Miconia theaezans*, and *Vismia guianensis* in the forest relicts and *E. globulus* in its plantations. Similarly, some plant attributes that favor colonization and establishment were identified due to their possible implications on the restoration of the ecosystem. Anthropic activities such as agriculture, livestock, forest plantations, and fires, among others, have caused the loss of native vegetation and fragmented the ecosystem.

Key words. Exotic species. Native species. Grassland. Plantations. Forest relict.

Introducción

Los bosques subandinos ubicados entre los 1000 y 2400 m s.n.m., se encuentran en constantes transformaciones, debido a disturbios originados por el hombre en el ecosistema (van Der Hammen y Hooghiemstra 2001). Estos procesos, ocasionados por el ser humano, van desde la adaptación de áreas para actividades ganaderas y plantaciones de especies exóticas, hasta la ampliación de la frontera agrícola y la deforestación, lo cual causa pérdida de la vegetación y fauna (Rangel 2002, FAO 2009, Alvear y Betancur 2010, Bolaños *et al.* 2010). La vegetación desempeñan un papel importante para su funcionamiento en aspectos como: 1) hábitat y alimento para la fauna herbívora; 2) contribuye en la formación del suelo a través del aporte de materia orgánica; 3) contribuye en la regulación del ciclo hidrológico mediante el proceso de la evapotranspiración y amortiguamiento de la velocidad de caída de la lluvia al suelo; 4) contribuye en la regulación del ciclo de la materia debido al almacenamiento en pie de muchos elementos (C, O, P, K, N, Fe, Mg, Mn, Ca, y Na, entre otros); 5) contribuye en el control de la erosión; 6) transformación de la energía lumínica en energía química, transformación de dióxido de carbono (CO₂) en carbohidratos, y la producción de oxígeno a través del proceso de la fotosíntesis y 7) contribuye en la regulación del clima debido a que amortigua la entrada de luz al suelo (Barrera *et al.* 2010, Beltrán 2012).

En este sentido, el conocimiento de la vegetación es indispensable para determinar el grado de conservación y puntualizar las acciones que se deban ejercer en la zona (Páramo 2003). Puesto que la vegetación es el componente biótico más notable y permanente con el que pueden caracterizarse los ecosistemas terrestres. Sus características y composición son reflejo de los procesos tanto naturales como culturales (Fernández 1999, Barrera *et al.* 2010).

El conocimiento de la vegetación es uno de los principales soportes para la planificación, manejo y conservación de los ecosistemas. En este sentido, la información proveniente de una caracterización o inventario florístico planificado debe suministrar información en tres niveles: 1) riqueza específica

(diversidad alfa); 2) recambio de especies (diversidad beta) y 3) datos de la estructura que permitan determinar el estado de conservación de las áreas estudiadas. De la misma forma, es importante complementar los estudios de vegetación con una clasificación de las especies dentro de un espectro de formas de vida, ya que provee componentes estructurales de los conjuntos de vegetación, y da respuestas a nivel de la relación planta-ambiente (Villarreal *et al.* 2004). El objetivo de este estudio fue caracterizar la vegetación vascular en cuanto a su composición, su estructura y sus atributos de vida en la finca El Pensil, vereda Pirineos Bajo del municipio de San Bernardo (Cundinamarca-Colombia).

Material y métodos

Área de estudio

El área de estudio está ubicada en la vereda Pirineos Bajo, en el municipio de San Bernardo (Cundinamarca, Colombia), en las coordenadas 04°08'7.9" N-074°25'31,5"O. La zona presenta una altitud de 2000 m s.n.m. con una precipitación media anual de 1528 mm y una temperatura promedio de 20 °C (Canchón 2010) (Figura 1).

Diseño de muestreo para la caracterización de la vegetación

Se realizó un muestreo preferencial (Matteucci y Colma 1982). Además de la interpretación de imágenes, se tuvieron en cuenta algunos criterios en la definición de las coberturas así: el relicto de bosque y áreas continuas de vegetación, asociadas a cuerpos de agua con remanentes de vegetación nativa. Se hicieron seis parcelas de 100 m² (20x5 m) para el estrato arbóreo, dentro de las cuales se delimitó una subparcela de 25 m² (5x5 m) para el estrato arbustivo, y a su vez, dentro de esta se delimitaron cuatro subparcelas de 1 m² (Figura 2). Para la plantación, se consideraron sitios con siembras históricas de *Eucalyptus globulus*, en donde se establecieron cuatro parcelas de 100 m² (10x10 m) para el estrato arbóreo, dentro de las cuales se delimitó una subparcela de 25 m² (5x5 m) para el estrato arbustivo, y a su vez, dentro de esta se delimitaron

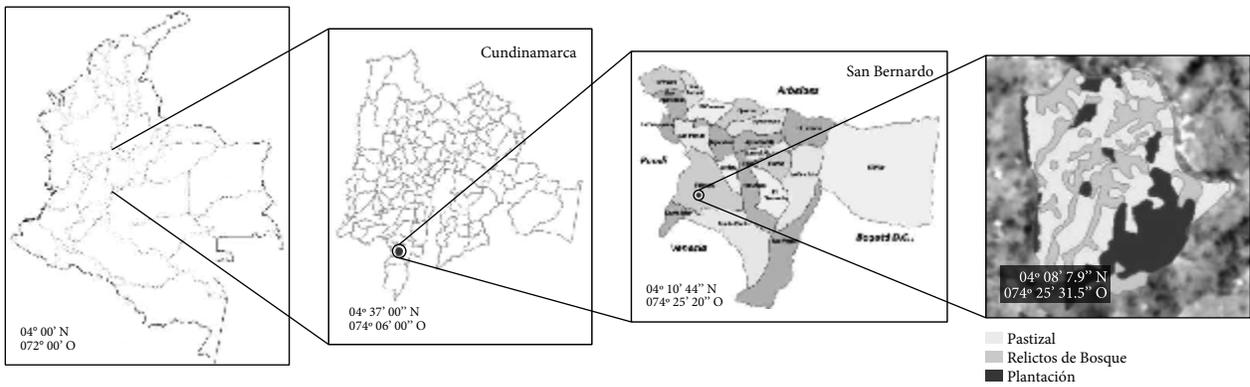


Figura 1. Bosque subandino ubicado en la vereda Pirineos Bajo, en el municipio de San Bernardo (Cundinamarca, Colombia).

cuatro subparcelas de 1 m² (Figura 2). Por último, en el pastizal se tuvieron en cuenta áreas con presencia de vegetación rasante y herbácea asociada a actividad agropecuaria, en donde se muestrearon 16 parcelas de 1 m² (1x1 m) (Mostacedo y Frederickson 2000, Moreno 2001, Villarreal *et al.* 2004). Se realizaron curvas de acumulación con ayuda del programa Stimates 6.0, con el fin de establecer si el muestreo fue representativo en cada unidad de cobertura (Mateucci y Colma 1982, Magurran 1989, Villarreal *et al.* 2004). En cada cobertura se recolectaron individuos, los

cuales se determinaron taxonómicamente, a partir de la comparación con ejemplares de herbario de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Pontificia Universidad Javeriana (Müeller-Dombois y ElleMBERG 1974, Villarreal *et al.* 2004, Brewer y Menzel 2009).

Tratamiento de los datos

Se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) y el Índice de Predominio Fisionómico (IPF), a partir de

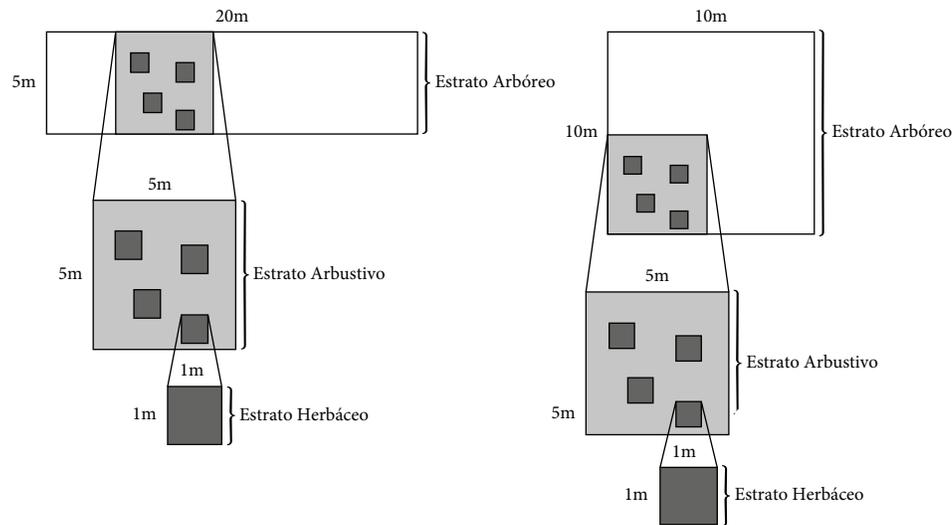


Figura 2. Esquema con la distribución de las parcelas en la unidad de relicto de bosque y plantación.

la dominancia relativa, abundancia relativa, frecuencia relativa, cobertura relativa y altura, teniendo en cuenta la estratificación dada por Rangel y Velásquez (1997). Igualmente, se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener, el índice de dominancia de Simpson y el índice de Sorensen. Por último, como sustento estadístico un Análisis de Correspondencia (CA), con ayuda del programa estadístico R' 3.1.2 (Cottam 1949, Rangel y Velásquez 1997, Ramírez 1999, 2006, Samo *et al.* 2008, Beltrán 2012).

Atributos de la vegetación vascular

Luego de la determinación taxonómica y a partir de las características de cada una de las especies registradas, se realizó una revisión secundaria y consultas a especialistas botánicos, para recopilar información sobre los atributos de las especies más abundantes. Los rasgos y atributos determinados fueron: Hábito (Herbáceo/Arbustivo/Arbóreo), Origen (Nativo/Exótico), Método de dispersión (Anemócora/Hidrocora/Zoocora), Ciclo de vida (Anual/Perenne/Bianual), Filotaxia/disposición (Hojas simples o compuestas, hojas opuestas o alternas, etc), Potencial invasor (Si/No) y Tipo de reproducción (Sexual/Vegetativa) (Grime 1979, Garnier *et al.* 2001, Díaz *et al.* 2002, Reich *et al.* 2003, Montenegro y Vargas 2005).

Resultados

Composición de la vegetación

Número de familias, especies y géneros por unidad de cobertura (Tabla 1).

Especies por tipo de estrato en las unidades de cobertura

En el relicto de bosque, el 52 % de las especies (16) se ubicaron en el estrato arbóreo, el 3 % (una) en el estrato arbustivo, el 29 % (nueve) en el estrato herbáceo y el 16 % (cinco) en el estrato rasante. En plantación, 50 % de las especies (tres) se hallaron en el estrato arbóreo y en el estrato herbáceo 16 % (una). Por último, en pastizal, el estrato arbóreo presentó el 4 % de las especies (una), el estrato herbáceo el 56 % (14) y el 40 % (diez) en el estrato rasante.

Cobertura de las especies de acuerdo con el estrato en cada una de las coberturas

Relicto de bosque. En el estrato arbóreo las especies con mayor porcentaje de cobertura fueron *Vismia guianensis* (39 %) y *Hedyosmum bonplandianum* (31 %); las otras especies presentaron un porcentaje menor

Tabla 1. Número de familias, géneros, especies y familias más representativas por unidad de cobertura.

| Relicto de bosque | Plantación | Pastizal |
|------------------------------|----------------|------------------|
| 21 familias | 6 familias | 16 familias |
| 30 géneros | 7 géneros | 25 géneros |
| 31 especies | 8 especies | 20 especies |
| Familias más representativas | | |
| Melastomataceae (4) | Asteraceae (2) | Poaceae (6) |
| Poaceae (4) | | Asteraceae (3) |
| Asteraceae (2) | | Cyperaceae (2) |
| Cyperaceae (2) | | Polygonaceae (2) |
| Poligonaceae (2) | | |

al 8 %. Para el caso del estrato arbustivo los mayores porcentajes de cobertura fueron para *Hedyosmum bonplandianum* (28 %), *Miconia theaezans* (25 %), *Vismia guianensis* (20 %) y *Baccharis latifolia* (15 %); las demás especies registraron un porcentaje de cobertura menor al 7 %. En el caso del estrato herbáceo, la especie con mayor porcentaje de cobertura fue *Pteridium aquilinum* (19 %), seguido por *Tibuchina bipenicellata*, *Juncus effusus* y Morfotipo 1 (sin determinar) (11 %) y *Vismia guianensis* (10 %); las demás especies con un porcentaje de cobertura menor al 7 %. Por último, para el estrato rasante, *Pteridium aquilinum* fue la especie con mayor porcentaje de cobertura (41 %), seguido por *Pennisetum clandestinum* (16 %) y *Hedyosmum bonplandianum* (10 %); el resto de especies registraron un porcentaje de cobertura menor al 9 % (Figuras 3 y 4).

Plantación. En el estrato arbóreo *Eucalyptus globulus* presentó el mayor porcentaje de cobertura (81 %) seguido por el Morfotipo 3 (sin determinar) (10 %) y *Magnolia caricifragans* (8 %). En el estrato arbustivo

Pteridium aquilinum presentó el total del porcentaje de cobertura (100 %). En el caso del estrato herbáceo las especies con mayor porcentaje de cobertura fueron *Pteridium aquilinum* (50 %) y *Munnozia senecionidis* (40 %); las demás especies registraron un porcentaje de cobertura menor al 8 %. Por último, el estrato rasante mostró a *Pteridium aquilinum* con el mayor porcentaje de cobertura (71 %), seguido por *Munnozia senecionidis* (12 %), las demás especies tuvieron un porcentaje de cobertura menor al 8 % (Figuras 5 y 6).

Pastizal. La especie con mayor porcentaje de cobertura para el estrato herbáceo fue *Holcus lanatus* (31 %), seguido por *Anthoxanthum odoratum* (19 %), *Equisetum sp* (14 %) y *Pennisetum clandestinum* (11 %); las demás especies evidenciaron un porcentaje de cobertura menor al 7 %. En el estrato rasante, *Digitaria sanguinalis* presentó el mayor porcentaje de cobertura (17 %), seguido por *Pennisetum clandestinum* (16 %) y *Rhynchospora nervosa* (13 %), el resto de especies con un porcentaje de cobertura menor al 8 % (Figuras 7 y 8).

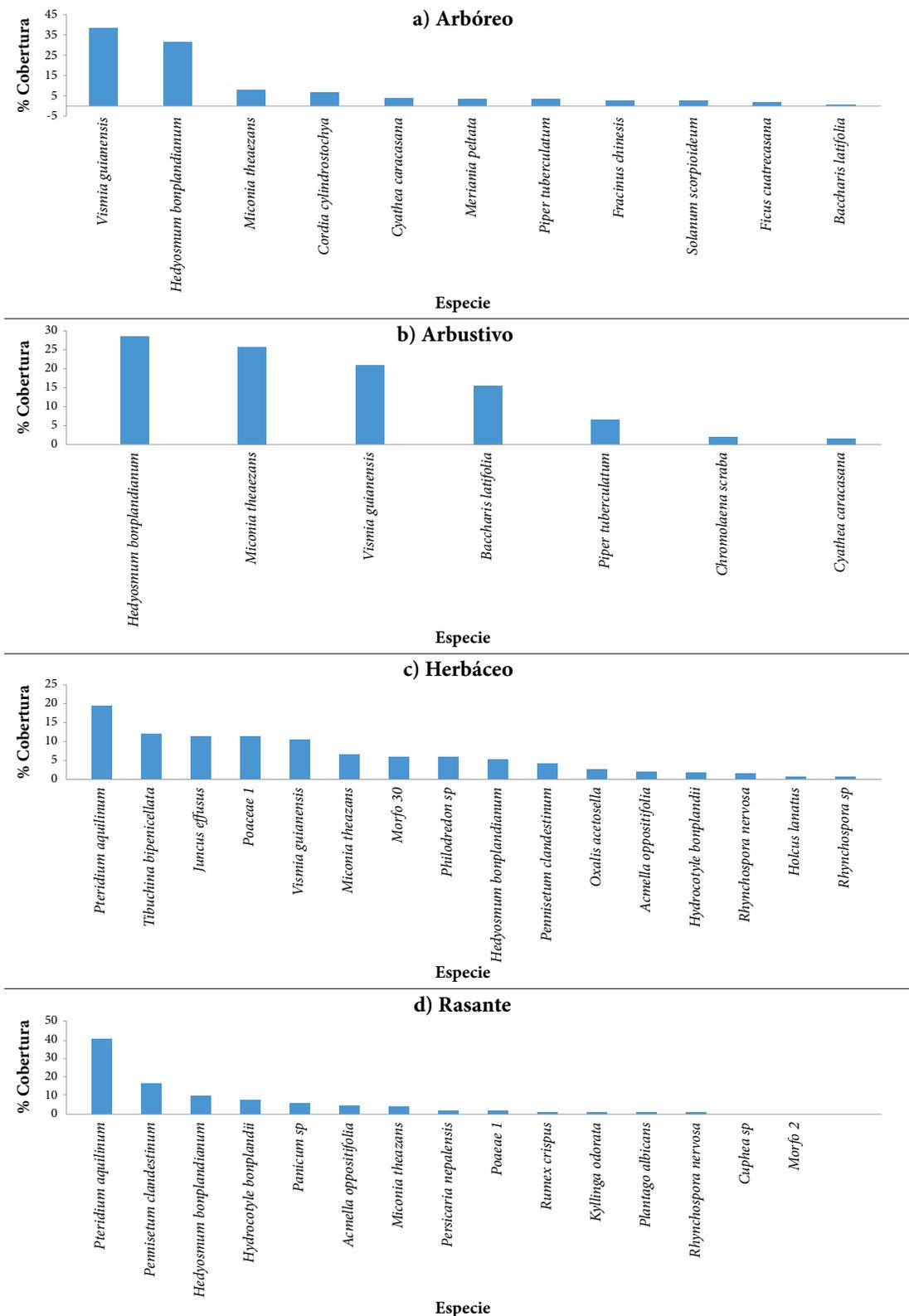


Figura 3. Porcentaje de cobertura de especies por estrato, en el relicto de bosque **a)** arbóreo, **b)** arbustivo, **c)** herbáceo y **d)** rasante.



Figura 4. Unidad de cobertura relicto de bosque.

Tratamiento de los datos

Los mayores valores de diversidad de Shannon hallados fueron para la unidad de pastizal (2,76), seguido por relicto de bosque (2,65) y plantación (1,39). Y los

mayores valores de diversidad de Simpson en la unidad de pastizal (0,89), relicto de bosque (0,85) y plantación (0,68) (Tabla 2).

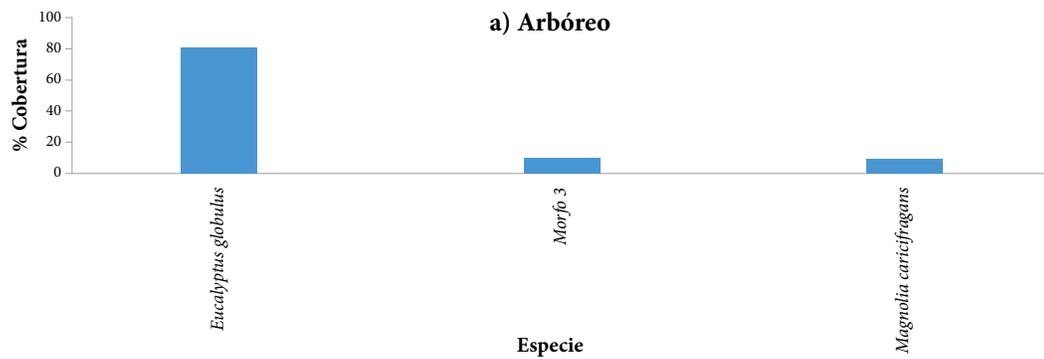
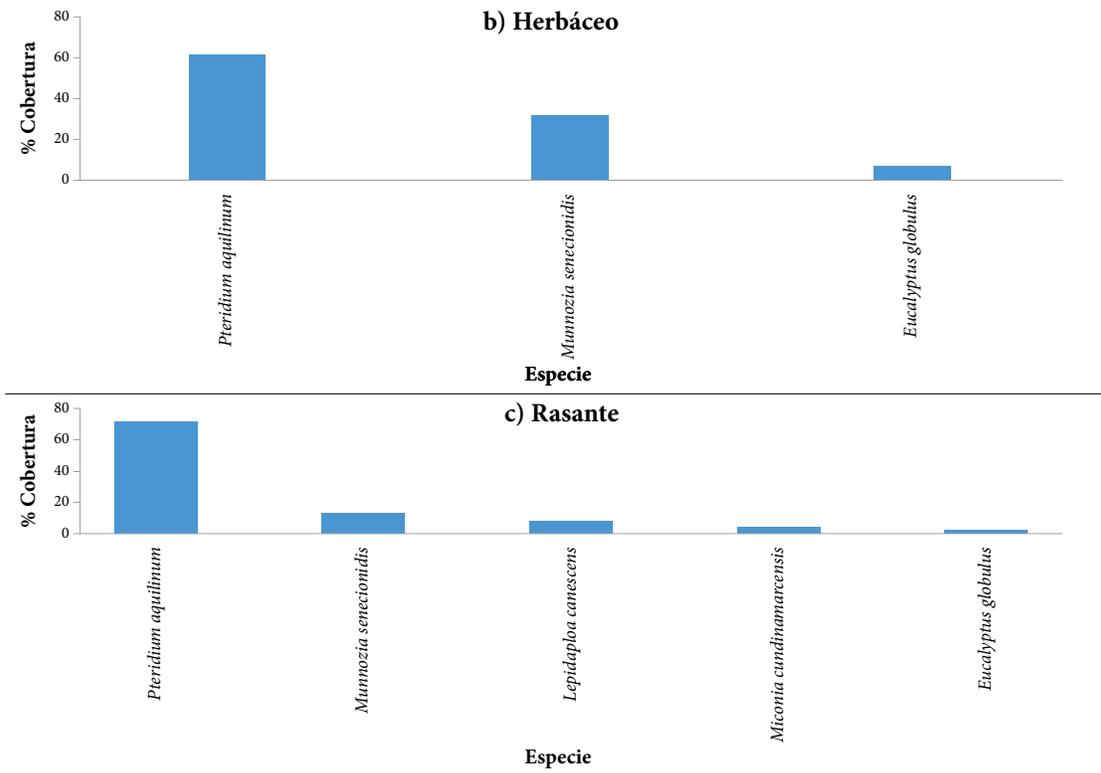


Figura 5. Porcentaje de cobertura de especies por estrato en la plantación a) arbóreo, b) herbáceo y c) rasante.



Cont. **Figura 5.** Porcentaje de cobertura de especies por estrato en la plantación a) arbóreo, b) herbáceo y c) rasante.



Figura 6. Unidad de cobertura plantación.

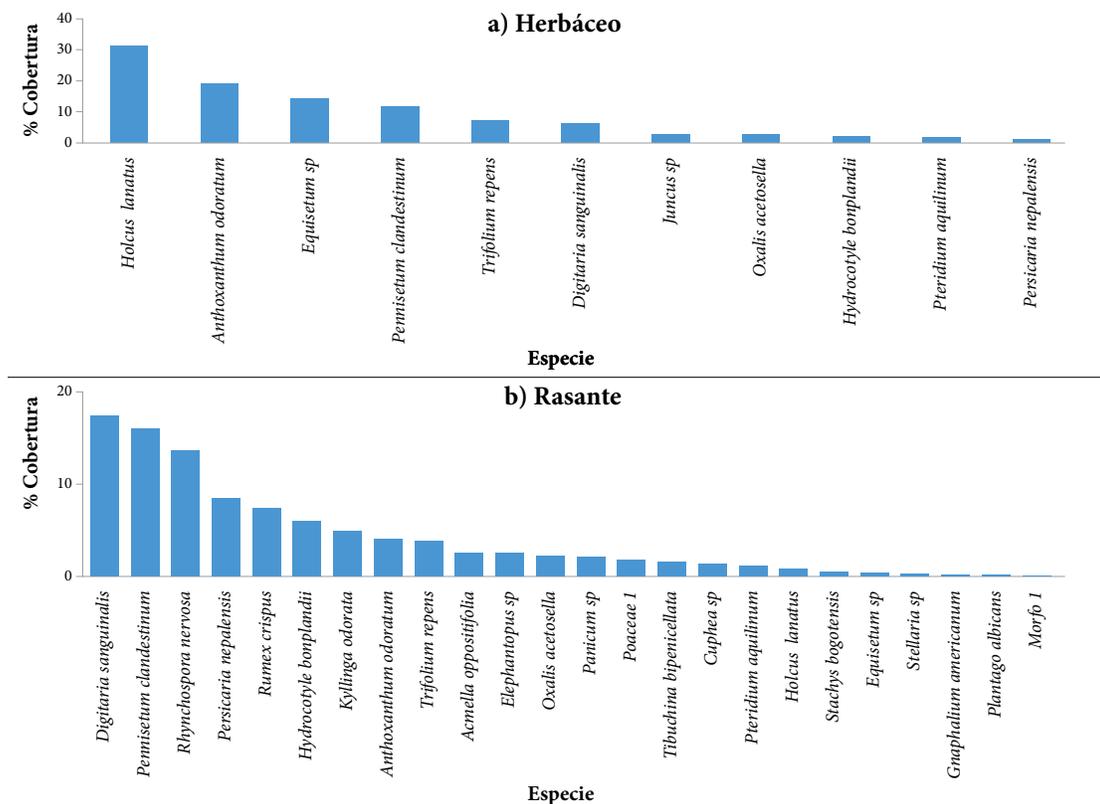


Figura 7. Porcentaje de cobertura de especies por estrato en el pastizal a) herbáceo y b) rasante.



Figura 8. Unidad de cobertura pastizal.

Tabla 2. Diversidad de Shannon y Simpson registrada para las tres unidades de muestreo (UM).

| Índice de Shannon | | | Índice de Simpson | | |
|-------------------|----|-------|-------------------|----|-------|
| UM | N | Medio | UM | N | Medio |
| Relicto de bosque | 31 | 2,65 | Relicto de bosque | 31 | 0,85 |
| Plantación | 7 | 1,39 | Plantación | 7 | 0,68 |
| Pastizal | 25 | 2,76 | Pastizal | 25 | 0,89 |

Tabla 3. Comparación del número de especies presentes entre las diferentes coberturas y valor del Índice de Sorensen.

| Comparación unidades relicto de bosque - pastizal | | Índice de Sorensen |
|---|----|--------------------|
| No. de especies comunes | 15 | |
| No. de especies que están en relicto de bosque, pero no en pastizal | 16 | 0,53 |
| No. de especies que están en pastizal, pero no en relicto de bosque | 10 | |
| Comparación unidades relicto de bosque - plantación | | Índice de Sorensen |
| No. de especies comunes | 1 | |
| No. de especies que están en relicto de bosque, pero no en plantación | 30 | |
| No. de especies que están en plantación, pero no en relicto de bosque | 6 | |
| Comparación unidades pastizal - plantación | | Índice de Sorensen |
| No. de especies comunes | 1 | |
| No. de especies que están en pastizal, pero no en plantación | 24 | |
| No. de especies que están en plantación, pero no en pastizal | 6 | |

El índice de similitud de Sorensen deja ver una similitud dudosa entre el relicto de bosque y el pastizal (0,53) y una diferencia total con la plantación (0,05). Por su parte, el pastizal y la plantación son diferentes entre sí (0,06) (Tabla 3).

El Índice de Valor de Importancia (IVI), en la unidad de relicto de bosque, muestra que las especies que más valor registraron fueron *Hedyosmum bonplandianum*

(85,27), *Vismia guianensis* (76,52) y *Miconia theaezans* (45,04). Por otra parte, *Cyathea caracasana* presenta un valor de 18,15, seguido por *Piper tuberculatum* (15,50), *Cordia cylindrostachya* (14,15), *Meriania peltata* (10,97) y *Solanum scorpioideum* (9,89). En cambio, las especies que menor valor registraron dentro del relicto de bosque fueron *Baccharis latifolia* (7,80), *Chromolaena scabra* (6,45), *Ficus cuatrecasana* (6,31) y *Fraxinus chinensis* (6,31). La especie que registró

Tabla 4. Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies arbóreas y arbustivas del relicto de bosque y plantación.

| Especie | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Frecuencia Relativa | IVI |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|
| Relicto de bosque | | | | |
| <i>Hedyosmum bonplandianum</i> | 30,67 | 41,08 | 13,51 | 85,27 |
| <i>Vismia guianensis</i> | 42,98 | 17,32 | 16,21 | 76,52 |
| <i>Miconia theaezans</i> | 9,02 | 19,8 | 16,21 | 45,04 |
| <i>Cyathea caracasana</i> | 4,87 | 2,47 | 10,81 | 18,15 |
| <i>Piper tuberculatum</i> | 0,96 | 6,43 | 8,1 | 15,5 |
| <i>Cordia cylindrostachya</i> | 2,25 | 4,45 | 8,1 | 14,81 |
| <i>Meriania peltata</i> | 5,79 | 2,47 | 2,7 | 10,97 |
| <i>Solanum scorpioideum</i> | 0,29 | 1,48 | 8,1 | 9,9 |
| <i>Baccharis latifolia</i> | 0,42 | 1,98 | 5,4 | 7,8 |
| <i>Chromolaena scraba</i> | 0,06 | 0,99 | 5,4 | 6,45 |
| <i>Ficus cuatrecasana</i> | 2,62 | 0,99 | 2,7 | 6,31 |
| <i>Fraxinus chinensis</i> | 0,01 | 0,49 | 2,7 | 3,21 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 300 |
| Plantación | | | | |
| <i>Eucalyptus globulus</i> | 94,7 | 95,45 | 66,66 | 256,83 |
| <i>Morfotipo 3</i> | 3,21 | 2,27 | 16,66 | 22,14 |
| <i>Magnolia caricifragans</i> | 2,08 | 2,27 | 16,66 | 21,02 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 300 |

mayor valor en plantación, fue *Eucalyptus globulus* (256,83). Las especies menores fueron el Morfotipo 3 (sin determinar) (22,14) y *Magnolia caricifragans* (21,02) (Tabla 4).

El Índice de Predominio Fisionómico (IPF), en relicto de bosque, muestra que las especies con mayor valor son *Hedyosmum bonplandianum* (102,53), *Vismia guianensis* (98,18) y *Miconia theaezans* (37,7). Por

otra parte, *Cordia cylindrostochya* presenta un valor de 12,47, seguido por *Meriania peltata* (11,1), *Cyathea caracasana* (10,76) y *Piper tuberculatum* (10,46). En cambio, las especies con menor valor dentro del relicto de bosque fueron *Ficus cuatrecasana* (4,74), *Baccharis latifolia* (4,40), *Solanum scorpioideum* (3,69), *Fraxinus chinensis* (2,70) y *Chromolaena scraba* (1,21). El mayor valor registrado en plantación fue de *Eucalyptus globulus* (241,76). Las especies menores

Tabla 5. Valores del Índice de Predominio Fisionómico (IPF) para las especies arbóreas y arbustivas en el relicto de bosque y plantación.

| Especie | Dominancia Relativa | Abundancia Relativa | Cobertura Relativa | IPF |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------|
| Relicto de bosque | | | | |
| <i>Hedyosmum bonplandianum</i> | 30,67 | 41,08 | 30,77 | 102,5 |
| <i>Vismia guianensis</i> | 42,98 | 17,32 | 37,86 | 98,18 |
| <i>Miconia theaezans</i> | 9,02 | 19,8 | 8,87 | 37,7 |
| <i>Cordia cylindrostochya</i> | 2,25 | 4,45 | 5,76 | 12,47 |
| <i>Meriania peltata</i> | 5,79 | 2,47 | 2,82 | 11,1 |
| <i>Cyathea caracasana</i> | 4,87 | 2,47 | 3,41 | 10,76 |
| <i>Piper tuberculatum</i> | 0,96 | 6,43 | 3,06 | 10,46 |
| <i>Ficus cuatrecasana</i> | 2,62 | 0,99 | 1,12 | 4,74 |
| <i>Baccharis latifolia</i> | 0,42 | 1,98 | 2 | 4,4 |
| <i>Solanum scorpioideum</i> | 0,29 | 1,48 | 1,91 | 3,69 |
| <i>Fraxinus chinensis</i> | 0,01 | 0,49 | 2,19 | 2,7 |
| <i>Chromolaena scraba</i> | 0,06 | 0,99 | 0,16 | 1,21 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 300 |
| Plantación | | | | |
| <i>Eucalyptus globulus</i> | 94,7 | 89,36 | 57,69 | 241,76 |
| Morfotipo 3 | 3,21 | 2,12 | 7,76 | 13,1 |
| <i>Magnolia caricifragans</i> | 2,08 | 2,12 | 5,75 | 9,96 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 300 |

fueron el Morfotipo 3 (sin determinar) (31,1) y *Magnolia caricifragans* (9,96) (Tabla 5).

El Análisis de Correspondencia indica una agrupación de especies en relicto de bosque como *Hedyosmum bonplandianum*, *Baccharis latifolia*, *Chromolaena scraba*, *Cordia cylindrostochya*, *Cyathea caracasana*, *Ficus cuatrecasana*, *Fraxinus chinensis*, *Juncus effusus*, *Meriania peltata*, *Miconia theaezans*, Cyperaceae, Morfotipo 2 (sin determinar), *Piper tuberculatum*, *Solanum scorpioideum*, *Vismia guianensis* y *Philodendron* sp. En plantación, las especies que se concentran son *Eucalyptus globulus*, *Lepidaploa canescens*, *Magnolia caricifragans*, *Miconia cundinamarcensis*, *Munnozia senecionidis* y Morfotipo 3 (sin determinar). Por último, en pastizal *Digitaria sanguinalis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Elephantopus* sp, *Gnaphalium americanum*, *Stellaria* sp, *Stachys bogotensis*, *Trifolium repens* y Morfotipo 1 (sin determinar) se agruparon de forma tal que son especies únicas de la cobertura (Figura 5).

Las especies que no se encuentran directamente relacionadas en los puntos de relicto de bosque, plantación o pastizal, se debe a la relación presente entre dos o tres coberturas, como es el caso de *Persicaria nepalensis*, *Rumex crispus*, *Oxalis acetosella*, *Rhynchospora nervosa*, *Tibuchina bipenicellata*, *Plantago albicans*, *Acmella oppositifolia*, *Pennisetum clandestinum*, *Hydrocotyle bonplandii*, *Panicum* sp y Poaceae 1 que se encuentran en una transición entre relicto de bosque y pastizal; su cercanía a cada punto, está directamente influenciada por presentar mayor y menor abundancia. Por el contrario, *Pteridium aquilinum* se aproxima al límite con cero por ser la única especie presente en las tres unidades de cobertura (Figura 5).

Atributos vitales de las especies nativas

El relicto de bosque presentó nueve especies con hábito arbóreo y seis especies con hábito arbustivo, de las cuales 14 especies tuvieron origen nativo y una especie origen exótico. En cuanto al síndrome de dispersión el mayor número de especies tienen una dispersión zoócora (seis), seguida por anemócora (cuatro) y anemócora/zoócora (una). Ninguna de las especies presentó algún tipo de potencial invasor. Por último, el tipo de reproducción que más sobresalió fue el sexual con 13 especies, seguido por el vegetativo con una especie y sexual/vegetativo con una especie.

En la plantación, una especie mostró hábito arbóreo y tres especies hábito arbustivo, de las cuales dos especies tuvieron origen nativo y dos especies origen exótico. Por otra parte, el síndrome de dispersión con mayor número de especies presentes fueron la anemócora (tres) y anemócora/zoócora (una). Solo dos especies con potencial invasor estuvieron presentes. Por último, el tipo de reproducción para las cuatro especies fue el sexual.

En el pastizal, una especie obtuvo hábito arbustivo y 12 hábito herbáceo, de las cuales siete especies son de origen nativo y seis especies de origen exótico. En cuanto al síndrome de dispersión, el mayor número de especies tienen una dispersión anemócora (cinco), seguida por zoócora (dos), anemócora/hidrocora (una) y anemócora/zoócora (una). Cuatro especies presentaron potencial invasor lo. Por último, el tipo de reproducción que más sobresalió fue el sexual con diez especies, seguido por el vegetativo (dos especies) y sexual/vegetativo (una especie) (Tabla 6 y Anexo 1).

Tabla 6. Atributos de especies de las tres unidades de cobertura.

| Rasgo | Atributo | Relicto de bosque | Plantación | Pastizal |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------|------------|----------|
| Hábito | Arbóreo | 9 | 1 | 0 |
| | Arbustivo | 6 | 3 | 1 |
| | Herbáceo | 0 | 0 | 12 |
| Origen | Nativo | 14 | 2 | 7 |
| | Exótico | 1 | 2 | 6 |
| Síndrome de dispersión | Anemócora | 4 | 3 | 5 |
| | Anemócora e hidrocora | 0 | 0 | 1 |
| | Anemócora y zoócora | 1 | 1 | 1 |
| | Zoócora | 6 | 0 | 2 |
| Potencial invasor | Si | 0 | 2 | 4 |
| | No | 15 | 2 | 9 |
| Tipo de reproducción | Sexual | 13 | 4 | 10 |
| | Vegetativa | 1 | 0 | 2 |
| | Sexual/Vegetativa | 1 | 0 | 1 |

Discusión

En Colombia, los bosques subandinos han venido desapareciendo como consecuencia del cambio en el uso del suelo hacia sistemas agrícolas y pecuarios, lo que ha generado pérdida de la vegetación nativa, modificación de las temperaturas y precipitaciones medias anuales, al igual que cambios en las coberturas vegetales y en la riqueza de especies, la cual se encuentra representada por géneros como *Hedyosmum*, *Miconia*, *Ficus*, *Ageratina*, entre otras (Canchón 2010, Vargas *et al.* 2002).

La presente investigación evidenció la presencia de especies que sugieren la presencia histórica de disturbios en el bosque subandino y los procesos de fragmentación, que han afectado las condiciones

bióticas y abióticas de los sitios muestreados. Igualmente, evidencia la disminución y pérdida de continuidad del bosque original, reduciéndose a relictos de bosque (Bustamante y Grez 1995, Ariza *et al.* 2008, García *et al.* 2010, Medina *et al.* 2010).

La caracterización de la vegetación vascular se constituye en una herramienta para el desarrollo de estrategias de restauración en la búsqueda del equilibrio de los ecosistemas disturbados (Barrera *et al.* 2010, López *et al.* 2015). De esta manera, la composición florística y estructural es útil en función de la riqueza de especies en ambientes de comunidades alteradas y contribuye a evidenciar aspectos ecológicos inherentes en estos sitios (Rangel y Velásquez 1997, Begón *et al.* 1999, Arias y Barrera 2007).

La abundancia de especies como *Hedyosmum bonplandianum*, *Miconia theaezans* y *Vismia guianensis* en el relicto de bosque, podría indicar la preservación de vegetación nativa del bosque subandino original, debido a sus características tanto del follaje como el tipo de raíz y la tolerancia a suelos anegados o deficientemente drenados. Se recomienda combinar estas especies con especies herbáceas para facilitar su propagación y revegetalización de la zona (Cuatrecasas 1934, Gentry 1982, Franco y Betancur 1997, Salamanca y Camargo 2000, López *et al.* 2015). Sin embargo, la presencia de especies de origen exótico indica afectación por parte de las áreas subyacentes, las cuales presentan algún grado de disturbio (arribo de especies exóticas, pastoreo, incendios, entre otros). Del mismo modo, dichas especies nativas podrían tener relevancia en procesos de restauración, las cuales también son propias de ecosistemas subandinos en la cordillera Oriental de Colombia y que pueden facilitar procesos de sucesión vegetal debido a sus capacidades competitivas frente a especies exóticas (Cavelier *et al.* 2001, Sanín y Duque 2006, Reina *et al.* 2010, Bohórquez *et al.* 2011, Tinoco *et al.* 2014).

La diferenciación de estratos observada en el relicto de bosque subandino (estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo y rasante), puede sugerir la preservación del ecosistema (Rodríguez y Monsalve 2013). De la misma forma, la estratificación en la plantación y el pastizal evidenciaron la conservación, al presentar principalmente especies de hábito arbóreo y rasante en el primer caso, y hábito herbáceo y rasante en el segundo. Lo anterior, podría evidenciar procesos de fragmentación y la influencia de actividades agrícolas y pecuarias que influyen directamente en la estructura de la vegetación de los ecosistemas, como pérdida de la biodiversidad, homogeneidad en el paisaje y arribo de especies exóticas (Jaimes y Rivera 1991, Bustamante y Grez 1995).

La altura promedio del dosel en el bosque subandino se acerca a los 15 m con variaciones, dependiendo de la topografía de los lugares estudiados (Cantillo y Rangel 2011). Lo anterior, concuerda con valores registrados en este estudio con el relicto de bosque, en donde se encontraron alturas cercanas a los 13 m. Igualmente, en este tipo de ecosistemas se pueden presentar variaciones

en estas alturas, las cuales generalmente dependen de factores climáticos, geológicos y geomorfológicos capaces de influir en la adaptación de las plantas (Rzedowski 1978, Debouck y Libreros 1995).

La presencia de *Eucalyptus globulus* en la cobertura de plantación, se constituye en un elemento limitante para el establecimiento de las especies nativas propias del bosque subandino. Lo anterior, debido a la posible afectación generada por la especie sobre los componentes hídricos y edáficos, además de la influencia por algunas reacciones alelopáticas, y químicas en el suelo y el establecimiento de relaciones de competencia por luz y nutrientes, lo que puede promover la inhibición en el desarrollo de individuos de otras especies. En cuanto al agua, esta especie afecta principalmente la interceptación, la escorrentía superficial, la infiltración y el drenaje, entre otros procesos propios del ecosistema (Sicard y Suarez 1998, Sánchez *et al.* 2005, Ojeda y Rodríguez 2008, Moreno y Igartúa 2015).

Así mismo, el *Eucalyptus globulus* destacó en el cálculo de los Índices de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Predominio Fisionómico (IPF). Lo anterior, corrobora que es una cobertura de eucaliptero con vegetación homogénea, que puede afectar la acción y la presencia de microorganismos descomponedores, debido al exudado de sus raíces y hojas, imposibilitando el desarrollo de especies nativas por carencia de nutrientes en el suelo (Sicard y Suarez 1998).

La presencia de especies exóticas como *Pteridium aquilinum*, *Digitaria sanguinalis* y *Pennisetum clandestinum*, podría indicar que existe en el relicto de bosque algún grado de disturbio o interferencia de las otras coberturas en el aporte de semillas, debido al tamaño de estas que pueden ser dispersadas por el viento con facilidad (Borda y Vargas 2011, Beltrán 2012). Igualmente, el registro de especies como *Persicaria nepalensis* y *Pennisetum clandestinum*, evidencian que la zona de estudio se encuentra cercana a pastizales y campos agrícolas, puesto que dichas actividades favorecen la llegada de especies oportunistas con características colonizadoras (Skolmen y Ledig 1990, Arias *et al.* 2003, Ortega 2003).

Con el ánimo de diferenciar potencialmente las áreas afectadas se calcularon los valores de riqueza y abundancia, donde resultaron no ser buenos indicadores para diferenciar los tres tipos de coberturas, debido a que se pueden encontrar valores similares con especies diferentes, situación que puede evidenciarse con los valores de similitud de Sorensen (Beltrán 2012, Llambí 2015).

Por otra parte, como una herramienta útil en la identificación de rasgos característicos para la regeneración de las comunidades, se definieron los atributos de las especies más abundantes en las unidades de cobertura, con el fin de dar claridad sobre su potencialidad como precursoras de la sucesión en los estados iniciales (Stuessy 1990, Díaz *et al.* 2002).

Los síndromes de dispersión presentes en las áreas de estudio fueron la zoocoría y la anemocoría. Para el caso de relicto de bosque y plantación la estrategia dominante en el caso de las especies arbóreas y arbustivas registradas es la zoocoría, debido a las características de la vegetación, dentro de las que se cuenta que sirve de refugio de aves y mamíferos que dispersan sus semillas a otros territorios y asegurar su supervivencia (Cuatrecasas 1934, Howe y Smallwood 1982, Fleming *et al.* 1987, Fonseca 2001, Cantillo *et al.* 2008).

Por otra parte, la colonización de especies gramíneas en el pastizal se asocia a síndromes de dispersión anemócora. Lo anterior, debido a los regímenes de disturbios impuestos por las actividades agrícolas y pecuarias, al igual que por las características topográficas que generaran hábitats particulares por ser una cobertura abierta que facilita el traslado de semillas, principalmente de especies herbáceas por el viento, esto se debe a las características de las especies gramíneas como: semillas pequeñas, reproducción sexual y ciclo de vida anual, lo cual facilita su rápida germinación (Brown 1992, Montenegro y Vargas 2005, Arias *et al.* 2003, Cantillo *et al.* 2008).

Conclusión

La presencia de actividades antrópicas como sistemas agrícolas, pecuarios, plantaciones, incendios, entre

otros, ha originado una fragmentación del ecosistema, lo que ha generado, una pérdida en la vegetación nativa, cambios en las coberturas vegetales y riqueza de especies.

Agradecimientos

Este trabajo se culminó exitosamente gracias a grandes personas quienes con sus invaluable ayudas me apoyaron en la elaboración de mi investigación y a las cuales agradeceré hoy y siempre por su colaboración, que sin importar lo grande o pequeña que fuera, fue fundamental para este proceso. Gracias a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC), al Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología, al Grupo de Investigación en Calidad Ambiental (GICA) y al herbario de la Universidad Distrital FJC. Es resultado del trabajo de grado titulado “Caracterización de Vegetación Vasculare en la Finca el Pensil del Municipio de San Bernardo (Cundinamarca-Colombia)” del programa de pregrado en Licenciatura en Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sede Macarena, Bogotá.

Bibliografía

- Alvear, M. y J. Betancur. 2010. Diversidad Florística Y Estructura De Remanentes De Bosque Andino En La Zona De Amortiguación Del Parque Nacional Natural Los Nevados, Cordillera Central Colombiana. *Caldasia*. 32: 39 – 63.
- Arias, S., N. Madanes y R. Quintana. 2003. Estructura y composición de la vegetación en vizcacheras activas e inactivas en el delta del Paraná. *Mastozoología neotropical* 10: 9-20.
- Ariza, W., J. Toro y A. Lores. 2008. Análisis florístico y estructural de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia). *Colombia Forestal* 12: 81-102.
- Barrera, J., S. Contreras, N. Garzón, A. Moreno y P. Montoya. 2010. Manual para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas Disturbados del Distrito Capital. Obra Independiente. Bogotá, D.C., 403 pp.
- Begón, M., J. Harper y C. Townsend. 1999. Ecology. Individuals, populations and communities. Omega S.A. Barcelona, 148 pp.
- Beltrán, E. 2012. Evaluación de matorrales y bancos de semillas en invasiones de *Ulex europaeus* con diferente edad de invasión al sur de Bogotá D.C. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Maestría Restauración Ecológica. Bogotá, D.C. 140 pp.
- Brewer, J. y T. Menzel. 2009. Métodos para la evaluación de los resultados de la restauración cuando no existen sitios de referencia. *Acta biológica Colombiana* 17: 4-11.

- Bohórquez, A., D. Sanín y N. Silva. 2011. Estructura y composición arbórea de los bosques del diablo (San Felix, Salamina, Caldas), selva altoandina de la cordillera Central colombiana. *Boletín científico* 16: 39-52.
- Bolaños, G., C. Feuillet, E. Chito, E. Muñoz y B. Ramírez. 2010. Vegetación, Estructura y Composición De Un Área Boscosa En El Jardín Botánico “Álvaro José Negret”, Vereda La Rejoia, Popayán (Cauca, Colombia). *Boletín científico* 14: 19 – 38.
- Borda, M. y O. Vargas. 2011. Caracterización del banco de semillas germinable de plantaciones de pinos (*Pinus patula*) y claros en regeneración natural (alrededores del embalse de Chisacá, Bogotá - localidad de Usme - bosque altoandino). Pp: 456-473. *En: Vargas, O. y S. P. Reyes. (Eds.). La restauración ecológica en la práctica: memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración.* Gente Nueva Editorial. Bogotá.
- Brown, D. 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of these seed extraction and seedlink emergence methods. *Canadian Journal of Botany* 70: 1603-1612.
- Bustamante, R. y A. Grez. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Revista chilena de historia natural* 9: 58-63.
- Canchón, V. 2010. Plan de contingencia para fenómenos de remoción en masa en temporadas de lluvias en el municipio de San Bernardo Cundinamarca. Plan de contingencia: Alcaldía municipal de San Bernardo. San Bernardo – Cundinamarca. 45 pp.
- Cantillo, E. y C. Rangel. 2011. La estructura y riqueza de los bosques del Macizo de Sumapaz *Colombia Diversidad Biótica* 16: 39-52.
- Cantillo, E., V. Castiblanco, D. Pinilla y C. Alvarado. 2008. Caracterización y valoración del potencial de regeneración del banco de semillas germinable de la reserve forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca). *Revista Colombiana Forestal* 11: 45-70.
- Cavelier, J., D. Lizcaíno y M. Pulido. 2001. El Caribe y los países del continente Americano. Colombia. Pp: 443-496. *En: Kappelle, M. y A. Bronw. (Eds.). Bosques Nublados del Neotrópico.* Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica.
- Cottam, G. 1949. The psytosociology of an oak wood in south-western Wisconsin. *Ecology* 30: 271-278.
- Cuatrecasas, J. 1934. Observaciones geobotánicas en Colombia. *Museo Nacional de Ciencias Naturales* 27: 1-144.
- Debouck, D. y D. Libreros. 1995. Neotropical Montane Forest: a fragile home of genetic resources of wild relatives of new world crops. Pp: 561-577. *En: Churchill, S. P., H. Balslev, E. Forero y J. L. Luteyn (Eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest.* Botanical Garden. New York.
- Díaz, D., N. Perez, Harguindeguy y M. Cabido. 2002. ¿Quién necesita tipos funcionales de plantas? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 37: 135-140.
- FAO. 2009. Situación de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 151 pp.
- Fernández, E. 1999. Estudio fitosociológico de los bosques de Kewiña (*Polylepis* spp., Rosaceae) en la cordillera de Cochabamba. Trabajo de grado. Universidad Mayor de San Simón. Licenciatura en Biología. Cochabamba, 108 pp.
- Fleming, T., R. Bridtwisch y G. Whitesides. 1987. Patterns of tropical vertebrate frugivore diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 91-108.
- Fonseca, T. 2001. Dinámica de la dispersión de semillas por aves en un pastizal con perchas artificiales en comunidades de vegetación altoandina. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C. 154 pp.
- Franco, P. y J. Betancur. 1997. Diversidad Florística en dos Bosques Subandinos del Sur de Colombia. *Caldasia* 10: 205-234.
- Gentry, A. 1982. Patterns of neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- García, C., C. Suarez y M. Daza. 2010. Estructura y diversidad florística de dos bosques naturales (Cauca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias* 8: 74-82.
- Garnier, E., G. Laurent, A. Bellmann, S. Debain, P. Berthelie, B. Ducout, C. Roumet, y M. Navas. 2001. Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytologist* 152: 69 - 83.
- Grime, J. 1979. Plant strategies, Vegetation process, and Ecosystem Properties. Department of Animal and plant Sciences, University of Sheffield. Londres, 222 pp.
- Howe, H. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-208.
- Jaimes, V. y D. Rivera. 1991. Banco de semillas y tendencias en la regeneración natural de un bosque altoandino en la región de Monserrate (Cundinamarca, Colombia). *Arbelaezia* 3: 3-35.
- Llambí, L.D. 2015. Estructura, diversidad y dinámica de la vegetación en el ecotono bosquepáramo: revisión de la evidencia en la Cordillera de Mérida. *Acta Biológica Colombiana* 20: 5-19.
- López, L. E., J. M. Becoche, D. J. Macías, K. Ruiz, A. Velasco y S. Pineda. 2015. Estructura y composición florística de la Reserva Forestal - Institución Educativa Cajete, Popayán (Cauca). *Revista Luna Azul* 41: 131-151.
- Magurran, A. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral. Barcelona, 200 pp.
- Matteucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington, 168 pp.
- Medina, R., E. Herrera, F. Ávila, O. Chaparro y R. Cortés. 2010. Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la cuchilla el fara (Santander-Colombia). *Colombia Forestal* 13: 55-85.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. *Santa Cruz de la Sierra* 1-92
- Montenegro, A. y O. Vargas. 2005. Estrategias de regeneración del banco de semillas en una comunidad de bosque alto andino secundario. Pp: 227-246. *En: Bonilla, A. (Eds.). Estrategias adaptativas de planta de páramo y del bosque altoandino en la cordillera oriental de Colombia.* Universidad Nacional. Bogotá, D. C.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T- Manuales y Tesis SEA* 1: 84.

- Moreno, K. y D. Igartúa. 2015. *Eucalyptus globulus* en el sudeste de la provincia de Buenos Aires: edades, procedencias y densidad de la madera. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 41: 143-148.
- Müeller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley y Sons. New York. 547 pp.
- Ojeda, E. y L. Rodríguez. 2008. Flora y fauna terrestre invasora en la Macaronesia. TOP 100 en Azores, Madeira y Canarias. Arena. Ponta Delgada 600 pp.
- Ortega, F. 2003. La etnobotánica de *Peridium aquilinum* (L.) Kuhn en Venezuela y sus posibles riesgos asociados de carcinogénesis. *Revista de la Facultad de Medicina* 2: 51-56.
- Páramo, G. 2003. Composición, heterogeneidad espacial y conectividad de paisajes de las áreas rurales del distrito capital de Bogotá, Colombia. *Arbelaezia* 14: 25-71.
- Ramírez, A. 1999. Ecología Aplicada. Diseño y Análisis estadístico. Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, D. C., 325 pp.
- Ramírez, A. 2006. Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C. 271 pp.
- Rangel, J. 2002. Colombia-Diversidad Biótica III: La región paramuna y franja aledaña en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, 23 pp.
- Rangel, O. y A. Velásquez 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Pp: 17-58. En: Rangel, O., J. P. Lowy y M. Aguilar. (Eds.). Colombia, Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C.
- Reich, P., J. Whight, J. Cavender-Bares, M. Oleksyn, M. Westoby y M. Walters. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra and strategies. *Journal of Plant Sciences*. 164: 143 – 164.
- Reina, M., R. Medina, F. Ávila, S. Ángel y R. Cortés. 2010. Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la reserva biológica Cachalú, Santander (Colombia). *Revista Colombia Forestal* 13: 27-54.
- Rodríguez, R. y D. Monsalve. 2013. Caracterización estructural y patrón de riqueza de un bosque andino ubicado en la vereda Catalamonte, municipio de Tena Cundinamarca, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá, 170 pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, 276 pp.
- Salamanca, B. y G. Camargo. 2000. Protocolo Distrital de restauración ecológica: guía para la restauración de los ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fe de Bogotá. DAMA. Bogotá D. C., 288 pp.
- Samo, A., A. Garmendia, y J. Delgado. 2008. Introducción práctica a la Ecología. Pearson Education SIA. España, 192 pp.
- Sánchez, E. D., M. Sanz, S. Vivas y E. Sobrino. 2005. Especies vegetales invasoras en Andalucía. Dirección General de la Red de Espacios Naturales Protegidos y Servicios Ambientales. Consejería de Medio Ambiente. Andalucía. 233 pp.
- Sanín, D. y C. Duque. 2006. Estructura y composición florística de dos transectos localizados en la reserva forestal protectora río Blanco (Manizales, Caldas, Colombia). *Boletín científico – Centro de Museos – Museo de Historia Natural* 10: 45-75.
- Sicard, L. y A. Suarez. 1998. Efectos de plantaciones forestales sobre suelo y agua. Serie técnica. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal CONIF. Bogotá D.C, Colombia. 64 pp.
- Skolmen, R. y F. Ledig. 1990. *Eucalyptus globulus* Labill. Bluegum Eucalyptus. Pp: 93-94. En: Burns, R. M. y B. H. Honkala. (Eds.). Technical Coordinators. Proceedings of a Workshop on Eucalyptus in California. Forest Service, General Technical Reports. California.
- Stuessy, T. 1990. Plant Taxonomy. Columbia University Press. Nueva York, 45 pp.
- Tinoco, F., B. Barragan y H. Esquivel. 2014. Efecto del tamaño en la estructura, composición y diversidad de bosques premontanos en la cuenca del Rionegro-Cundinamarca. *Revista Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia* 26: 49-58.
- Van Der Hammen, T. y H. Hooghiemstra. 2001. Historia y paleoecología de los bosques montanos andinos neotropicales. Pp: 63-84. En: Kappelle, M. y A. D. Brown. (Eds.). Bosques Nublados del Neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad. Santo Domingo de Heredia.
- Vargas, O., J. Premauer y C. Cardenas. 2002. Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Ecotrópicos - Sociedad Venezolana de Ecología* 15: 35-50.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 236 pp.

Anexo 1. Atributos y registro fotográfico de las especies.

| Familia | Especie | Hábito | Origen | Metodo de Dispersión | Ciclo de Vida | Filotaxia / Disposición | Potencial invasor | Tipo de Reproducción |
|--------------|---|-----------|--------|-----------------------|--------------------|---|-------------------|--|
| ARACEAE | <i>Philodendron sp Schott</i> | Arbustivo | Nativo | S.D. (Sin Determinar) | Perennes | Hojas simples, enteras a profundamente lobuladas, alternas, helicoidales, sin estipula, peciolo suculentos y basalmente envainados. | No | Vegetativa por esquejes |
| ARALIACEAE | <i>Hydrocotyle bonplandii</i> A.Rich. | Herbáceo | Nativo | Anemócora | Anuales | Hojas simples, alternas, lobuladas, con peciolo alargado, no peltados, con estipulas cóncavas y enteras. | No | Sexual por semillas y Asexual por piezas del tallo |
| ASTERACEAE | <i>Acmella oppositifolia</i> (Lam.) R.K. Jansen | Herbáceo | Nativo | Anemócora | Perennes | Hojas simples, opuestas, dentadas y usualmente con pubescencia. | No | Sexual |
| ASTERACEAE | <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers. | Arbustivo | Nativo | Anemócora | Anuales | Hojas simples, alternas espiraladas, venación trinervia, margen generalmente aserrado. | No | Sexual |
| ASTERACEAE | <i>Chromolaena scabra</i> (L. f.) R.M. King y H. Rob | Arbustivo | Nativo | Anemócora | Perennes | Hojas simples, opuestas, haz lisa, nitida u opaca, cubierta por indumento escabroso, envés cubierto por indumento piloso largo y denso. | No | Sexual |
| ASTERACEAE | <i>Lepidaploa canescens</i> (Kunth) H. Rob. | Arbustivo | Nativo | Anemócora | Anuales / Perennes | Hojas simples, alternas, usualmente elípticas, sésiles o pectoladas, venación pinnada. | No | Sexual |
| ASTERACEAE | <i>Munozia senecionidis</i> Benth. | Arbustivo | Nativo | Anemócora | Perennes | Hojas simples, opuestas, decusadas y pectoladas, Lamina sagitada, Base hasta con dos lóbulos triangulares, ápice acuminado, margen regularmente dentado, hojas membranáceas, trinervias, envés blanquecino y densamente pubescente. | No | Sexual |
| BORAGINACEAE | <i>Cordia cylindrostachya</i> (Ruiz y Pav.) Roem. y Schult. | Arbustivo | Nativo | S.D. | S.D. | Hojas simples, alternas, helicoidales, lamina elíptica, margen entero, nerviación pronunciada y áspera al tacto en el haz. | No | Sexual |

Cont. Anexo 1. Atributos y registro fotográfico de las especies.

| Familia | Especie | Hábito | Origen | Metodo de Dispersión | Ciclo de Vida | Filotaxia / Disposición | Potencial invasor | Tipo de Reproducción |
|------------------|--|-----------|---------|----------------------|--------------------|--|------------------------|---|
| CHLORANTHACEAE | <i>Hedyosmum bonplandianum</i> Kunth | Arbóreo | Nativo | S.D. | Anuales | Hojas simples, opuestas decusadas. | No | Sexual |
| CYATHEACEAE | <i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin | Arbóreo | Nativo | S.D. | Perennes | Hojas bipinnadas y con pinnas disticas, y espinas negras. | No | Sexual y vegetativa por brotes de los retoños |
| CYPERACEAE | <i>Kyllinga odorata</i> Vahl | Herbáceo | Nativo | S.D. | Anuales / Perennes | Hojas con láminas presentes con márgenes y quillas escabritusculos. | No | Sexual |
| CYPERACEAE | <i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler | Herbáceo | Nativo | Anemócora | Perennes | Hojas con láminas lineares, planas, dobladas o acanaladas. | No | Sexual |
| DENNSTAEDTIACEAE | <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn | Helecho | Exótico | Anemócora | Perennes | Frondas grandes de hasta 2 metros con láminas tri o cuatripinnadas con pinnas ovoides y glabras en el haz, mientras en el envés son muy pilosas. | Si, altamente invasiva | Sexual |
| HYPERICACEAE | <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers. | Arbóreo | Nativo | Zoocora | S.D. | Hojas simples, opuestas, borde entero, envés cubierto con una pubescencia ferruginosa, estrellada y densa. | No | Sexual |
| JUNCEAE | <i>Juncus effusus</i> L. | Arbustivo | Exótico | Anemócora y Zoocora | Perennes | Vainas simples que circundan el tallo en la parte inferior. | No | Sexual |
| LAMIACEAE | <i>Stachys bogotensis</i> Kunth | Herbáceo | Nativo | S.D. | Perennes | Hojas simples, opuestas, generalmente pecioladas de margen dentado. | No | Sexual |
| MELASTOMATACEAE | <i>Meriania peltata</i> L. Uribe | Arbóreo | Nativo | Zoocora | Perennes | Hojas simples, opuestas, generalmente pecioladas de margen dentado. | No | Sexual |

Cont. Anexo 1. Atributos y registro fotográfico de las especies.

| Familia | Especie | Hábito | Origen | Metodo de Dispersión | Ciclo de Vida | Filotaxia / Disposición | Potencial invasor | Tipode Reproducción |
|-----------------|--|-----------|---------|----------------------|--------------------|---|--|---------------------|
| MELASTOMATACEAE | <i>Miconia cundinamarzensis</i> Wurdack | Arbustivo | Nativo | Zoocora | Perennes | Hojas simples, opuestas, decusadas con venación curvinervia. | No | Sexual |
| MELASTOMATACEAE | <i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn. | Arbóreo | Nativo | Zoocora | Perennes | Hojas simples, opuestas, curvinervias, glabras, lanceoladas, 3 venas principales. | No | Sexual |
| MELASTOMATACEAE | <i>Tibouchina bipenicillata</i> (Naudin) Cogn. | Arbustivo | Nativo | Anemócora | Perennes | Hojas simples, opuestas, láminas lanceoladas, haz con abundantes pelos rectos, envés con pubescencia. | No | Sexual |
| MORACEAE | <i>Ficus cuatrecasana</i> Dugand | Arbóreo | Nativo | Zoocora | Perennes | Hojas simples, alternas espiraladas, margen entero, base cordada; con estípulas terminales y amplexicaulas. | No | Sexual |
| MYRTACEAE | <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. | Arbóreo | Exótico | Anemócora y Zoocora | Perennes | Hojas simples, opuestas (hojas jóvenes), alternas (hojas adultas), agrupadas en los extremos de las ramillas. | Considerada una especie invasiva para las áreas de humedales de Bogotá | Sexual |
| OLEACEAE | <i>Fraxinus chinensis</i> Roxb. | Arbóreo | Exótico | Anemócora | Perennes | Hojas compuestas, opuestas, decusadas, margen aserrado. | No | Sexual |
| OXALIDACEAE | <i>Oxalis acetosella</i> L. | Herbáceo | Nativo | S.D. | Anuales / Perennes | Hojas compuestas, trifolioladas, alternas, helicoidales, con estípulas libres. | No | Sexual |
| PIPERACEAE | <i>Piper tuberculatum</i> Jacq. | Arbóreo | Nativo | Anemócora y Zoocora | Perennes | Hojas simples, alternas y espiraladas, usualmente pequeñas, obtusas a redondeadas, con base desigual, con estípulas terminales envolventes. | No | Sexual |

Cont. Anexo 1. Atributos y registro fotográfico de las especies.

| Familia | Especie | Hábito | Origen | Metodo de Dispersión | Ciclo de Vida | Filotaxia / Disposición | Potencial invasor | Tipo de Reproducción |
|----------------|--|----------|---------|-----------------------|--------------------|--|-------------------|----------------------|
| PLANTAGINACEAE | <i>Plantago albicans</i> L. | Herbáceo | Nativo | Zoocora | Anuales / Perennes | Hojas basales, arrosetadas, de nervaduras aparentemente paralelas y base con frecuencia envainante. | No | Vegetativa |
| POACEAE | <i>Anthoxanthum odoratum</i> L. | Herbáceo | Exótico | | Perennes | Lámina enrollada en estado juvenil con ligulas largas y agudas. | No | Sexual |
| POACEAE | <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. | Herbáceo | Exótico | Anemócora | Anuales / Perennes | Panaja erecta de 5-15 cm con 4-8 racimos espiciformes digitados. Espiguillas lanceoladas, apareadas, de 2,8 a 3,3 cm. | Si | Sexual |
| POACEAE | <i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. Ex Chiov. | Herbáceo | Exótico | Anemócora | Perennes | Hojas glabras o con pelos, vainas esparcidamente vilosas en el envés, con márgenes membranosos y secos. | Si | Vegetativa |
| POLYGONACEAE | <i>Persicaria nepalensis</i> (Meisn.) Miyabe. | Herbáceo | Exótico | Zoocora | Anuales | hojas simples, alternas, helicoidales de forma más o menos romboide, margen entero, base cordada hasta amplexicaule, con estípulas ocreas. | Si | Sexual |
| POLYGONACEAE | <i>Rumex crispus</i> L. | Herbáceo | Exótico | Anemócora e hidrocora | Perennes | Hojas simples, alternas, las hojas basales con pecíolos largos, borde ondulado, hojas superiores reducidas, con estípulas ocreas muy deigadas. | Si | Sexual |
| SOLANACEAE | <i>Solanum scorpoidesum</i> Rusby. | Arbóreo | Nativo | Zoocora | S.D. | Hojas simples, alternas, helicoidales, profundamente lobuladas y densamente pubescentes, arbusto espinoso. | No | Sexual |

Cont. **Anexo 1.** Atributos y registro fotográfico de las especies.



Familia Asteraceae
Nombre científico *Acemella oppositifolia*
Nombre común Chisaca/anastesia
Origen Exótico



Familia Asteraceae
Nombre científico *Chromolaena scabra*
Nombre común Jarilla
Origen Nativo



Familia Poaceae
Nombre científico *Anthoxanthum odoratum*
Nombre común Pasto o grama olorosa
Origen Exótico



Familia Boraginaceae
Nombre científico *Cordia cylindrostachya*
Nombre común Payande bobo/buche
Origen Nativo

Cont. **Anexo 1.** Atributos y registro fotográfico de las especies.



Familia Melastomataceae
Nombre científico *Baccharis latifolia*
Nombre común Chilca
Origen Nativo



Familia Cyatheaceae
Nombre científico *Cyathea caracasana*
Nombre común Helecho arbóreo
Origen Nativo



Familia Lythraceae
Nombre científico *Cuphea sp*
Nombre común Cufea/falsa brechina
Origen Nativo



Familia Asteraceae
Nombre científico *Gnaphalium americanum*
Nombre común Keto
Origen Exótico

Cont. Anexo 1. Atributos y registro fotográfico de las especies.



Familia Poaceae
Nombre científico *Digitaria sanguinalis*
Nombre común Garrachuelo
Origen Exótico



Familia Chloranthaceae
Nombre científico *Hedyosmum bonplandianum*
Nombre común Granizo/aguquín
Origen Nativo



Familia Myrtaceae
Nombre científico *Eucalyptus globulus*
Nombre común Eucalipto
Origen Exótico



Familia Poaceae
Nombre científico *Holcus lanatus*
Nombre común Pasto lanudo
Origen Exótico

Cont. **Anexo 1.** Atributos y registro fotográfico de las especies.



Familia Araliaceae
Nombre científico *Hydrocotyle bonplandii*
Nombre común Oreja de ratón
Origen Nativo



Familia Melastomataceae
Nombre científico *Miconia theaezans*
Nombre común Rifari
Origen Nativo



Familia Asteraceae
Nombre científico *Lepidaploa canescens*
Nombre común Sacha ocuera
Origen Nativo



Familia Oxalidaceae
Nombre científico *Oxalis acetosella*
Nombre común Trébol del amor/chullco
Origen Exótico

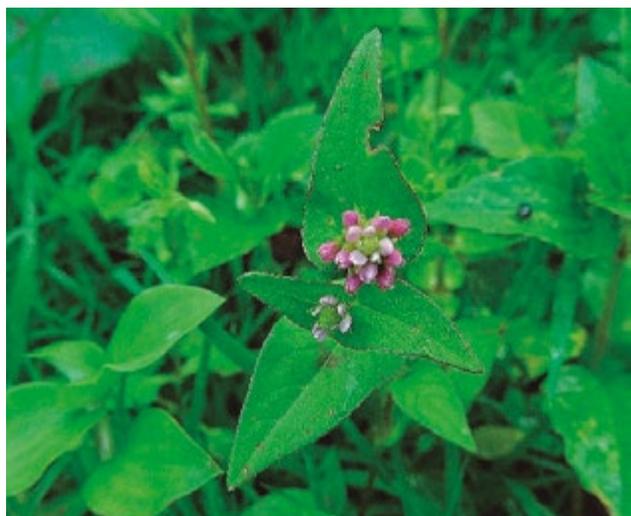
Cont. **Anexo 1.** Atributos y registro fotográfico de las especies.



Familia Magnoliaceae
Nombre científico *Magnolia caricifragans*
Nombre común Magnolio
Origen Nativo



Familia Poaceae
Nombre científico *Pennisetum clandestinum*
Nombre común Kikuyo
Origen Exótico



Familia Polygonaceae
Nombre científico *Persicaria nepalensis*
Nombre común Barbasco mataganado
Origen Exótico



Familia Cyperaceae
Nombre científico *Rhynchospora nervosa*
Nombre común Yerba de estrella/Tote
Origen Exótico

Cont. **Anexo 1.** Atributos y registro fotográfico de las especies.



Familia Dennstaedtiaceae
Nombre científico *Pteridium aquilinum*
Nombre común Helecho marranero
Origen Exótico



Familia Polygonaceae
Nombre científico *Rumex crispus*
Nombre común Lengua de vaca
Origen Exótico



Familia Araceae
Nombre científico *Philodendron sp*
Nombre común Filodendro/rascadera
Origen Nativo



Familia Solanaceae
Nombre científico *Solanum scorpioideum*
Nombre común Peria compacta
Origen Nativo

Cont. **Anexo 1.** Atributos y registro fotográfico de las especies.



Familia Lamiaceae
Nombre científico *Stachys bogotensis*
Nombre común Oreja de liebre
Origen Nativo



Familia Leguminosa
Nombre científico *Trifolium repens*
Nombre común Trébol
Origen Exótico



Familia Melastomataceae
Nombre científico *Tibouchina lepidota*
Nombre común Siete cueros/mayo
Origen Nativo



Familia Hypericaceae
Nombre científico *Vismia guianensis*
Nombre común Lancilla, puntelanza
Origen Nativo

Andrés Ricardo Rodríguez-Lombana
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia
rodriilo.andres@gmail.com

Héctor Edwin Beltrán-Gutiérrez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia
hebeltran@udistrital.edu.co

Ana Carolina Moreno
Escuela de Restauración Ecológica
Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
a-moreno@javeriana.edu.co

Caracterización florística del bosque subandino y algunas áreas disturbadas en San Bernardo (Cundinamarca), Colombia

Citación del artículo: Rodríguez-Lombana, A. R., H. E. Beltrán-Gutiérrez y A. C. Moreno. 2017. Caracterización florística del bosque subandino y algunas áreas disturbadas en San Bernardo (Cundinamarca), Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 42 – 71. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a04

Recibido: 06 de octubre de 2016
Aprobado: 13 de junio de 2017

Nuevos registros para la flora vascular de Colombia presentes en la Orinoquia y reseña histórica de las expediciones botánicas a la región

New records of vascular plants for the Orinoquia region in Colombia and a historical review of botanical expeditions in the region

Francisco J. Mijares S., Gerardo A. Aymard C. y Néstor Pérez-Buitrago

Resumen

Se registran 18 novedades para la flora vascular de Colombia a partir de ejemplares recolectados en la región de la Orinoquia. Los nuevos registros corresponden a: *Duguetia riberensis* Aristeg. ex Maas & Boon, *Trigynaea duckei* (R. E. Fr.) R. E. Fr. (Annonaceae); *Tassadia medinae* (Morillo) Morillo (Apocynaceae); *Jaracanda orinocensis* Sandw. (Bignoniaceae); *Polycarpaea corymbosa* (L.) Lam. var. *brasiliensis* (Cambess.) Chodat & Hassl. (Caryophyllaceae); *Murdannia burchellii* (C. B. Clarke) M. Pell. y *M. aff. triquetra* (Wall. ex C. B. Clarke) G. Brückn (Commelinaceae); *Enterolobium barinense* L. Cárdenas & Rodr.-Carr., *Machaerium towarensense* Pittier, *Muelleria crucisrubierae* (Pittier) M. Sousa y *Tachigali davidsei* Zarucchi & Herend. (Leguminosae), *Nectandra bartlettiana* Lasser (Lauraceae); *Lindernia brachyphylla* Pennell ex Steyerm. (Linderniaceae); *Campomanesia aromatica* (Aubl.) Griseb. (Myrtaceae); *Christiana africana* DC. (Malvaceae); *Dulacia cyanocarpa* Sleumer (Olacaceae); *Phyllanthus microphyllus* Kunth (Phyllanthaceae) y *Gouania wurdackii* Steyerm. (Rhamnaceae). Estas especies fueron recolectadas en los departamentos de Arauca y Vichada. Se discuten aspectos relacionados con la taxonomía y nomenclatura de estos nuevos registros, su distribución geográfica, sus afinidades con la flora presente en la Orinoquia venezolana y regiones con características florísticas similares. Se agrega una reseña histórica de las exploraciones en los llanos colombianos.

Palabras clave. Arauca. Cuenca del Orinoco. Plantas. Taxonomía vegetal. Vichada.

Abstract

18 new records to the vascular flora of Colombia found in the Orinoquia region are recorded: *Duguetia riberensis* Aristeg. ex Maas & Boon, *Trigynaea duckei* (R. E. Fr.) R. E. Fr. (Annonaceae); *Tassadia medinae* (Morillo) Morillo (Apocynaceae); *Jaracanda orinocensis* Sandw. (Bignoniaceae); *Polycarpaea corymbosa* (L.) Lam. var. *brasiliensis* (Cambess.) Chodat & Hassl. (Caryophyllaceae); *Murdannia burchellii* (C. B. Clarke) M. Pell. y *M. aff. triquetra* (Wall. ex C. B. Clarke) G. Brückn (Comelinaceae); *Enterolobium barinense* L. Cárdenas & Rodr.-Carr., *Machaerium towarensense* Pittier, *Muelleria crucisrubierae* (Pittier) M. Sousa, and *Tachigali davidsei* Zarucchi & Herend. (Leguminosae); *Nectandra bartlettiana* Lasser (Lauraceae); *Lindernia brachyphylla* Pennell ex Steyerm. (Linderniaceae); *Campomanesia aromatica* (Aubl.) Griseb. (Myrtaceae); *Christiana africana* DC. (Malvaceae); *Dulacia cyanocarpa* Sleumer (Olacaceae); *Phyllanthus microphyllus* Kunth (Phyllanthaceae), and *Gouania wurdackii* Steyerm. (Rhamnaceae). These species were collected in the states of Arauca and Vichada in Colombia. Aspects related with the taxonomy and nomenclature of these new records, geographical distributions, and affinities with the flora of the Llanos of Venezuela as well as other regions with floristic similarities are discussed, and information about the exploration in the region is documented.

Key words. Arauca. Orinoco Basin. Plants. Plant Taxonomy. Vichada.

Introducción

Los Llanos del Orinoco comprenden una considerable porción del territorio de Colombia y Venezuela, sobre material sedimentario aluvial, el cual fue originado a partir de los terrenos elevados circundantes y bajo la influencia de los cambios climáticos del Cuaternario (Schargel 2007, 2015, Zinck 2015). En este sector se encuentran los llanos orientales colombianos, un área que comienza en el contacto con el piedemonte andino, extendiéndose a través del complejo de las planicies aluviales recientes del pleistoceno, las sabanas planas y onduladas de la altillanura, las de desborde (Romero *et al.* 2004), y la llanura eólica-limosa situada en las cabeceras de los ríos Cinaruco y Capanaparo o caño Negro (Schargel y Aymard 1993). La región llanera se caracteriza por la presencia de una gran variedad de formaciones vegetales inmersas en el gran complejo de sabanas que cubren el Norte de Suramérica; destacándose los chaparrales o comunidades con una matriz herbácea con presencia de números elementos leñosos (i.e. *Curatella americana* L., *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *Bowdichia virgilioides* Kunth), los congriales (dominados por *Leptolobium nitens* Vogel), los saladillales (de *Caraipa llanorum* Cuatr. y *C. savannrum* Kub.), numerosos palmares, morichales (de *Mauritia flexuosa* L.f.), y los bosques caducifolios, semicaducifolios (de galería) hasta siempreverdes. Estas formaciones vegetales se han desarrollado bajo un régimen climático con dos estaciones bien definidas (Duno de Stefano *et al.* 2007, Minorta-Cely y Rangel-Ch. 2014a), producto de la marcada influencia de los vientos alisios del noreste (Rangel-Ch. 2014, Aymard 2015). Actualmente, entre la vegetación original llanera, se encuentran numerosos potreros, plantaciones agro-forestales, matorrales y bosques muy intervenidos, con una mezcla de especies pioneras y elementos del bosque original (Guevara 2015). En Colombia, los Llanos poseen un área aproximada de 347.165 km², y abarca de Norte a Sur desde el río Arauca hasta la divisoria de aguas del río Inírida, y de occidente a oriente desde el piedemonte andino situado en la vertiente oriental de la cordillera Oriental hasta el río Orinoco, sección que comprende las subcuencas de los ríos Ajota, Arauca, Atabapo, Bitá, Dagua, Mesetas, Guaviare, Inírida, Matavén, Meta, Tomo,

Tuparro, Vichada y Zama (Lasso *et al.* 2010). Por las condiciones fisiográficas mencionadas, este sector de la Orinoquia incluye una gran cantidad de comunidades vegetales, muchas de las cuales al presente han sido poco estudiadas florística y ecológicamente (Rangel-Ch. 2014, Rangel-Ch. y Minorta-Cely 2014). Este es el caso de las presentes en el departamento de Arauca, por lo que desde el año 2012 en la Universidad Nacional de Colombia (sede Orinoquia) se iniciaron trabajos de recolecta de muestras botánicas para consolidar un herbario en la sede y estudiar en detalle la flora y vegetación del departamento. Esta labor ha permitido ampliar el área de distribución de 18 especies hasta la Orinoquia colombiana y otras para el departamento [i.e. *Tacarcuna amanoifolia* Huf (Euphorbiaceae) y *Psychotria ostreophora* (Wernham) C. M. Taylor (Rubiaceae) Véase: Aymard y Vélez-C. 2015], taxones que no están incluidos en las primeras versiones de los Catálogos de Espermatofitos de la Flora de los Llanos de Colombia (Minorta Cely y Rangel-Ch. 2014b), de las Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal *et al.* 2016) y Flora de la cuenca del río Orinoco en Colombia (Cárdenas-López *et al.* 2016), respectivamente.

En el presente trabajo se listan 18 especies, 13 fueron recolectadas en diferentes localidades del departamento de Arauca a través de las actividades del Herbario Orinocense (HORI), adscrito a la Sede Orinoquia de la Universidad Nacional de Colombia, y 5 taxones del departamento del Vichada, los cuales fueron identificados por el segundo autor en las colecciones del Herbario Nacional de Colombia (COL).

Material y métodos

El material botánico se obtuvo de muestras obtenidas en parcelas temporales de 0.10 ha y recorridos aleatorios en diferentes tipos de coberturas vegetales efectuados en 81 localidades del departamento de Arauca desde febrero de 2012 a octubre de 2016, exceptuando a *Dulacia cyanocarpa* Sleumer, *Gouania wurdackii* Steyerl., *Jaracanda orinocensis* Sandw., *Lindernia brachyphylla* Pennell ex Steyerl. y *Tachigali davidsei* Zarucchi & Herend., especies que fueron recolectadas en el departamento de Vichada (Figura 1). El trabajo taxonómico para la determinación de las muestras

lo realizaron F. J. Mijares y G. Aymard, también se contó con el apoyo de especialistas en familias (véanse agradecimientos), las colecciones en línea del Herbario Nacional Colombiano, el herbario virtual del Instituto SINCHI, el catálogo virtual de plantas de Colombia y con la consulta de la página web <http://tropicos.org/> y sus diferentes enlaces que poseen otros herbarios virtuales.

Las angiospermas representan el primer grupo de organismos que han sido reclasificado a través de numerosos estudios moleculares y análisis filogenéticos

basados en secuencias de “plastid *rbcl*” y “*atpB* genes” (Reveal y Chase 2011, APG IV 2016). Los resultados de estos análisis se encuentran en las actualizaciones del “Angiosperm Phylogenic Group”, quienes han sugerido y realizado numerosos cambios a nivel de familias y géneros. La presente contribución utilizó última versión del APG IV (2016), donde se encuentra los últimos cambios aceptados por la mayoría de los botánicos. En cuanto a las Leguminosae, se utilizó la clasificación más reciente propuesta por el “Legume Phylogeny Working Group” (LPWG 2017), la cual separa este grupo en seis subfamilias.

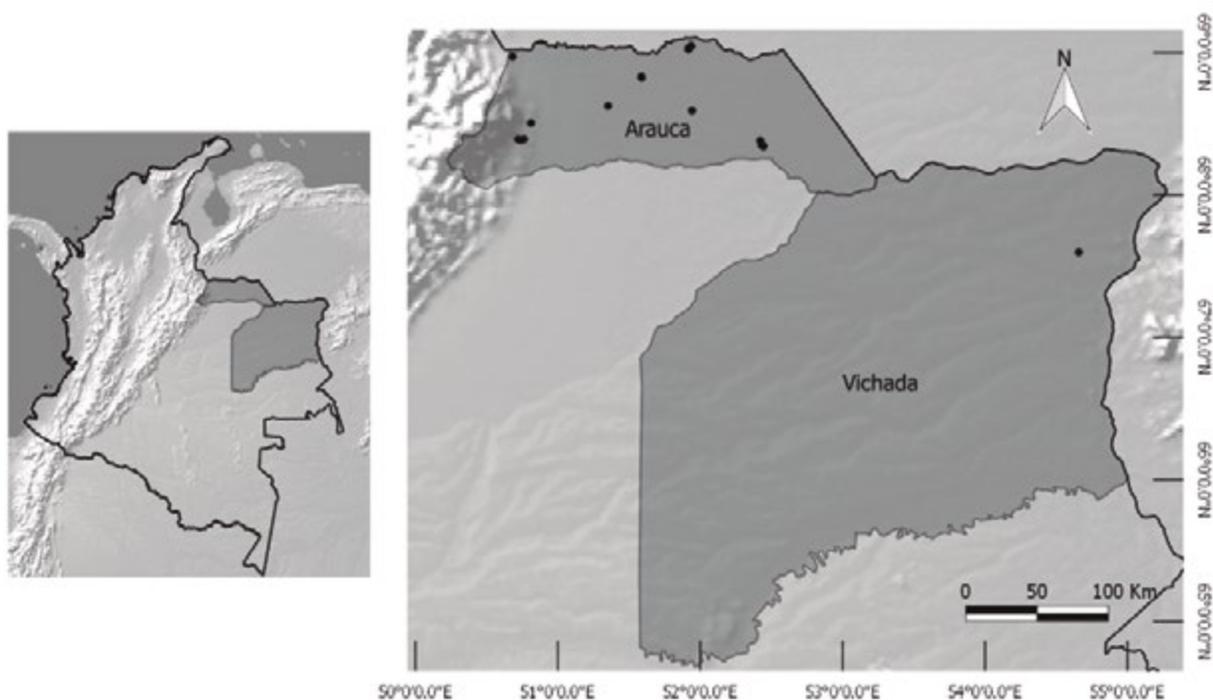


Figura 1. Localización de los lugares donde se recolectaron las plantas vasculares que corresponden a nuevos registros en los departamentos de Arauca y Vichada, Orinoquia - Colombia.

Resultados

Se determinaron 18 taxones, que constituyen nuevos registros para la flora vascular de Colombia. Los especímenes están depositados en el Herbario Orinocense (HORI) en la Universidad Nacional de Colombia (Sede Orinoquia), el Herbario Nacional de Colombia (COL) y el Herbario ICESI en Cali (Figura 2).

Annonaceae

Duguetia riberensis Aristeg. ex Maas & Boon, Bot. Jahrb. Syst. 118: 214-217. 1996. Tipo: Venezuela. Guárico: Río Orituco, 15 km sur de Calabozo, carretera a Cazorla, 01 de julio 1964. *L. Aristeguieta* 5380 (holotipo: VEN Isotipos: HBG, NY, U).



Figura 2. Fotografías de los nuevos registros para la flora vascular de Colombia, recolectadas en la Orinoquía, departamento de Arauca. A) *D. riberensis*, B) *T. duckei*, C) *T. medinae*, D) *M. burchellii*, E) *Murdannia* aff. *M. triquetra*, F) *M. tovarense*, G) *M. crucisrubierae*, H) *E. barinense*, I) *C. aromatica*, J) *P. corymbosa* var. *brasiliensis* K) *C. africana*, L) *P. microphyllus*, M) *D. cyanocarpa* N) *N. bartlettiana*, O) *J. orinocensis*. Fotografías m y o F. Castro-Lima.

Árbol que puede alcanzar hasta 20 m de altura y 40 cm de diámetro, el tronco es cilíndrico, recto y la copa descubierta, las semillas poseen un arilo color rojo, el fruto maduro es consumido por aves, peces y mamíferos. *D. riberensis* es nativa del Norte de Suramérica (Maas et al. 2003), se conocía de bosques ribereños de los Llanos y la Guayana venezolana (Wingfield 2007). En la Orinoquía colombiana se considera una especie maderable; se ha observado en bosques de rebalse en los departamentos de Arauca, municipios de Cravo Norte y Puerto Rondón.

Especímenes estudiados: Arauca. Puerto Rondón. Sector Ele Perocero. Bosque ribereño fragmentado. 6°34'48" N - 70°43'8"O. 120 m s.n.m. 4 de julio de 2013. F. J. Mijares 794 (HORI). Arauca. Cravo Norte. Vereda La Comarca. Predio Los Algarrobos, bosque de rebalse. 6° 19' 50" N - 70°13'22" O. 103 m s.n.m. 19 de abril de 2014. F. J. Mijares 1151 (HORI).

Trigynaea duckei (R. E. Fr.) R. E. Fr., Ark. Bot. 33A: 14. 1946.

Hornschurchia duckei R.E. Fr., Acta Horti Berg. 12(1): 197. 1934. Tipo: Brasil. Acre: Rio Purús, abaixo de boca do Açu, 05 abril, 1933, *W. A. Ducke 23900* (holotipo: S, isotipos: B, K, RB, US).

Es un árbol de porte pequeño, ca. 7 m de alto y 10 cm de diámetro, la corteza es lisa, gris verdosa, las hojas lustrosas y los frutos globosos, dehiscentes. *T. duckei* (R. E. Fr.) R. E. Fr. se encuentra en bosques muy húmedos de Guyana, en piedemontes y bosques montanos de los Andes de Venezuela (Aymard 1999) y en la cuenca Amazónica (Johnson y Murray 1995); exceptuando a la región Amazónica de Venezuela (Aymard 2017). En la Orinoquía colombiana se localiza en el departamento de Arauca, en bosques de galería del municipio de Saravena.

Especímen estudiado: Arauca. Saravena. Vereda Islas de Bojaba. Sector Caño Negro. 6° 57' 42" N -71° 57'55" O. Bosque de galería. 308 m s.n.m. 10 de octubre de 2015. F. J. Mijares 1645 (HORI).

Apocynaceae

Tassadia medinae (Morillo) Morillo, Ernstia 51: 14. 1989.

Cynanchum medinae Morillo, Ernstia 4: 10-12. 1981. Tipo: Venezuela. T. F. Amazonas: Río Orinoco, selva de galería en Guachapana, 28 de abril, 1968, *E. Medina 448* (holotipo: VEN).

Planta trepadora de aproximadamente 3,5 m de longitud, tallo verdoso, con abundante látex, hojas verde claro y las flores amarillas. Es una especie nativa de Suramérica encontrándose en Brasil, Venezuela y ahora en Colombia. Fue recolectada en Cravo Norte en borde del bosque ribereño. En el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia está registrada como una especie esperada para los Departamentos del Meta y Vaupés, respectivamente (Morillo 2016).

Especímen estudiado: Arauca. Cravo Norte. Vereda La Comarca. Predio Mata de Corozo. 6° 20'21" N - 70° 14'11" O. Bosque ribereño. 102 m s.n.m. 15 de mayo de 2013, F. J. Mijares 773 (HORI).

Bignoniaceae

Jacaranda orinocensis Sandw. Mem. New York Bot. Gard. 10: 139. 1958. Tipo: Venezuela. Bolívar: Río Pargueni, at river edges, 1-10 km. above mounth, 10 de diciembre, 1955, *J. J. Wurdack & J. V. Monachino 39769* (holotipo: NY; isotipos: F, S, US, VEN). Árbol de hasta 10 m de altura, flores moradas muy vistosas. *J. orinocensis* es nativa del Norte de Suramérica (Gentry 1997), se conocía de bosques ribereños de los Llanos (Apure) y los estados Amazonas y Bolívar en la Guayana venezolana (Gentry 1997, Duno de Stefano 2007a). En la Orinoquía colombiana se ha observado en bosques de rebalse en el departamento de Vichada.

Especímen estudiado: Vichada. Puerto Carreño, cerro El Bitá, 6° 11' N - 67° 29' O. 120 m s.n.m. Enero de 1997, H. García, J. Maldonado & C. Parra-O. s/n (COL).

Caryophyllaceae

Polycarpaea corymbosa var. *brasiliensis* (Cambess.) Chodat & Hassl., Bull. Herb. Boissier. ser. 2, 23: 790. 1903.

Polycarpaea brasiliensis Cambess., Fl. Bras. Merid. (quarto ed.) 2(15): 183. 1829 [1830]. Tipo: Brasil. *In parte provinciae S. Pauli dicta Campos Geraes, Prope praedium vulgo* Fazenda de Jaguarihiba. 01 Jan. 1816, A. de Saint-Hilaire 1937 (holotipo: P, Isotipo: MPU).

Hierba anual de aproximadamente 12 cm de altura, hojas verticiladas, con lámina foliares aciculares de color rojizo, inflorescencia y flores de color blanco. *P. corymbosa* var. *brasiliensis* es una especie ampliamente distribuida desde Panamá, Venezuela, Guyana, Surinam, Brasil, Bolivia, Paraguay y Norte de Argentina (Aymard y Cuello 1998) y actualmente en Colombia. Se recolectó en el municipio de Tame en sabanas rocosas, sobres suelo arenosos, temporalmente húmedo.

Espécimen estudiado: Arauca. Tame. Vereda Sabana de La Vieja. Sector Pedregal. 6° 23' 13" N - 71° 53' 19" O. Sabana rocosa del piedemonte araucano. 628 m s.n.m. 4 de agosto de 2013, F. J. Mijares 834 (HORI).

Commelinaceae

Murdannia burchellii (C. B. Clarke) M. Pell., PhytoKeys 74: 44. 2016.

Aneilema gardneri var. *burchellii* C. B. Clarke, Monogr. Phan. 3: 217. 1881. Brasil: s.loc., fl., fr., s.dat., *W. J. Burchell 8165* (Lectotipo: K, designado por de Oliveira-Pellegrini., M. O., R. B. Faden & R. F. de Almeida. 2016. Taxonomic revision of neotropical *Murdannia* Royle (Commelinaceae). PhytoKeys 74: 35-78; isolectotipos: GH, P).

Hierba perenne, ca. 15-50 cm de altura, rizomatosa, hojas alternas, espiraladas, láminas foliares lineares hasta linear-oblongas, inflorescencias pedunculadas, pétalos lila, raramente rosados. *M. burchelli* presenta una distribución disyunta entre Bolivia, Brasil

(estados de Goiás, Maranhão, Pará, Piauí y Tocantins) y Venezuela (de Oliveira-Pellegrini *et al.* 2016), actualmente en Colombia. Se recolectó en el municipio de Arauca, en sabanas y lugares temporalmente inundados.

Espécimen estudiado: Arauca. Arauca. Vereda Mata de Gallina. Campus Universidad Nacional de Colombia sede Orinoquia. 7° 0' 34" N - 70° 44' 30" O. 127 m s.n.m. 7 de octubre de 2016. F. J. Mijares 1773 (HORI).

Murdannia aff. *M. triquetra* (Wall. ex C.B. Clarke) G. Brückn., Nat. Pfl.-Syst. (ed. 2) 15a: 173. 1930. *Aneilema triquetra* Wall. ex C. B. Clarke, Monogr. Phan. 3: 208. 1881. Bangladesh. India Orientalis, in Prov. Sylhet, fl., fr., s. dat., *N. Wallich 5220* (Lectotipo: B, designado por de Oliveira-Pellegrini., M. O., R. B. Faden & R. F. de Almeida. 2016. Taxonomic revision of neotropical *Murdannia* Royle (Commelinaceae). PhytoKeys 74: 35-78; isolectotipos: E, GDC, K).

Hierba anual, ca. 10-20 cm de altura, rizomas ausentes, tallos flotando con el ápice ascendente, las hojas alternas, espiraladas, láminas foliares angostamente lanceoladas hasta lanceolado-oblongas, inflorescencias sésiles, pétalos rosados o blancos. *M.* aff. (Aymard 2017) *M. triquetra* quizás represente una nueva especie, al presente se conoce de dos colecciones en los Llanos de Venezuela (de Oliveira-Pellegrini *et al.* 2016) y actualmente en Colombia. Se colectó en el municipio de Arauca en sabanas y lugares temporalmente inundados.

Espécimen estudiado: Arauca. Arauca. Vereda Mata de Gallina. Campus Universidad Nacional de Colombia sede Orinoquia. 7° 0' 52.70" N - 70° 44' 28" O. 127 m s.n.m. 12 de septiembre de 2013, F. J. Mijares 930 (HORI).

Leguminosae:

Caesalpinioideae

Enterolobium barinense L. Cárdenas & Rodr.-Carr., *Ernstia* 21: 1-5. 1983. Tipo: Venezuela. Barinas. Entre los km 530 y 531, carretera Barinas-San Cristóbal, 18

Nov. 1977, L. Cárdenas de G. et al. 2568 (holotipo: MY, isotipos: RB, K, NY, US, VEN).

Árbol que puede alcanzar los 15 m de altura y 50 cm de diámetro, el tronco cilíndrico y recto, ramificado a baja altura, ramas gruesas y la copa extendida. *E. barinense*, suele confundirse con el “Caracaro” (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), sin embargo, de acuerdo con Barneby et al. (2001), *E. barinense* se diferencia de *E. cyclocarpum* por sus hojas de 3-8(9) pinnadas (vs. 15-30), los folíolos lanceolados u oblongos, 2.5-6.5 mm de ancho (vs. lanceolados-acuminados, 2-3.5 mm) y la legumbre 7-10 cm de diámetro, con los márgenes sinuados (vs. 7-15 cm, undulados, impresos entre las semillas). Es una especie nativa del norte de Suramérica, considerada endémica de Venezuela (Cárdenas de G. 2007), actualmente en Colombia. Se recolectó en los municipios de Arauquita y Tame; crece sobre suelos rocosos, y en la llanura aluvial de la Selva del Lipa.

Especímenes estudiados: Arauca. Arauquita. Vereda Caño Salas. Predio La Tormenta. 6° 48'58" N -71° 4'14" O. Potrero arbolado. 140 m s.n.m. 13 de marzo de 2013, F. J. Mijares 666 (HORI). Arauca. Tame. Vereda Altamira. 6° 29'51" N - 71° 50'19" O. Potrero arbolado con suelo rocoso. 611 m s.n.m. 2 de marzo de 2014, F. J. Mijares 1105 (HORI).

Tachigali davidsei Zarucchi & Herend., Flora of the Venezuelan Guayana 4: 116. 1998. *Sclerolobium aureum* (Tull.) Baill. var. *grandiflorum* Dwyer, Lloydia 20: 81. 1957, non *Tachigali grandiflora* Huber, Bol. Mus. Goeldi Hist. Nat. Ethnogr. 5(2): 388. 1909. Tipo: Venezuela. Plantes des bords de l'Orénoque, 27 Sep. 1886, M. Chaffanjon 217 (holotipo: P).

Árbol de 8-10 m, de copa ancha, frecuente en bosques ribereños y bordes de sabanas estacionalmente inundables. *Tachigali davidsei* es una especie fácil identificar por su indumento amarillo intenso-marrón en las ramitas, inflorescencias y flores, ausencia de domacios en los pecíolos, base de los folíolos simétricos, venación terciaria elevada por la haz y las estípulas pectinadas. Considerada un taxón endémico

de la Orinoquía venezolana (van der Werff 2008), actualmente presente en la Orinoquía colombiana (Vichada).

Especímen estudiado: Vichada. Puerto Carreño, Santa Rita, 4° 56' N - 68° 20' O. 150 m s.n.m. 14 Diciembre de 1993, F. González, C. Sastre & R. Cortés 3057 (COL).

Papilionoideae

Machaerium tovarense Pittier, Contr. U.S. Natl. Herb. 20: 121. 1918. Tipo: VENEZUELA: Aragua: La Victoria, cerca de Colonia Tovar, 1854-1855, A. Fendler 1865 (holotipo: GH. Isotipos: K, MO).

Liana de aproximadamente 7 m de longitud, la corteza externa color pardo grisácea, hojas lustrosas en la haz y verde claro en el envés, frutos color marrón claro. Considerada endémica de Venezuela (Meléndez-G. 2009), se recolectó en el municipio de Tame, en bosque intervenido sobre la franja de protección del río Tame.

Especímen estudiado: Arauca. Tame. Vereda Sabana de La Vieja. Predio El Oso. 6° 23'8" N -71° 55'45" O. Bosque ribereño del río Tame. 817 m s.n.m. 10 de noviembre de 2012, F. J. Mijares 359 (HORI).

Muelleria crucisrubierae (Pittier) M. Sousa, Acta Bot. Mex. 100: 26. 2012. *Lonchocarpus crucisrubierae* Pittier Tipo: Venezuela. Guárico, Llanos de la Rubiera, 14 abril 1927, H. Pittier 12315 (holotipo: US, isotipos: A, F, G, M, MO, VEN, WIS).

Arbusto pequeño, caducifolio, la corteza color gris verdosa, hojas color verde claro y flores moradas. Está especie fue considerada un representante del género *Lonchocarpus*, sin embargo estudios moleculares y morfológicos recientes la ubican en *Muelleria*, este género se separa de *Lonchocarpus* por poseer los brotes foliares dísticos, helicoidales en las ramas leñosas y las flores en panículas (Sousa-Sánchez y Sotuyo 2012). Presente en los Llanos y Guayana Venezolana (Aymard et al. 1999, Wingfield y Aymard 2007) y actualmente en Colombia. Se recolectó en el municipio de Arauca,

en borde de sabanas inundables y bosque ribereños.

Espécimen estudiado: Arauca. Arauca. Vereda Mata de Gallina. Sector Colegio Agropecuario, en borde de vía principal. 7° 1'45" N - 70° 43'25" O. 127 m s.n.m. 21 de abril de 2014, F. J. Mijares 1164 (HORI).

Lauraceae

Nectandra bartlettiana Lasser, Bol. Tec. Minist. Agric. 3: 14. 1942. Tipo: Venezuela. Zulia: Along Río Lora, between camp 2 of Perijá exploration company and mouth of río del Norte, 18 diciembre 1922, *H. Pittier 10978* (holotipo: VEN, isotipos: A, G, GH, NY, P, US).

Árbol de porte mediano, 10 m de alto y 25 cm de diámetro, con las hojas ferruginosas. Especie considerada endémica de los bosques caducifolios en los Llanos y el estado Zulia en Venezuela (Rohwer 1993, Wingfield y van der Werff 2007). Se recolectó en el municipio de Arauquita en la llanura aluvial de la “Selva del Lipa”.

Espécimen estudiado: Arauca. Arauquita. Vereda Caño Salas. Predio La Tormenta. 6° 48'42" N - 71° 4'6" O. Potrero arbolado. 140 m s.n.m. 14 de marzo de 2013, F. J. Mijares 706 (HORI).

Linderniaceae

Lindernia brachyphylla Pennell ex Steyer. Tipo: Venezuela. T. F. Amazonas: Puerto Ayacucho, open savanna and igneous rock outcrops, 200 m, 11 septiembre 1944, *J. A. Steyermark 58522* (holotipo: PH, isotipos: F, NY, US).

Hierba acuática prostrada, a veces semi-sumergidas, hojas opuestas, sésiles, láminas foliares lanceoladas, inflorescencias pedunculadas, pétalos blancos. *L. brachylylla* presenta una distribución disyunta entre Brasil (estados de Goiás y Pará), Guyana y Venezuela (Lewis 2000, Holmgren y Vincent 2005), actualmente en Colombia. Se recolectó en el municipio de Puerto Carreño, en lugares temporalmente inundados.

Espécimen estudiado: Vichada. Puerto Carreño, hacia el cerro El Bitá (cerros bajos del Escudo Guayanés). 6° 10'60" N - 67° 28'60" O. 50-100 m s.n.m. 8 de enero de 2004, C. Parra-O. & D. Giraldo-C. 412 (COAH, COL, HUA).

Malvaceae

Christiana africana DC. Prodr. 1: 516. 1824. Tipo: Congo, *C. Smith s.n.* (holotipo: GB, isotipos: BM, ILT, K, P).

Árbol dioico de 7 m de altura; las hojas ampliamente ovadas, 20-30 x 12-25 cm, cordadas en la base, pubescencia densa de tricomas estrellados, inflorescencias axilares en espigas de 14–20 cm de largo y 10–13 cm de ancho, flores con los pétalos blancos. La disyunción Africana-Americana de *C. africana* DC. no ha sido explicada satisfactoriamente (Dorr y Miejer 2005), el género posee tres especies neotropicales, y *C. africana* es la única con el gineceo con cinco pistilos apocárpicos y los frutos plurifoliculares (Rodríguez-González 2015). Se recolectó en el municipio de Tame como un árbol remanente en un potrero con fuerte intervención humana por tala y quema.

Espécimen estudiado: Arauca. Tame. Vereda Nuevo Sol. Predio La Pradera. 6° 36'55" N - 71° 18'8" O. Potrero arbolado. 158 m s.n.m. 22 de septiembre de 2012, F. J. Mijares 197 (HORI).

Myrtaceae

Campomanesia aromatica (Aubl.) Griseb. Fl. Brit. W. I. 242. 1864 [1860]. *Psidium aromaticum* Aubl., Hist. Pl. Guiane 1: 485. 1775. Tipo: French Guiana: “Habitat in sylvis Caiennae & Guianae”, *J. B. C. F. Aublet s/n* (holotipo: BM, isotipo: LINN-SM-881.3).

Árbol caducifolio de porte mediano de aproximadamente 14 m de alto y 30 cm de diámetro, el tronco acanalado, corteza color grisáceo, copa angosta, las flores color blanco cremoso y los frutos color rojos cuando maduros. *C. aromatica* se encuentra en bosques secos y húmedos del Caribe, Bolivia, Brasil, Guyana, Suriname y

Venezuela (Holst *et al.* 2003, Holst 2007); en Colombia no se había registrado previamente. Se recolectó en el municipio de Tame, en un bosque caducifolio del piedemonte araucano con fuerte intervención antrópica.

Espécimen estudiado: Arauca. Tame. Vereda Sabana de La Vieja. Predio El Oso. 6° 22'53" N - 71° 54'55" O. En borde de bosque fragmentado. 740 m s.n.m. 24 de septiembre de 2012, F. J. Mijares 211 (HORI).

Olacaceae

Dulacia cyanocarpa Sleumer, Flora Neotropica 38: 130-131. 1984. Tipo: Venezuela: Apure, Pedro Camejo: South bank of the Río Cinaruco, E of Laguna Larga, 30 de April 1977, G. Davidse & A. González 12399 (holotipo: MO, isotipos: L, VEN).

Liana hasta arbusto sarmentoso ca. 3 m de alto, ramas puberulentas, hojas cartáceas, oblongo-obovadas u ovadas, 4-8(-12) x 2.5-3.5 (-4) cm, pétalos blancos y los frutos drupas oblongo-obovoides. *D. cyanocarpa* Sleumer se consideraba una especie endémica del estado Apure y norte del estado Amazonas en Venezuela (Sleumer 1984, MacDougal 2003, Duno de Stefano 2007b). En Colombia no se había registrado previamente, se recolectó en el departamento del Vichada, en bosques de galería de la planicie aluvial del caño Peinilla.

Espécimen estudiado: Vichada. P. N. N. Tuparro, Caño Peinilla. 5° 35' N - 68° 02' O. 50 m s.n.m. 25 de diciembre de 2015, M. C. Pizano 15 (ICESI).

Phyllanthaceae

Phyllanthus microphyllus Kunth, Nov. Gen. Sp. (quarto ed.) 2: 109-110. 1817. Tipo: Venezuela: *Crecit in ripa Orinoci*, Mayo. 1800, A. von Humboldt & A. Bonpland s/n (holotipo: P, isotipos: B, HAL).

Hierba de 5-15 cm de altura, con aerénquima basal, ramitas 2-5 cm de largo, de 10 a 20 hojas. *P. microphyllus* Kunth crece en sabanas húmedas y pantanos; es una especie conocida de Bolivia, Brasil y de los Llanos, Amazonía y Guayana de Venezuela

(Webster *et al.* 1999, Berry *et al.* 2007). En Colombia no se había registrado previamente, se recolectó en el municipio de Arauca en sabanas estacionalmente inundables.

Espécimen estudiado: Arauca. Arauca. Vereda Mata de Gallina. Campus de la Universidad Nacional de Colombia sede Orinoquia. 7° 0'38" N - 70°44'30" O. Sabana inundable. 127 m s.n.m. 30 de agosto de 2013, F. J. Mijares 883 (HORI).

Rhamnaceae

Gouania wurdackii Steyerl, Ann. Missouri Bot. Gard. 75: 1065. 1988. Tipo: Venezuela, Bolívar, Cerro San Borja, 100-300 m s.n.m, 12 Dic. 1955, J. J. Wurdack & J. V. Monachino 39810 (holotipo: MO, isotipos: NY, VEN).

Liana hasta arbusto sarmentoso, ramas estriadas, densamente fulvo-tomentosas, hojas discoloras, verde oliva por la haz, cinéreas por el envés, subcordadas o cordadas en la base, los pétalos cuculados. *G. wurdackii* crece en bosques sobre afloramientos de granito, se consideraba una especie endémica de los estados Bolívar y norte del estado Amazonas en Venezuela (Steyerl y Berry 2004).

Espécimen estudiado: Vichada. R. F. Tuparro, Finca Casaima, 50 m s.n.m. s/f, J. Daniel 18 (COL).

Breve reseña histórica de las exploraciones en la Orinoquia colombiana

Actualmente, se conoce que los ecosistemas llaneros han sido utilizados en los últimos 1000 años; las llanuras de inundación fueron activamente manejadas e influenciadas por los pueblos originarios más de lo que se creía (Zucchi y Denevan 1975). Estos autores comprobaron que la vegetación y los suelos fueron objeto de intervenciones basadas en modelos geomorfológicos de origen antropogénico, conocidos como “campos elevados de irrigación”, frecuentes en las planicies inundables llaneras de los actuales estados Barinas, Portuguesa y Apure en Venezuela, y el departamento de Arauca en Colombia (Giraldo

1988). Esto demuestra que la región era conocida en detalle por los numerosos pueblos originarios que la habitaban mucho antes que este sector tuviese fronteras políticas. Estas comunidades de la Orinoquia poseían un conocimiento de la vegetación, la topografía y la ubicación de los principales ríos, también manejaban técnicas de subsistencia alimentaria y disponían de un sistema de caminos ancestrales que le permitían el intercambio de una cuenca a otra. Esta información no fue escrita, por lo tanto la historia “comienza” a partir de los numerosos documentos elaborados principalmente por sacerdotes después del primer viaje de Cristóbal Colón en 1492 al “nuevo continente”. Consecuentemente, la vegetación de la región llanera fue estudiada y clasificada de acuerdo con los conceptos académicos, los instrumentos y materiales disponibles para cada época. Se admitía que los agentes de la casa “Welser” de Augsburgo (Jorge de Spira o Hohermut, Felipe de Hutten y Nikolaus Federmann) fueron los que efectuaron las primeras expediciones por europeos hacia el río Orinoco desde la tierra firme entre 1530 y 1539 (Arcaya 1916, De Lima 1999, Aymard y González 2007, 2014, Aymard 2015), lo cual no es cierto. De acuerdo a la información del cronista fray Diego Albéniz de La Cerrada, en 1521 el almirante López de La Puebla con un grupo de expedicionarios remontaron los ríos Orinoco y Apure, llegando al lado opuesto del actual sitio donde se encuentra San Fernando de Apure, posteriormente continuaron al Norte encontrando un gran complejo de tierras llanas (Albéniz de La Cerrada, s/f). En esta narrativa se describen amplios sectores planos compuestos por una densa matriz de gramíneas de gran tamaño, la cual no permitía el avance de los hombres y caballos (Myers 1933) y la presencia de numerosas lagunas y tierras anegadas con dominancia de gramíneas de menor porte mezclados con palmares. Las comunidades de gramíneas de menor tamaño quizás sugieren a las sabanas de la “paja chigüirera” (*Paspalum fasciculatum* Willd. ex Flügge), las lagunas a los numerosos humedales que albergan la región, y los palmares probablemente indican los morichales y las comunidades de la palma llanera (*Copernicia tectorum* (Kunth) Mart.). N. Federmann realizó su primer viaje en 1530 desde Coro (actual estado Falcón, Venezuela), que denominó expedición al “Mar del

Sur”, sin embargo, solamente llegó hasta los altos llanos Occidentales de Venezuela (Ferdemann 1557). En 1535, J. de Spira y F. de Hutten partieron de Coro y después de numerosos contratiempos llegaron hasta las cabeceras del río Guaviare en Colombia. Entre 1537-1539, N. Federmann viajó nuevamente hacia el Sur en su segunda expedición en busca del reino del Meta o “El Dorado”, atravesó los Llanos Colombo-Venezolanos, llegando a las cuencas de los ríos Guaviare, Pauto y Ararí, y finalmente exploró la actual región de Cundinamarca (Federmann 1557, Arcaya 1916, De Lima 1999). Posterior a estas exploraciones y con el propósito de adquirir armas y provisiones, en 1597, el capitán López de Illares con un pequeño contingente realizó un viaje desde el bajo río Orinoco hacia el Reino de la Nueva Granada. Esta expedición tuvo una duración de 18 meses, en la cual navegaron “por primera vez” los ríos Apure y Sarare aguas arriba de Guasualito (estado Apure, Venezuela), 49 años antes que M. de Ochagavía se atribuyese esta primicia en 1646 (Ojer 1966, Perera 2003). El jesuita J. Gumilla viajó a la región de los Llanos en 1715 y documentó la existencia de un amplio sector sin cordilleras situado al este de los Andes Orientales colombianos. El padre Gumilla exploró durante 16 años los ríos Apure, Meta y el Orinoco hasta su desembocadura, elaborando notables descripciones de sus recursos naturales, paisajes, costumbres de sus habitantes y la geografía general de la región, información que se encuentra en su reconocida obra titulada “El Orinoco ilustrado y defendido: historia natural, civil y geográfica de este gran río y de sus caudalosas vertientes” (Gumilla 1731).

Con el objetivo de establecer y fijar los límites entre los territorios españoles y portugueses en América, en 1754 se conformó la “Comisión de Límites al Orinoco”, actividad a cargo de José de Iturriaga, la cual tuvo como botánico a Pehr Löefling (un discípulo de Carl Linnaeus). Desafortunadamente, Loeffling murió víctima de la malaria en 1756 (Lucena-G. y de Pedro 1992). A pesar de esta tragedia, los españoles no perdieron el interés por estudiar los recursos naturales, al contrario, continuaron sus exploraciones, fundando poblados, registrando lugares de interés y haciendo énfasis en el reconocimiento de la flora y demás

recursos de la región. Como resultado de la búsqueda de una nueva ruta de abastecimiento que comunicase el Orinoco con el interior del Nuevo Reino de Granada, se elaboraron descripciones de los ríos Guaviare e Inírida por José Solano en 1758, y los ríos Ariarí y Guayabero por Eugenio Alvarado en 1759 (Lucena-G. y de Pedro 1992). No obstante, las primeras especies de plantas formalmente descritas para Colombia se encuentran en la obra “*Selectarum Stirpium Americanarum*” escrita por el médico holandés N. J. von Jacquin, quien viajó por América desde 1755 hasta 1759 (Díaz-Piedrahita 2000, Madriñan 2013). Sin embargo, los trabajos pioneros de la botánica colombiana que han tenido la repercusión más importante fueron los realizados por la Real Expedición Botánica dirigida por J. C. Mutis a finales del siglo XVIII, actividad que se prolongó por 30 años (Peset 1991). Aunque los trabajos de N. J. von Jacquin y la Expedición botánica no exploraron la Orinoquía, los resultados son extraordinarios, destacan las 7,100 láminas elaboradas por los dibujantes de la Expedición Botánica (Díaz-Piedrahita 2000). A principios del año 1800, A. von Humboldt y A. G. Bonpland realizaron colecciones botánicas en la cuenca del río Orinoco, viajaron por los llanos centrales venezolanos, llegando a San Fernando de Apure, posteriormente continuaron hacia el Sur. Al llegar al Orinoco, viajaron a lo largo del curso del río hasta llegar a su confluencia con los ríos Atabapo y Guaviare. Estos trabajos incluyeron colecciones a ambos lados del río, hoy en Venezuela (el sector de Atures en la porción al Este del Orinoco) y en Colombia (Maypures en la porción Oeste), describiendo por primera vez la región de la Orinoquia desde el punto de vista botánico, y recolectando numerosas especies nuevas para la ciencia (Dugand 1956). Sin embargo, el interés en conocer la vegetación en los Llanos de Colombia se prolongó durante los siglos XIX y XX. En 1844 el naturalista francés J. Goudot recolectó en la región de San Martín de los Llanos (departamento del Meta), no obstante, fue J. J. Triana el primer botánico colombiano en recolectar muestras botánicas en la región de los Llanos Orientales en 1854 y 1856, durante sus trabajos como botánico de la Comisión Corográfica dirigida por Agustín Codazzi desde 1851 al 1857 (Acuña 2011). Triana exploró una porción importante del

territorio colombiano y recolectó ca. 4000 especímenes (Dugand 1944, Díaz-Piedrahita y Lourteig 1989). Paralelamente a los trabajos de Triana, en 1854 H. Karsten y R. Spruce recolectaron numerosas plantas en la regiones del Meta y Maypures respectivamente, muchas de las cuales resultaron nuevas especies para la ciencia, destacándose: *Batocarpus orinocensis* H. Karst. (Moraceae) y *Ernestia cordifolia* O. Berg ex Triana (Melastomataceae). En 1870, el departamento de Hacienda y Fomento designó a C. Michelsen y N. Sáenz la misión de explorar y recoger productos vegetales de los bosques situados en el territorio de los llanos San Martín de los Llanos, los cuales se consideraba que podrían llegar a tener potencialidad de productos industriales (Secretaría de Hacienda y Fomento 1872). Las exploraciones en los Llanos de Colombia continuaron a finales del siglo XIX con la presencia de los prestigiosos botánicos F. Montolieu (1870; 1872), F. André (1875-76), C. Lehmann (1897) y T. S. Sprague (1898; 1899). En 1899, Colombia y Venezuela nombraron dos comisiones técnicas encargadas de verificar la demarcación y explorar los recursos naturales a lo largo de la región limítrofe, actividad posterior a la firma en 1898 del pacto que reglamentó la ejecución del laudo arbitral español de 1891, el cual definió los límites entre ambos países. Las delegaciones las integraron numerosos profesionales, destacándose del lado colombiano los naturalistas R. Lleras-Codazzi, S. Cortés, J. M. Vargas-Vergara y J. M. Zamora (Uribe 1900). Esta actividad produjo una cantidad importante de documentos originales con información de los recursos de la Orinoquia, destacan los contribuciones de Lleras-Codazzi y Cortés (1900), Cortés y Lleras-Codazzi (1901), Vargas-Vergara (1909 a,b,c,d,e) y Reyes (1909). Durante el siglo XX la actividad botánica prosiguió con los trabajos de J. Daniel (1909), F. W. Pennell (1917), E. Pérez-Arbeláez (1930), Hermano Apolinar (1930), J. Cuatrecasas y H. García-Barriga (1938; 1939), R. Haught (1938; 1939), A. H. Alston (1939), E. P. Killip (1939), D. G. Fairchild (1941), R. Jaramillo M. (1940;41), A. Dugand (1941;42), E. T. Gilliard (1942), F. R. Fosberg (1944), F. J. Hermann (1944), E. L. Little Jr. (1944), P. H. Allen (1945), R. Romero-Castañeda (1948), W. R. Philipson (1949:50), J. M. Idrobo y S.

G. Smith (1950), R. E. Schultes y I. Cabrera (1950), A. Fernández P. (1956), H. G. Barclay (1959), P. Pinto (1959), L. A. Uribe (1960), V. M. Patiño (1960), D. D. Soejarto (1963), J. Blydenstien y E. Saravia T. (1963, 1967), F. A. Barclay (1968), S. López-Palacios (1968), G. Lozano (1970), Hermano Daniel (1971), G. Davidse (1973;74), E. Forero (1973), T. Plowman (1974), J. Zarucchi (1976), P. C. Vincelli (1978; 1979), J. O. Rangel-Ch. (1979), J. Díaz-Piedrahita (1981). Sobresalen los trabajos J. Cuatrecasas y H. García-Barriga, y los de J. Blydenstein y E. Saravia T, quienes estudiaron la flora y vegetación de los Llanos Orientales entre 1938-1939 y 1963, respectivamente. Estos investigadores recolectaron numerosas especies nuevas para el país y la ciencia, de las cuales destacan *Caraipa llanorum* Cuatr. (Calophyllaceae) y *Protium llanorum* Cuatr. (Burseraceae) recolectadas por los primeros y *Axonopus orinocensis* Gir.-Cañas (Poaceae) por los segundos, taxones considerados emblemáticos de la flora de la bioregión llanera. Mención especial merecen el mapa ecológico de Colombia utilizando la formulación climática de Holdridge (Espinal y Montenegro 1963, reeditado en 1977), y los trabajos de Blydenstein (1963, 1967), publicaciones que describen las zonas de vida presentes en los Llanos colombianos. A finales del siglo XX, la producción académica acerca del conocimiento de la vegetación llanera continuo a través de los trabajos de Rangel-Ch. *et al.* (1995), Giraldo-Cañas (2008), Correa-G. y Stevenson (2010), Córdoba *et al.* (2011), Rangel-Ch. y Minorta Cely (2014), Mijares *et al.* (2014), Cabrera-A. y Rivera-D. (2016) y Castro-Lima *et al.* (2016). En estas contribuciones se hace un balance general del estado actual de conocimiento de la vegetación de la Orinoquia y se resalta la importancia ecológica y florística de sus tres subregiones (piedemonte, abanicos aluviales y altillanuras), la presencia de numerosas comunidades vegetales y de la gran diversidad florística de la región (Rangel-Ch. 2014, 2015a).

Por otra parte, actualmente el país cuenta con un análisis de la biodiversidad (Rangel-Ch. 2015b) y la información de los catálogos de Minorta Cely y Rangel-Ch. (2014a,b), Bernal *et al.* (2016) y Cárdenas-López *et al.* (2016), respectivamente. Estas contribuciones

logran consolidar por primera vez el inventario de la flora nacional con un total de 27861 especies, y a la vez constituyen una herramienta indispensable para la comprensión y el manejo de la biodiversidad de un país que en la actualidad ocupa el segundo lugar en la lista de países megadiversos a nivel mundial (Butler 2016) y el primero en relación área/especies. Sin embargo, como lo expresan los autores de los catálogos mencionados, las investigaciones no concluyen con estas obras, en virtud de que aún existen muchas regiones que han sido escasamente exploradas o donde no se ha muestreado extensamente.

Conclusiones

Las 18 especies registradas en la presente contribución constituyen nuevos registros para la flora vascular de Colombia, destacan: *Nectandra bartlettiana* Lasser (Lauraceae), *Muellera crucisrubierae* (Pittier) M. Sousa, *Enterolobium barinense* L. Cárdenas & Rodr.-Carr. (Fabaceae), *Duguetia riberensis* Aristeg. ex Maas & Boon (Annonaceae), *Dulacia cyanocarpa* Sleumer (Olacaceae) y *Gouania wurdackii* Steyerl., taxones que se consideraban endémicos de la flora de Venezuela.

Por su riqueza en especies y ecosistemas diferentes, la Orinoquia es una de las regiones biológicamente más diversas del mundo (Lasso *et al.* 2010). Al igual que toda la región neotropical, la presión para su explotación mediante los modelos económicos actuales crece cada día sin tomar en consideración la información científica indispensable para la elaboración de los diferentes planes de utilización, manejo y conservación de estos valiosos ecosistemas. Es obvio que los ecosistemas llaneros deben ser utilizados de alguna manera, pero lo racional debería ser aprovecharlos de tal forma que éstos puedan renovarse, mantener su integridad ecosistémica y persistir en el tiempo. Sin embargo, actualmente y como se comprueba en el presente estudio, no se ha generado suficiente conocimiento científico para formar la base de cuál es el tipo de desarrollo más apropiado, quizás esto es debido a lo grande del territorio, y a la enorme cantidad y variabilidad de recursos edáficos, hídricos, de flora

y de fauna que la región alberga. Por otra parte, el poco interés en tratar de desarrollar la región sobre un fundamento científico, y la visión simplista de que los bosques y sabanas llaneras representan una fuente inagotable de la flora y fauna, han resultado en una ocupación arbitraria de colonización de las tierras, de una manera que no es apta ni para el ambiente ni para la economía local, especialmente a mediano y largo plazo. Para confrontar este problema, es importante mejorar el conocimiento científico en todos los campos. La mejor estrategia debe orientarse en acumular la información disponible para desarrollar programas de investigación científica prioritarios (básicos y aplicados) para hacer accesible los resultados y ponerlos a disposición de aquellos que tienen la responsabilidad de tomar decisiones sobre el desarrollo regional y el manejo de sus recursos naturales de la Orinoquia colombiana.

Finalmente, estos nuevos registros de plantas para la flora de Colombia confirman la importancia de los herbarios regionales y de los proyectos de exploración botánica para el estudio y conocimiento de la flora del norte de la Orinoquia, una región en la que factores de orden público y la ausencia de una política apropiada de estudio de los recursos naturales habían limitado los trabajos florísticos y la investigaciones de campo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los habitantes y propietarios de diferentes predios rurales del departamento de Arauca, los cuales amablemente permitieron que se realizaran muestreos en sus propiedades y zonas aledañas, a Gustavo A. Romero (AMES) por la revisión del manuscrito y la ayuda en la búsqueda de bibliografía histórica en la biblioteca de la universidad de Harvard, a Diego Giraldo Cañas (COL) por sus comentarios, a Francisco Castro-Lima, investigador y experto de la flora de la Orinoquia, a Karen Pérez A. (Fundación Orinoquia Biodiversa FOB), a Juan Carlos Agudelo (Colección Entomológica sede Orinoquia - CEO), a los estudiantes auxiliares y de pasantía que han apoyado las labores de curaduría en el herbario HORI, a la Coordinación de Investigación de la sede Orinoquia de la Universidad Nacional de Colombia, a Marco Octávio de Oliveira Pellegrini (RB) por las determinaciones

en el género *Murdannia* (Commelinaceae), a María C. Pizano (ICESI), Carlos Parra-O. (COL) y Diego Giraldo-C. (COL) por conceder la información de *Dulacia cyanocarpa* Sleumer (Olacaceae) y *Lindernia brachyphylla* Pennell ex Steyererm. (Linderniaceae), respectivamente.

Bibliografía

- Acuña, R. 2011. José Jerónimo Triana (heredero de una tradición botánica). Cuadernos de pioneros de museología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 31 p.
- Albéniz de la Cerrada, D. s.f. Los desiertos de Achaguas. Pp. 207-269. En: Ocampo, J., F. Salcedo y Ordoñez, D. Albéniz de la Cerrada y N. de la Concepción Zapata (Narradores). La Gran Florida-Los Chiapas (Ríos de La Plata y Paraguay); Los desiertos de Achaguas (Llanos de Venezuela); Los caciques heroicos. Manuscrito original, Biblioteca Nacional, Madrid, España.
- APG IV 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181 (1): 1-20.
- Arcaya, P. M. 1916. Narración del primer viaje de N. von Ferdermann a Venezuela. Caracas. 100 p. (Traducción al Español).
- Aymard, G. 1999. Aspectos sobre la fitogeografía de la flora de las montañas de Guaramacal en los Andes de Venezuela. Pp. 95-100. En: Cuello, N. (Ed.). Parque Nacional "Guaramacal". UNELLEZ-Fundación Polar. Caracas, Venezuela.
- Aymard, G. 2015. Bosques de los Llanos de Venezuela: estructura, composición florística, diversidad y estado actual de conservación. Pp. 241-268. En: López, F., J. M. Hétier, D. López-h., R. Schargel y A. Zinck (Eds.). Tierras Llaneras de Venezuela. 2ª Edición, IRD-CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Aymard, G. 2017. Adiciones a la flora vascular de los Llanos de Venezuela: nuevos registros y estados taxonómicos. *Biollania* (Edic. Esp.) 15: 1-296.
- Aymard, G. y N. Cuello. 1998. Caryophyllaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana* 4: 171-174.
- Aymard, G., C. N. Cuello, P. E. Berry, V. E. Rudd, R. S. Cowan, P. R. Fantz, R. H. Maxwell, C. H. Stirton, H.-H. Poppendieck, H. Cavalcante de Lima, R. H. Fortunato, B. Stergios, N. Xena de Enrech, D. A. Neill, R. T. Pennington y C. Gil. 1999. Fabaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana* 5: 231-433.
- Aymard, G. y V. González 2007. Consideraciones generales sobre la composición florística y diversidad de los bosques de los Llanos de Venezuela. Pp. 59-72. En: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo ilustrado y anotado de las plantas vasculares de los Llanos de Venezuela. FUDENA, FUNDACIÓN POLAR, FIBV.
- Aymard, G. y J. Vélez-C. 2015. Aspectos de los hábitats (estructura, composición florística y conservación) de la nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) en Arauca, Colombia. Pp. 53-76. En: Franco-Rozo, M. C., C. Ribas, C y K. Pérez-A. (Eds.). La Nutria Gigante en Arauca: ecología, percepción cultural y retos para su conservación. Corporinoquia-Fundación Orinoquia Biodiversa. Yopal. Colombia.

- Aymard, G. y V. González. 2014. Los bosques de los Llanos de Venezuela: Aspectos de su estructura, composición florística y estado actual de conservación. Pp. 483-532. *En*: Rangel-Ch., O. J. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica XIV. La región de la Orinoquia de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.
- Barneby, R. C. J. W. Grimes, P. E. Berry, D. Brunner, E. Forero, L. Cárdenas, G. De Martino, H. C. F. Hopkins y E. M. de Lamare Occhioni. 2001. Mimosaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana* 6: 580-685.
- Bernal, R., S. Gradstein y M. Celis. 2016. Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia Volumen I. Primera edición. Bogotá. D.C. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales. Volúmenes I y II. 1500 p.
- Berry, P., R. Riina, J. M. Cardiel y H-J Esser. 2007. Euphorbiaceae. Pp. 463-479. *En*: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela. FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela.
- Blydenstein, J. 1967. Tropical savanna vegetation of the llanos of Colombia. *Ecology* 48:1-15.
- Blydenstein, J. 1963. The savanna vegetation of the llanos Orientales, Colombia, South America. PhD thesis, University of Arizona. 273 pp.
- Butler, A. R. 2016. The top 10 most biodiverse countries. Mongabay, 21-May-2016. En línea: <https://news.omngabay.com/2016/05/top-10-biodiverse-countries/>. Consultado en: 10 de mayo de 2016.
- Cabrera-A. D. M. y O. Rivera-D. 2016. Composición florística y estructura de los bosques ribereños de la cuenca baja del río Pauto. Casanare, Colombia. *Caldasia* 38: 53-86.
- Cárdenas de G., L. 2007. Mimosaceae. Pp. 575-589. *En*: Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela. Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (eds.). FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela.
- Cárdenas-López, D., H. Mendoza, M. F. González y S. Sua. 2016. Flora de la cuenca del río Orinoco en Colombia: grado de conocimiento, uso y conservación. *Revista Colombia Amazónica* 9: 93-146.
- Castro-Lima, F., S. Cárdenas y P. R. Stevenson. 2016. Flora de las cuencas del río Meta y del Bitá. Pp. 57-77. *En*: Trujillo, F., R. Antelo y S. Usma (Eds.). Biodiversidad de la cuenca baja y media del río Meta. Fundación Omacha, Fundación Palmarito, WWF. Bogotá, Colombia.
- Córdoba, M., L. Miranda-C., R. Avila A. y C. Pérez R. 2011. Flora de Casanare. Pp. 82-101. *En*: Usma, S y F. Trujillo (Eds.). Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá, D.C.
- Correa-Gómez, D. F. y P. R. Stevenson. 2010. Estructura y diversidad de bosques de los Llanos Orientales colombianos (Reserva Tomo Grande, Vichada). *Revista Orinoquia* 14: 31-48.
- Cortés, S. y R. Lleras-Codazzi. 1901. Informe de los naturalistas de la comisión colombiana en la primera sección de la frontera. *Anales Diplomáticos y Consulares de Colombia* 2: 491-558.
- De Lima, B. 1999. Presencia y actuación de los Welser en la provincia de Coro. Pp. 14-34. *En*: Rodríguez, J. A. (Ed.). Alemanes en las regiones Equinocciales. Col. Trópicos, Comisión de Postgrado, UCV, Alfa Grupo Edit. Caracas. Venezuela.
- de Oliveira-Pellegrini., M. O., R. B. Faden y R. F. de Almeida. 2016. Taxonomic revision of neotropical *Murdannia* Royle (Commelinaceae). *PhytoKeys* 74: 35-78.
- Díaz-Piedrahita, S. 2000. "La Expedición Botánica". Sociedad Geográfica de Colombia, Academia de Ciencias Geográfica. En línea: <http://www.sogeocol.com.co/documentos/01laexp.pdf>. Consultado en: 8 de octubre de 2016.
- Díaz-Piedrahita, S. y A. Lourteig. 1989. Génesis de una flora. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección E. Pérez-Arbeláez* 2. Bogotá. 400 p.
- Dugand, A. 1956. Plantae praesertim Maypurenses a Humboldtio et Bonplandio in ripa occidentali fluminis Orinoco lectae ideoque ad floram Colombiensem referendae. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 9 (36-37): 315-324.
- Dugand, A. 1944. Itinerarios Botánicos de José Jerónimo Triana. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 5 (20): 483-489.
- Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). 2007. Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela. FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela. 703 p.
- Duno de Stefano, R. 2007a. Bignoniaceae. Pp. 389-400. *En*: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela. FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela.
- Duno de Stefano, R. 2007b. Olacaceae. Pp. 608-610. *En*: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela. FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela.
- Espinal, L. S. y E. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Editorial Canal Ramírez, 201 p. + 1 mapa. [reeditado en 1977].
- Federmann, N. 1557. "Indianische Historia. Ein schöne kurtzweilige Historia Ni Claus Federmanns des Jüngern von Ulm erster raise", Ulm, Germany. 115 p.
- Gentry, A. H. 1997. Bignoniaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana* 3: 403-491.
- Giraldo-Cañas, D. 2008. Flora vascular de los afloramientos precámbricos (Lajas - Inselbergs) de la Amazonia Colombiana y áreas adyacentes del Vichada: I. Composición florística. Pp. 89-118. *En*: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia, Diversidad Biótica VII (Vegetación, palinología y paleoecología de la Amazonía colombiana). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá.
- Giraldo, M. 1988. Investigación arqueológica en los Llanos Orientales, región Cravo Norte, Arauca. *Boletín Museo del Oro* 21: 3-24.
- Guevara, J. R. 2015. Propuesta de clasificación biogeográfica para los Llanos de Venezuela. Universitat de València. Facultad de Farmacia. Departamento de botánica. Jardí botànic de la Universitat de València-icbibe, Valencia, España, PhD

- disertation, 385 p.
- Gumilla, J. 1731. El Orinoco ilustrado y defendido. Historia natural, civil y geográfica de este gran río y de sus caudalosas vertientes. Escrito en 1731. Ediciones posteriores: 1745, 1791 y 1882. Caracas: Academia Nacional de la Historia, Fuentes para la Historia Colonial de Venezuela, 345 p.
- Holmgren, N. H. y K. A. Vincent. 2005. Scrophulariaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana*. 9: 145-167.
- Holst, B. K. 2007. Myrtaceae. Pp. 598-603. *En: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela*. FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela.
- Holst, B. K., L. Landrum y F. Grifo 2003. Myrtaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana* 7: 1-99.
- Johnson D. M. y N. A. Murray. 1995. Synopsis of the tribe *Bocageae* (Annonaceae), with revisions of *Cardiopetalum*, *Froesiodendron*, *Trigynaea*, *Bocagea*, and *Hornschurchia*. *Brittonia* 47: 248-319.
- Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds.). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: Bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos A. von Humboldt, WWF-Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D.C., Colombia, 609 p.
- Lewis, D. Q. 2000. A revision of the New World species of *Lindernia* (Scrophulariaceae). *Castanea* 65 (2): 93-122.
- Lleras-Codazzi, R. 1900. Informe que presenta al Sr. Ministro de Relaciones Exteriores el Sr. Ricardo Lleras Codazzi, naturalista de la Comisión de Límites con Venezuela en la 1a sección de la línea fronteriza. *Anales Diplomáticos y Consulares de Colombia* 1: 449-459.
- LPWG. 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 66: 44-77.
- Lucena-G. M. y A. E. de Pedro. 1992. La frontera caribica: Expedición de límites al Orinoco (1754-1761). Cuadernos Lagoven, Edit. Arte S. A. Caracas, Venezuela. 119 p.
- Maas, P. J. M., L. Y. T. Westra y L. W. Chatrou. 2003. *Duguetia*. *Flora Neotropica Monograph* 88: 1-276.
- Meléndez-González, P. A. 2009. Sinopsis del género *Machaerium* Pers. (Leguminosae-Papilionoideae-Dalbergieae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 32: 363-416.
- MacDougal, J. M. 2003. Olacaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana* 7: 162-186.
- Madriñan, R. S. 2013. Nikolaus Joseph Jacquin's American Plants: Botanical Expedition to the Caribbean (1754-1759) and the Publication of the "Selectarum Stirpium Americanarum Historia Brill Academic Publishers. The Netherlands. 426 p.
- Mijares, F., G. Aymard y F. Castro-L. 2014. Propuesta cartográfica sobre la distribución espacial de bosque estacionalmente seco en la Orinoquia colombiana y listado de las especies para los departamentos de Vichada, Casanare, Meta y Arauca. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y Fundación Orinoquia Biodiversa (FOB), Tame, Colombia, 60 p.
- Minorta-Cely, V., y J. O. Rangel-Ch. 2014a. El clima de la Orinoquia Colombiana. Pp. 207-236. *En: Rangel-Ch., O. J. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica XIV: La región de la Orinoquia de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.
- Minorta-Cely, V. y J. O. Rangel-Ch. 2014b. La riqueza y la diversidad de las plantas con flores de la Orinoquia Colombia. Pp. 237-418. *En: O. J. Rangel-Ch. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica XIV: La región de la Orinoquia de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.
- Morillo, G. 2016. *Tassadia medinae* (Morillo) Morillo, Pp. 690. *En: Bernal, R., S. R. Gradstein y M. Celis (Eds.). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia, Vol. 1*. Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Myers, J. G. 1933. Notes on the vegetation of the Venezuelan Llanos. *Journal of Ecology* 21: 335-349.
- Ojer, P. 1966. La Formación del Oriente Venezolano. Universidad Católica Andrés Bello. Facultad de Humanidades y Educación. Instituto de Investigaciones Históricas. Caracas, 320 p.
- Perera, M. A. 2003. La provincia fantasma: Guayana siglo XVII (Ecología cultural y antropología histórica de una rapaña: 1598-1708). CDCH, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 57 p.
- Peset, J. L. 1991. José Celestino Mutis y las etapas de la ciencia Novogranadina. Actas I Jornadas sobre España y las expediciones científicas a América y Filipinas. Pp. 170-181. Doce Calles. Madrid, España.
- Rangel-Ch., J. O. 2014. Ecosistemas de la Orinoquia Colombiana. Pp. 807-847. *En: Rangel-Ch., O. J. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica XIV: La región de la Orinoquia de Colombia*, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.
- Rangel-Ch., J. O. 2015a. La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39 (151): 176-200.
- Rangel-Ch. J. O. 2015b. La riqueza de las plantas con flores de Colombia. *Caldasia* 37: 279-307.
- Rangel, J. O., H. Sanchez-C., P. Lowly-C., M. Aguilar-P. y A. Castillo-G. 1995. Región de la Orinoquia. Pp. 238-252. *En: Rangel-Ch. O. J., H. Sánchez, P. Lowly, M. Aguilar, y A. Castillo (Eds.). Colombia: Diversidad Biótica I*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.
- Rangel-Ch. J. O. y V. Minorta-Cely. 2014. Los tipos de vegetación de la Orinoquia Colombiana. Pp. 533-622. *En: Rangel-Ch. O. J. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica XIV: La región de la Orinoquia de Colombia*, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.
- Reveal, J. L. y M. W. Chase. 2011. APG III: Bibliographical information and synonymy of Magnoliidae. *Phytotaxa* 19: 71-131.
- Reyes, R. 1909. Exploraciones Territoriales-El Amazonas y el Orinoco. *Revista del Ministerio de Obras Públicas* 4 (2): 116-118.
- Rodríguez-González, A. 2015. Tiliaceae. *En: Hammel, B. E., M. H. Grayum, C. Herrera y N. Zamora (Eds.). Manual de Plantas de Costa Rica. Vol. VIII. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 131: 418-445.

- Rohwer, J. G. 1993. Lauraceae: *Nectandra*. *Flora Neotropica* 60: 1-335.
- Romero, M., G. Galindo, J. Otero y D. Armenteras, 2004. Ecosistemas de la cuenca del Orinoco colombiano. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. D.C. Colombia. 189 p.
- Schargel, R. 2007. Geomorfología y suelos. Pp. 15-31. *En*: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo Anotado e Ilustrado de la Flora Vascular de los Llanos de Venezuela, FUDENA-Fundación Polar-FIBV, Caracas.
- Schargel, R. 2015. Suelos llaneros: geomorfología, distribución geográfica y caracterización, Pp. 63-153. *En*: López-F., R., J.-M. Hétier, D. López-H., R. Schargel y A. Zinck (Eds.). Tierras Llaneras de Venezuela. 2º Edición, IRD-CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Schargel, R. y G. Aymard. 1993. Observaciones sobre suelos y vegetación en la llanura eólica limosa situada entre los ríos Capanaparo y Riecito. Estado Apure. Venezuela. *Biollania* 9: 119-147.
- Secretaría de Hacienda y Fomento. 1872. Colección de publicaciones relativas a la administración de la hacienda nacional. Tomo II (Parte III): Documentos diversos sobre hacienda y fomento. Imprenta de Gaitán, Santa Fe de Bogotá, 3 p.
- Sleumer, H. O. 1984. Olacaceae. *Flora Neotropica* 38: 1-158.
- Sousa-Sánchez, M. y S. Sotuyo. 2012. El género *Muellera* L.f. en Mesoamérica y norte de Sudamérica. *Acta Botánica Mexicana* 100: 15-40.
- Steyermark, J. y P. E. Berry. 2004. Rhamnaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana* 8: 473-484.
- Uribe, A. J. 1900. Límites de Colombia con Venezuela I. Introducción. *Anales Diplomáticos y Consulares de Colombia* 1: 78-94.
- Vargas-Vergara, J. M. 1909a. Región Oriental de Colombia-orografía e hidrología. *Revista del Ministerio de Obras Públicas* 4 (2): 119-122.
- Vargas-Vergara, J. M. 1909b. Región Oriental de Colombia-clima. *Revista del Ministerio de Obras Públicas* 4 (3): 182-188.
- Vargas-Vergara, J. M. 1909c. Flora agrícola de la región oriental de Colombia. *Revista del Ministerio de Obras Públicas* 4 (8): 597-607.
- Vargas-Vergara, J. M. 1909d. Flora de la región oriental de Colombia [moriche, yuca, merey, mangle, peramán, caraña, juvia, pijiguao, parasitas, zarzaparrilla y cultivos]. *Revista del Ministerio de Obras Públicas* 4 (10): 757-763.
- Vargas-Vergara, J. M. 1909e. Fauna de la región oriental de Colombia [ganado vacuno, ganado caballar, ganado de cerda, ganado lanar, cabras, ciervos o venados, chigüire y garzas]. *Revista del Ministerio de Obras Públicas* 4 (10): 850-860.
- Webster, G. L., P. E. Berry, W. S. Armbruster, H.-J. Esser, L. J. Gillespie, W. J. Hayden, G. A. Levin, R. de S. Secco y S. V. Heald. 1999. Euphorbiaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana* 5: 72-230.
- Van der Werff, H. 2008. A synopsis of the genus *Tachigali* (Leguminosae: *Caesalpinioideae*) in northern South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 95: 618-660.
- Wingfield, R. 2007. Annonaceae. Pp. 343-347. *En*: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela. FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela.
- Wingfield, R. y G. Aymard. 2007. Fabaceae. Pp. 479-508. *En*: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela. FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela.
- Wingfield, R. y H. van der Werff. 2007. Lauraceae. Pp. 530-534. *En*: Duno de Stefano, R., G. Aymard y O. Huber (Eds.). Catálogo anotado e ilustrado de la Flora vascular de los Llanos de Venezuela. FUDENA. Fundación Empresas Polar. FIBV. Caracas, Venezuela.
- Zinck, A. 2015. Las Tierra Llaneras "A vuelo de pájaro". Pp. I-VIII. *En*: López-F., R., J.-M. Hétier, D. López-H., R. Schargel y A. Zinck (Eds.). Tierras Llaneras de Venezuela. 2º Edición, IRD-CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Zucchi, A. y W. M. Denevan. 1975. Campos agrícolas prehispánicos en los Llanos de Barinas, Venezuela. *Indiana* 2: 209-225.

Francisco J. Mijares S.

Herbario Orinocense Colombiano (HORI)
Universidad Nacional de Colombia, sede Orinoquia
Arauca, Arauca
fjmijaress@unal.edu.co

Gerardo A. Aymard C.

Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales
Ezequiel Zamora (UNELLEZ)
Herbario Universitario (PORT)
Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela
cuyuni24@hotmail.com

Néstor Pérez-Buitrago

Grupo de Investigación en Ciencias de la Orinoquia (GICO)
Universidad Nacional de Colombia, sede Orinoquia
Arauca, Arauca
nfperez@unal.edu.co

Nuevos registros para la flora vascular de Colombia presentes en la Orinoquia y reseña histórica de las expediciones botánicas a la región

Citación del artículo: Mijares, F. J., G. A. Aymard y N. Pérez-Buitrago. 2017. Nuevos registros para la flora vascular de Colombia presentes en la Orinoquia y reseña histórica de las expediciones botánicas a la región. *Biota Colombiana* 18 (2): 72 – 87. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a05.

Recibido: 17 de febrero de 2017
Aprobado: 23 de agosto de 2017

El género *Zygia* P. Browne (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) en Colombia: análisis de distribución y clave actualizada para su identificación

The genus *Zygia* P. Browne (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) in Colombia: distribution analysis and updated taxonomical key

Carolina Romero-Hernández

Resumen

Se presenta una lista de las especies del género *Zygia* (Leguminosae) presentes en Colombia, incluyendo un análisis de su distribución geográfica y altitudinal, así como también su distribución en las distintas regiones naturales de Colombia y las formaciones vegetales asociadas a cada una de las especies del género. De igual forma se presentan la fenología, nombres vernáculos, usos y una clave dicotómica actualizada para la identificación de las especies colombianas de *Zygia*. Para el estudio de la distribución, nombres comunes, usos y morfología de *Zygia* en Colombia, se revisaron colecciones científicas de referencia depositadas en 16 herbarios nacionales y extranjeros. En Colombia, el género *Zygia* está representado por 21 especies, de las cuales ocho son endémicas para el país. La mayor riqueza de especies se encuentra en las regiones Andina (76,2 %) y Amazónica (66,66 %), mientras que los departamentos con mayor número de especies registradas son Amazonas (12) y Caquetá (11). En Colombia, las especies de *Zygia* ocupan un intervalo altitudinal entre 0-2800 m s.n.m., con la mayor concentración de especies por debajo de los 1000 m s.n.m., y prefieren ambientes correspondientes a bosques húmedos asociados a cursos de agua o en las llanuras de ríos.

Palabras clave. Distribución geográfica y altitudinal. Fabaceae. Fenología. Nombres vernáculos. Usos.

Abstract

A taxonomic list of the species of the genus *Zygia* (Leguminosae) from Colombia is presented, including an analysis of their geographical and altitudinal distribution, their distribution in the Natural Regions of Colombia, and the vegetation types associated with each one of the species of the genus. Similarly, data on the phenology, vernacular names, uses and an updated dichotomous key for the identification of the Colombian species of *Zygia* is presented. To study the distribution, common names, uses and morphology of *Zygia* in Colombia, scientific collections deposited in 16 national and foreign herbaria were studied. In Colombia, the genus *Zygia* is represented by 21 species, of which 8 are endemic to the country. The greatest species richness was found in the Andean (76,2 %) and Amazon (66,66 %) regions, while the departments with the highest number of species are Amazonas (12) and Caquetá (11). In Colombia, the species of *Zygia* occupy an altitudinal range between 0 to 2800 m, with the highest concentration of species below 1000 m. Members of *Zygia* prefer environments corresponding to humid forests associated with watercourses or located on riverine plains.

Key words. Altitudinal and geographical distribution. Fabaceae. Phenology. Uses. Vernacular names.

Introducción

El género *Zygia* P. Browne (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) incluye ca. de 60 especies de árboles y arbustos de distribución estrictamente neotropical a lo largo de Centroamérica y el Caribe (Antillas Mayores), y en Suramérica hasta el noreste de Argentina y Paraguay. La mayor diversidad de especies del género se concentra en Centroamérica, Colombia, las Guayanas y la región noroeste de la Amazonia (Barneby y Grimes 1997, Lewis *et al.* 2005, obs. pers.). Las especies de *Zygia* por lo general prefieren ambientes asociados a cursos de agua, en bosques de galería y zonas costeras y de manglar, desde el nivel del mar hasta ca. 500-900 m de altitud, aunque algunas especies (*Z. ocumarensis* (Pittier) Barneby & J. W. Grimes) pueden llegar a ocupar elevaciones correspondientes a ca. 2600 m s.n.m. (Barneby y Grimes 1997, Lewis *et al.* 2005).

El género *Zygia* incluye arbustos o árboles inermes, con hojas pinnadas y nectarios peciolares presentes, y se caracteriza morfológicamente por sus inflorescencias caulifloras, con todas las flores homomórficas, con un disco intraestaminal rodeando la base del ovario, y con semillas con una cubierta delgada sin pleurograma. La caulifloría o el disco intraestaminal están ausentes en muy pocas especies, aunque si estas situaciones ocurriesen, la ausencia de ambos caracteres nunca se presenta al mismo tiempo en un mismo taxón.

De muchas de las especies de *Zygia* hasta el momento descritas no se conocen los frutos, o éstos se conocen pero en estados muy inmaduros, y otras pocas especies se conocen solamente en fruto y no en flor (Barneby y Grimes 1997, obs. pers.).

Los estudios de filogenética molecular que incluyen al género *Zygia* son muy escasos. En la filogenia molecular más reciente que incluye al género (Iganci *et al.* 2016), *Zygia* fue resuelto como monofilético y aparece como clado hermano de *Inga* Mill. A su vez, el clado de *Zygia* + *Inga* aparece como hermano de un clado que incluye a *Macrosamanea* Britton & Rose ex Britton & Killip y a los miembros andinos de *Abarema* Pittier, que fue resuelto como un género no monofilético.

Para el caso particular de Colombia han sido reportadas 22 (Forero y Romero 2009) y 21 especies (Romero 2016) de *Zygia*. Aunque Forero y Romero (*op. cit.*) presentaron una sinopsis para las especies de *Zygia* de Colombia, el estudio que se presenta a continuación incluye un análisis corológico detallado de las especies de *Zygia* que crecen en Colombia, gracias al estudio de material de herbario depositado tanto en diferentes herbarios colombianos (COAH, COL, CUVC, FMB, HUA, JAUM, MEDEL, TULV) como en varios del exterior (A, F, GH, K, MO, NY, P US). Esta extensa disponibilidad de material de herbario permitió ampliar el conocimiento de la distribución geográfica de las especies de *Zygia* en Colombia, así como la elaboración de mapas de distribución para cada especie, la estimación más precisa de rangos altitudinales, la compilación de nuevos nombres comunes y la inclusión de usos de las especies de *Zygia* en Colombia. Adicionalmente, se presenta la distribución de cada una de las especies del género en las distintas regiones naturales del país, así como los tipos de vegetación a los que las diferentes especies de *Zygia* se encuentran asociadas en Colombia. Finalmente, para complementar la sinopsis de las especies de *Zygia* para Colombia preparada por Romero y Forero (2009), se incluye una clave dicotómica actualizada para la determinación de las especies colombianas y que tiene como novedad la inclusión de rangos morfológicos más amplios con base en el estudio de numerosos ejemplares de herbario, lo que permite una mayor exactitud para la diferenciación de especies.

Material y métodos

Colecciones de herbario y datos de especímenes

Con el fin de recopilar los datos de distribución, nombres comunes y usos de las especies de *Zygia* en Colombia, se estudiaron las colecciones correspondientes a este género depositadas en diferentes herbarios del país (COAH, COL, CUVC, FMB, HUA, JAUM, MEDEL, TULV) y en herbarios del extranjero con un repositorio importante de especímenes colombianos (A, F, GH, K, MO, NY, P, US). En total, se revisaron ca. de 954 especímenes de herbario, de los cuales se tomaron datos morfológicos para construir/complementar la clave

dicotómica para la diferenciación de especies, así como también se recopiló de la información registrada en las etiquetas de herbario de cada espécimen, los datos completos de distribución (departamento, localidad específica, latitud y longitud cuando disponibles, altura sobre el nivel del mar, nombres comunes y usos, herbario, colector y número de colección, fecha de colección, estado del ejemplar –sin flor y fruto, flor, fruto-). Los datos extraídos de las etiquetas de los ejemplares de herbario se consignaron en una hoja de cálculo de Excel 2013 v15,0 para construir una base de datos para posteriores análisis.

Georreferenciación y distribución geográfica de *Zygia* en Colombia

Cuando las etiquetas de los ejemplares de herbario no registraban la latitud y longitud de las localidades de colección, dicha información fue extraída utilizando Google Earth Pro 2015[®] para la determinación aproximada de las coordenadas geográficas, basadas en las localidades registradas en las etiquetas de herbario. Los datos de latitud y longitud se registraron igualmente en la base de datos de Excel (ver párrafo anterior) y fueron transformados a un archivo KML en Google Maps[®] para elaborar los mapas de distribución que fueron posteriormente transformados a un archivo TIFF de imagen.

Determinación de las regiones naturales y asignación de las formaciones vegetales correspondientes

La determinación de las regiones naturales y las formaciones vegetales de Colombia correspondientes a cada espécimen, fueron extraídas utilizando la herramienta “superposición de imágenes” (Image Overlay) de Google Earth Pro[®]. Como imágenes base fueron utilizados los mapas de Regiones Naturales de Colombia y el Mapa de Ecológico y de Formaciones Vegetales de Colombia, ambos elaborados por el Igac (1997 y 1962, respectivamente). Para determinar los tipos de bosque se empleó el mapa ecológico de formaciones vegetales de Colombia junto con la memoria explicativa de Espinal y Montenegro (1963) aún ampliamente aceptado y con terminología familiar en el estudio de la vegetación de Colombia.

Una vez los mapas de regiones naturales y de formaciones vegetales de Colombia fueron superpuestos individualmente a la cartografía base de Google Earth Pro[®], se superpusieron las coordenadas de los especímenes de *Zygia* y se extrajo la información de la región natural y de la formación vegetal particulares y correspondientes a cada punto en el mapa. Los datos de regiones naturales y de formaciones vegetales fueron igualmente consignados en la base de datos de Excel.

Resultados y discusión

Distribución de *Zygia* en Colombia

Colombia cuenta con 21 especies del género *Zygia* distribuidas en la mayoría de departamentos, con excepción de Norte de Santander y San Andrés y Providencia, en los cuales no se han registrado especies de este género. A este respecto, Colombia cuenta con ca. de 35 % de las especies conocidas para el género (*Zygia* incluye ca. 60 especies, Barneby y Grimes 1997, Lewis *et al.* 2005). Este número de especies es levemente menor que el reportado anteriormente por Forero y Romero (2009), en donde se incluyó tentativamente para Colombia a *Z. palustris* Barneby & J.W. Grimes, de Venezuela, así como a *Z. latifolia* var. *lasiopus* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes, por encontrarse ambas en regiones limítrofes en la frontera entre Colombia y Venezuela pero de las que no se conoce hasta la fecha ninguna colección. También se incluye aquí un cambio nomenclatural en *Zygia ramiflora* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes, un nombre ilegal por ser homónimo de un nombre previamente descrito, y que ahora es conocido como *Zygia dinizii* (Ducke) D.A. Neill, G.P. Lewis & Klitg.

Los departamentos con mayor número de especies son Amazonas (12), Caquetá (11), Antioquia (8), Meta y Vaupés (7 respectivamente), y Guainía y Valle (6 respectivamente). El resto de departamentos incluye entre 1 y 5 especies. Por otra parte, las cinco especies de *Zygia* más ampliamente distribuidas en Colombia son *Z. inaequalis* (23 departamentos, Figura 1), *Z. longifolia* (21, Figura 2), *Z. latifolia* (16, Figura 3), *Z. cataractae* (11, Figura 4) y *Z. basijuga* (10, Figura 5).

De las 21 especies de *Zygia* que crecen en Colombia, ocho son endémicas del país (ca. 37%): *Z. andaquiensis*, *Z. codonocalyx*, *Z. dissitiflora*, *Z. garcia-barrigae*, *Z. hernandezii*, *Z. lehmannii*, *Z. multipunctata* y *Z. picramnioides*. *Zygia codonocalyx* y *Z. garcia-barrigae* se conocen solamente del ejemplar tipo, mientras que el resto de endémicas son conocidas por otras colecciones adicionales. En la sinopsis de Forero y Romero (2009), *Z. andaquiensis* (solamente del departamento de Caquetá) y *Z. multipunctata* (solamente del departamento de Antioquia) eran conocidas únicamente por el ejemplar tipo, pero aquí se

registraron más colecciones para éstos dos taxa aunque colectadas en los mismos departamentos.

En la Tabla 1 se presenta la distribución por departamentos de las distintas especies de *Zygia* que crecen en Colombia, indicando en negrita los departamentos que constituyen nuevos registros corológicos a partir de la sinopsis de Forero y Romero (2009). Los mapas de distribución para las especies de *Zygia* en Colombia (Figuras 6 a 12) se presentan a continuación de la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución por departamentos de las especies colombianas de *Zygia*. Los departamentos en negrita indican nuevos datos de distribución a partir de lo presentado en Forero y Romero (2009).

| Relicto de bosque | Distribución por departamentos en Colombia |
|------------------------------------|--|
| <i>Z. andaquiensis</i> | Caquetá |
| <i>Z. basijuga</i> | Amazonas, Caquetá, Casanare, Córdoba , Cundinamarca, Guainía , Guaviare , Meta, Putumayo , Vaupés |
| <i>Z. cataractae</i> | Amazonas, Arauca , Bolívar , Boyacá , Caquetá , Casanare, Guainía, Guaviare, Meta, Vaupés, Vichada |
| <i>Z. claviflora</i> | Amazonas, Caquetá , Guainía, Vaupés |
| <i>Z. coccineavar. macrophylla</i> | Nariño |
| <i>Z. coccinea var. oriunda</i> | Amazonas , Antioquia , Putumayo |
| <i>Z. codonocalyx</i> | Antioquia |
| <i>Z. dinizii</i> | Amazonas, Antioquia, Cauca, Chocó, Córdoba , Risaralda, Valle |
| <i>Z. garcia-barrigae</i> | Cundinamarca |
| <i>Z. hernandezii</i> | Cundinamarca, Nariño |

Cont. **Tabla 1.** Distribución por departamentos de las especies colombianas de *Zygia*. Los departamentos en negrita indican nuevos datos de distribución a partir de lo presentado en Forero y Romero (2009).

| Relicto de bosque | Distribución por departamentos en Colombia |
|---|---|
| <i>Z. inaequalis</i> | Amazonas, Antioquia, Arauca, Atlántico , Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Guainía, Guaviare, Magdalena, Meta, Risaralda, Santander, Sucre, Valle, Vaupés, Vichada |
| <i>Z. juruana</i> | Amazonas, Caquetá |
| <i>Z. latifolia</i> var. <i>communis</i> | Amazonas, Caquetá, Guainía, Meta , Quindío, Vaupés Amazonas, Boyacá , Caldas, Caquetá , Casanare, Cesar , Chocó, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Santander, Valle, Vaupés, Vichada |
| <i>Z. latifolia</i> var. <i>latifolia</i> | Casanare , Chocó , Cundinamarca , La Guajira, Magdalena, Nariño , Valle |
| <i>Z. lehmannii</i> | Cauca, Putumayo, Valle |
| <i>Z. longifolia</i> | Amazonas , Antioquia, Bolívar, Caldas, Caquetá, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, Guaviare, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Putumayo, Santander, Tolima, Valle, Vaupés |
| <i>Z. multipunctata</i> | Antioquia |
| <i>Z. ocumarensis</i> | Santander |
| <i>Z. picramnioides</i> | Antioquia, Boyacá, Santander |
| <i>Z. racemosa</i> | Amazonas , Caquetá , Guainía |
| <i>Z. unifoliolata</i> | Amazonas, Caquetá, Meta, Quindío, Vichada |



Figura 1. *Zygia inaequalis* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Pittier, Galeano, Torres, Huitoto & Plazas 1021 (MO).

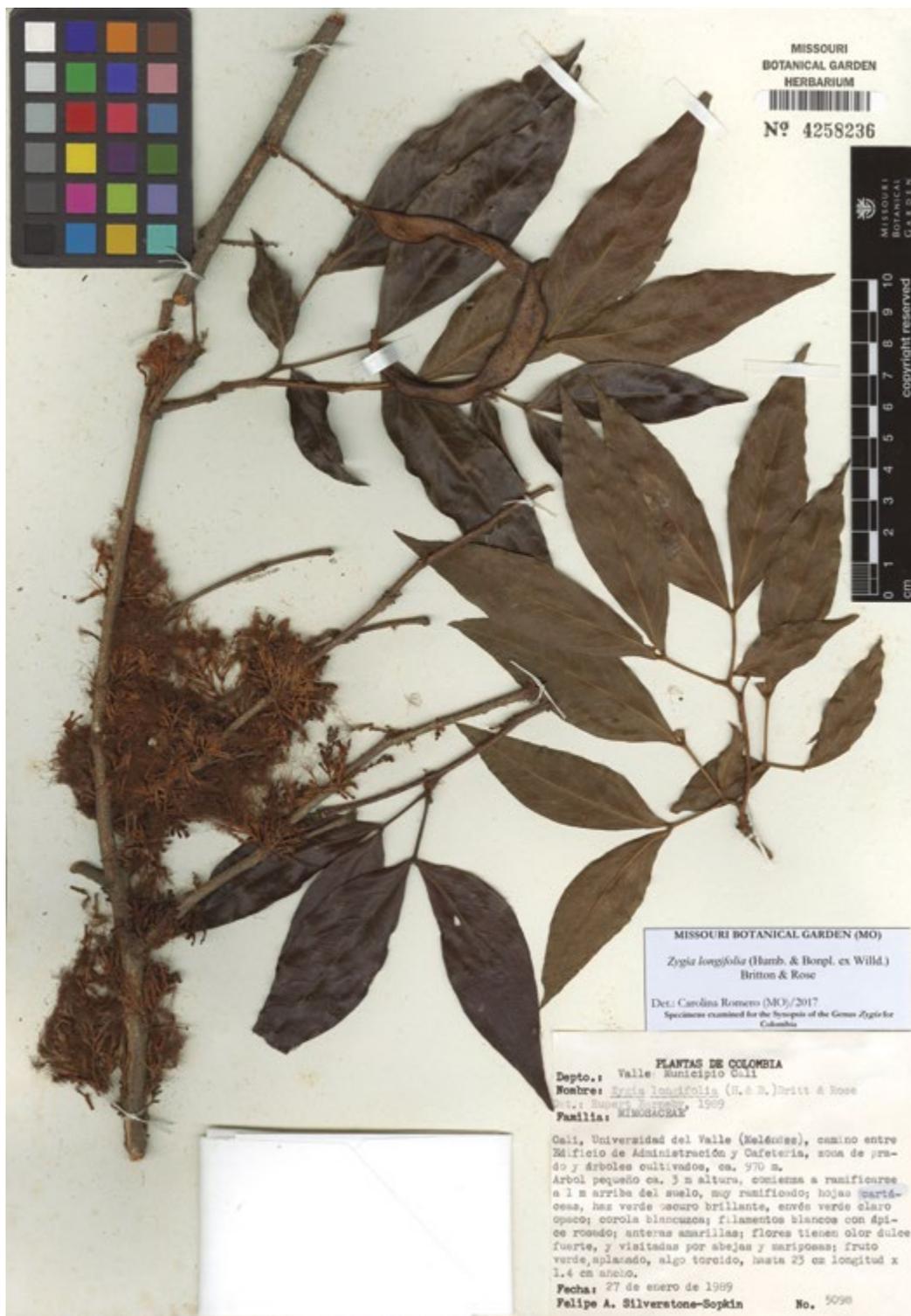


Figura 2. *Zygia longifolia* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose, Silverstone-Sopkin 5098 (MO).

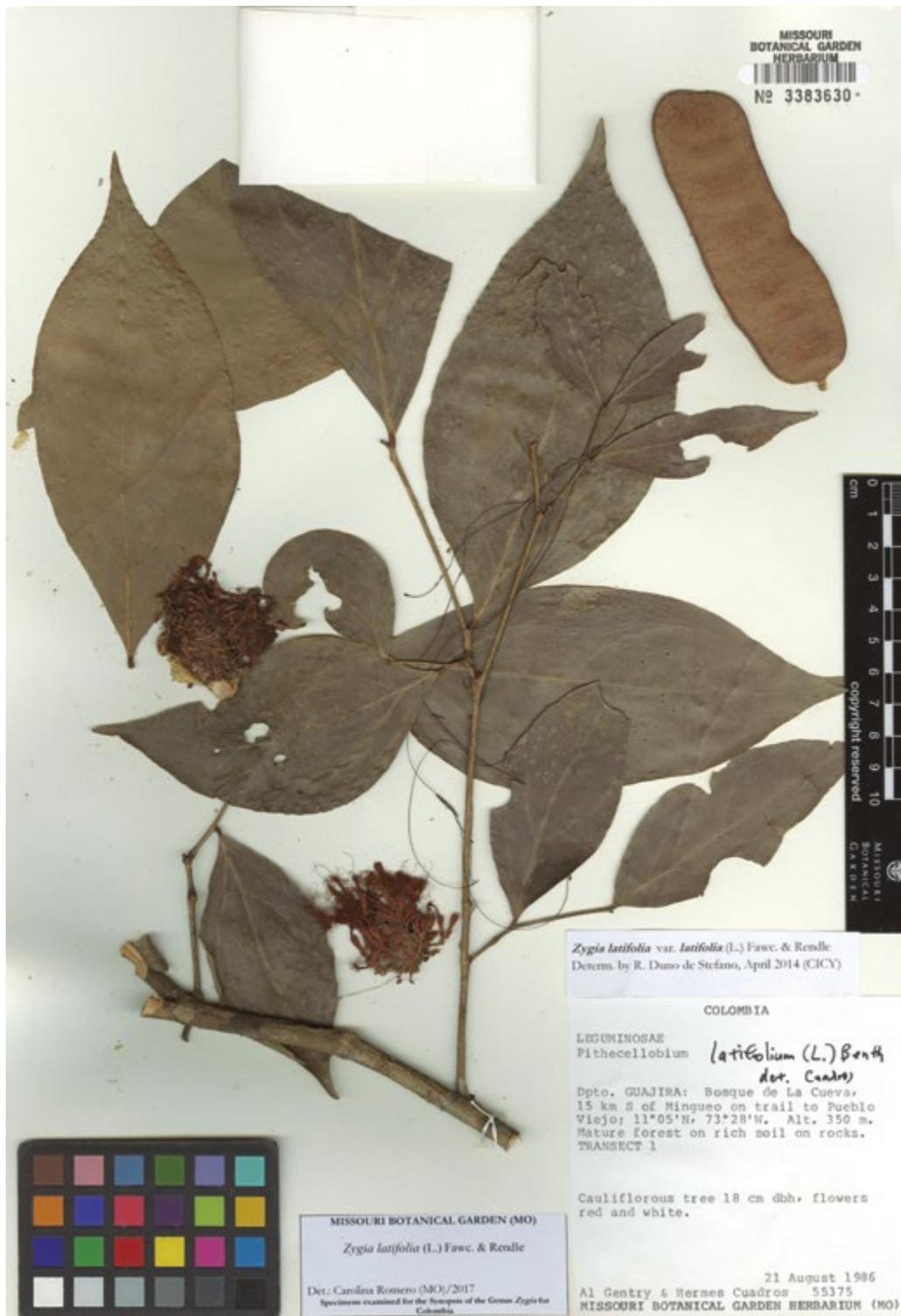


Figura 3. *Zygia latifolia* (L.) Fawc. & Rendle, Gentry & Cuadros 55375 (MO).



Figura 4. *Zygia cataractae* (Kunth) L. Rico, Zarucchi 1643 (MO).



Figura 5. *Zygia basijuga* (Ducke) Barneby & J.W. Grimes, Zarucchi & Balick 1703 (MO).

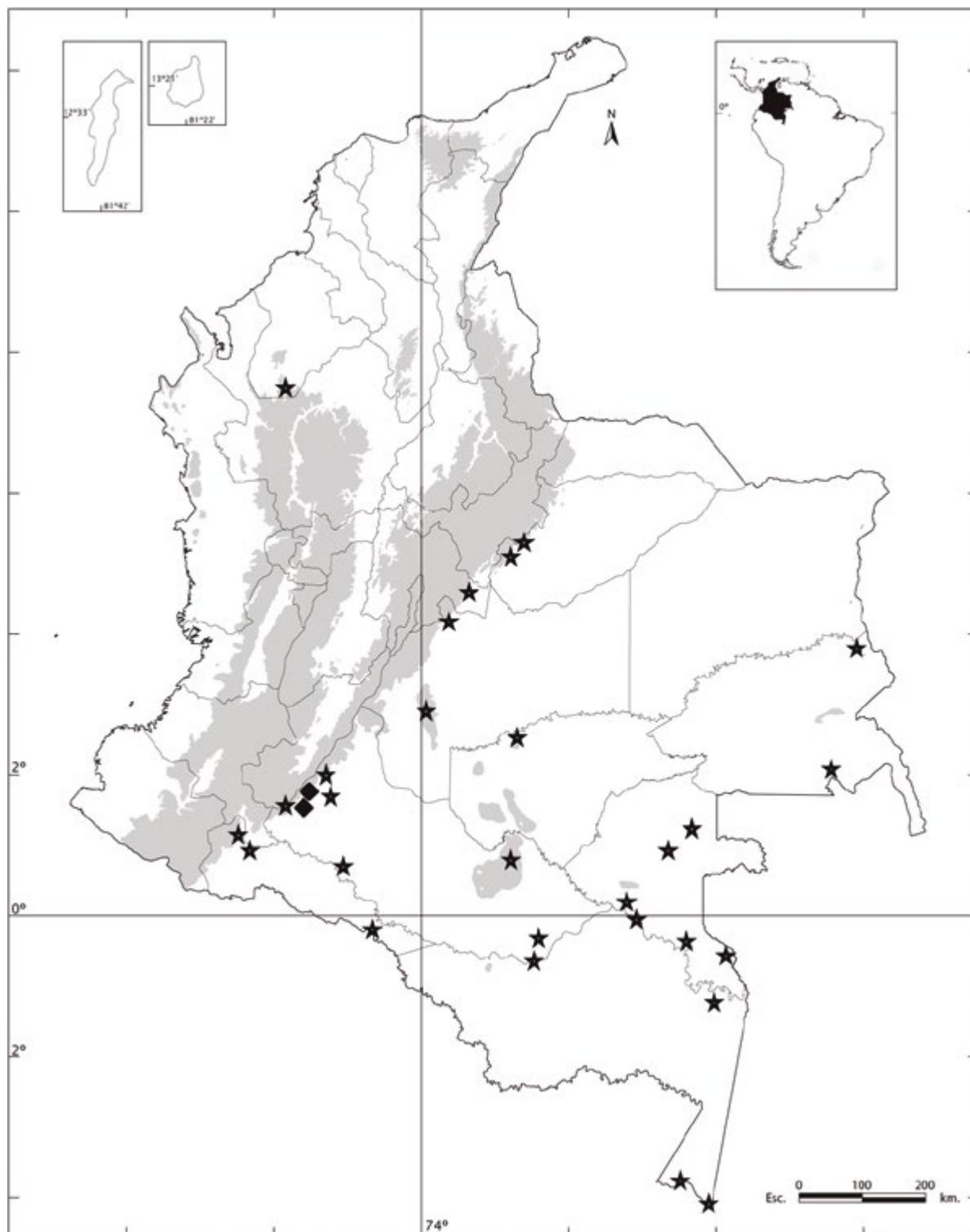


Figura 6. Distribución geográfica de *Zygia andaquiensis* (◆) y *Z. basijuga* (☆).

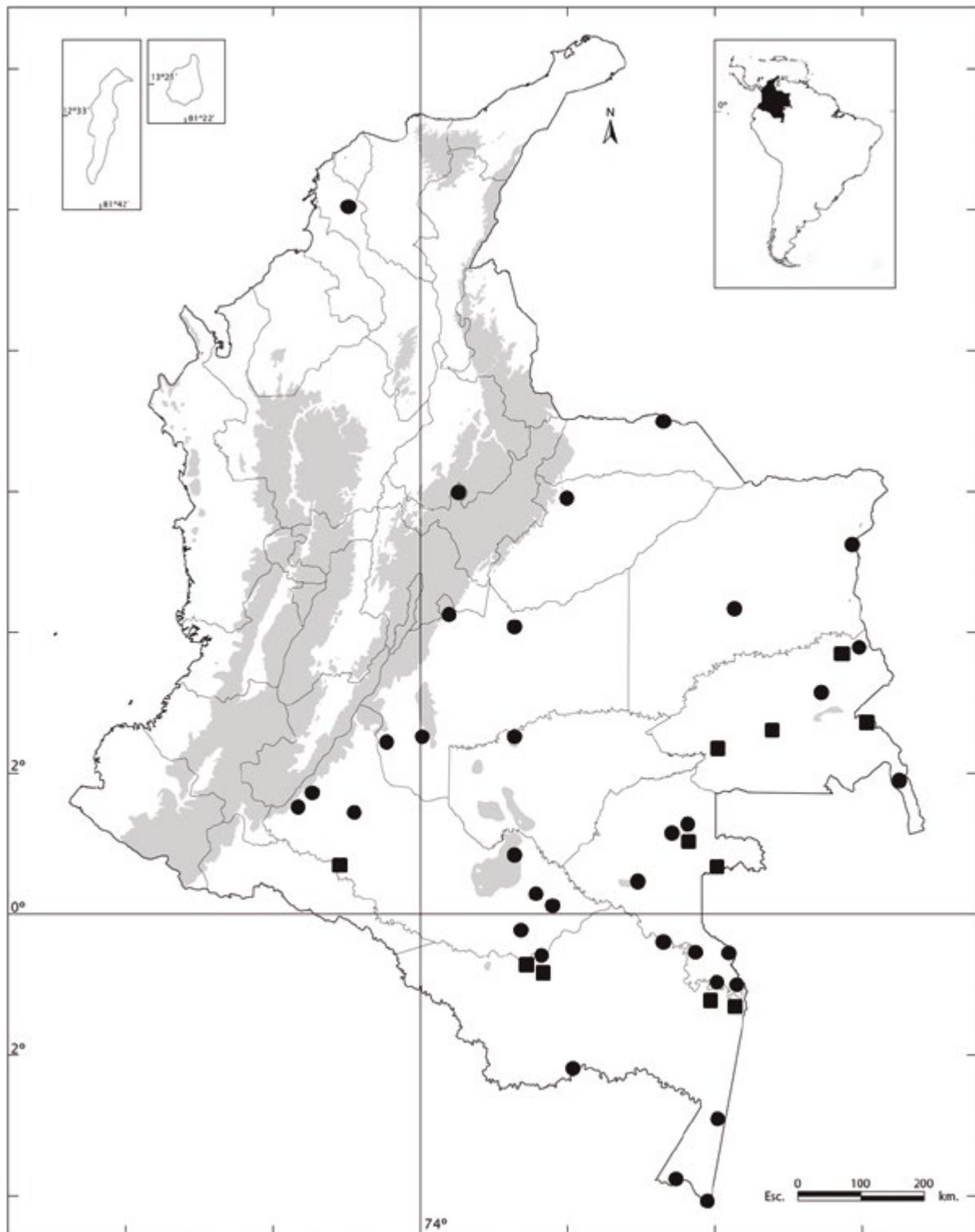


Figura 7. Distribución geográfica de *Zygia cataractae* (●) y *Z. claviflora* (■).

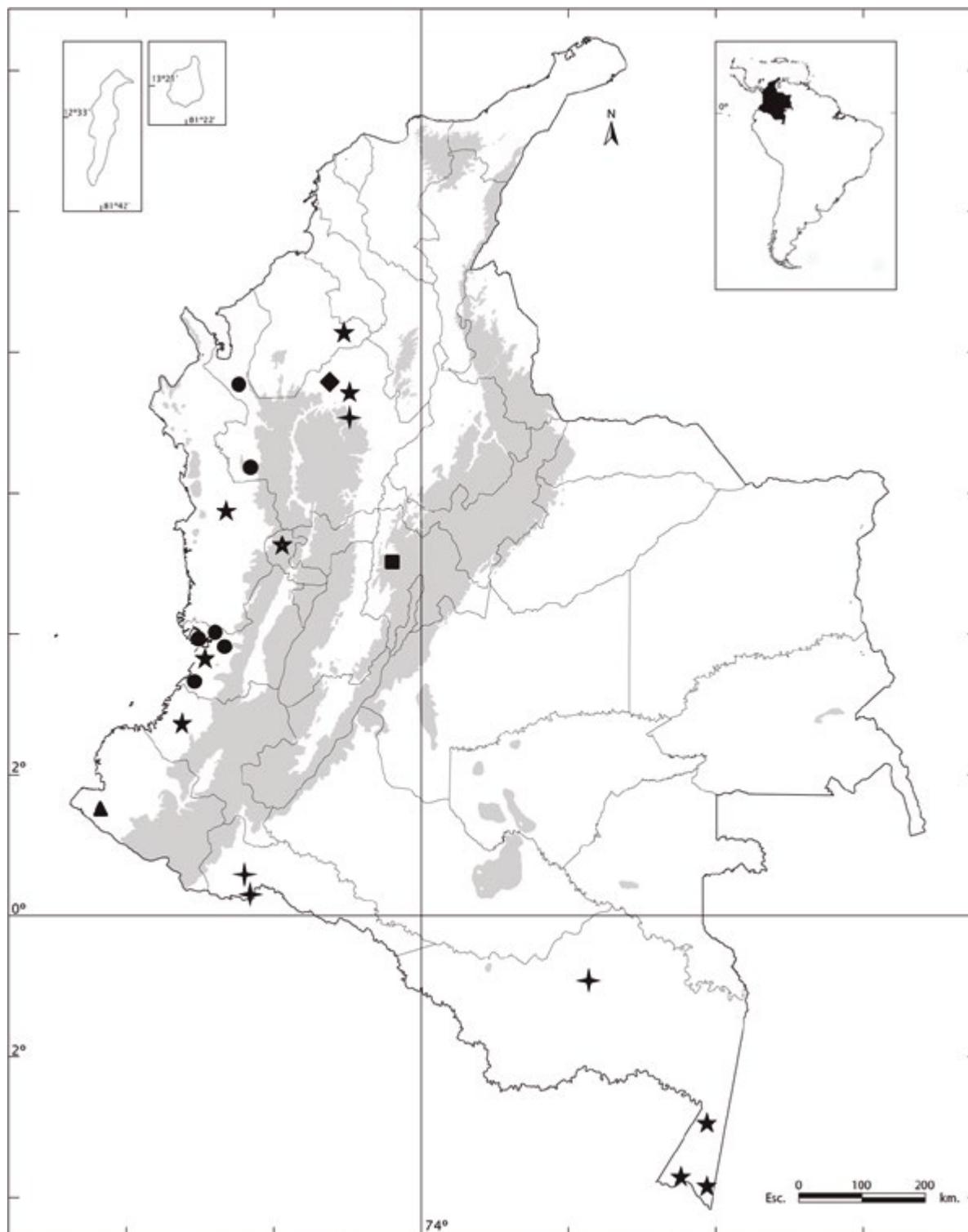


Figura 8. Distribución geográfica de *Zygia coccinea* var. *macrophylla* (▲), *Z. coccinea* var. *oriunda* (✚), *Z. codonocalyx* (◆), *Z. dinizii* (☆), *Z. dissitiflora* (●) y *Z. garcia-barrigae* (■).

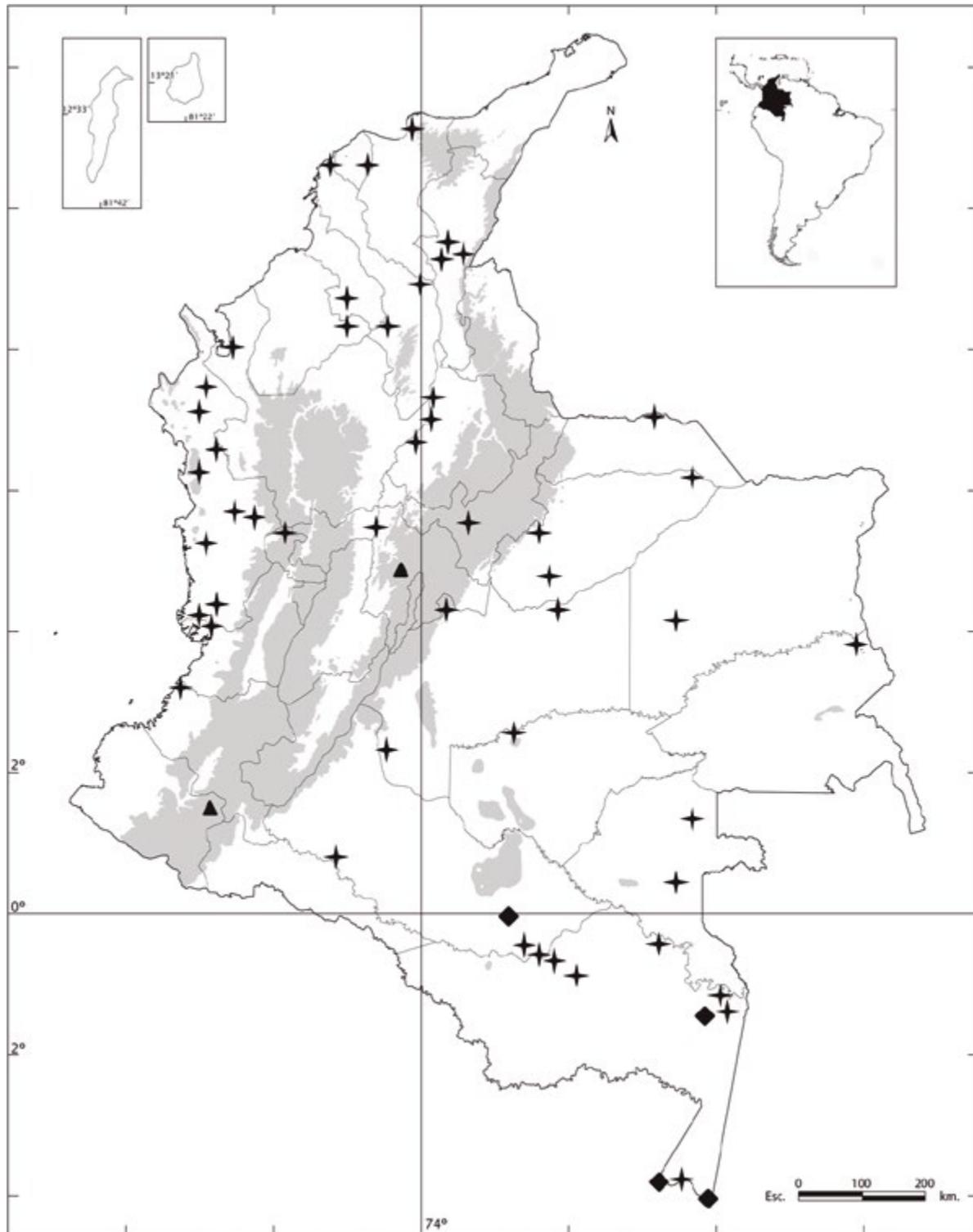


Figura 9. Distribución geográfica de *Zygia hernandezii* (▲), *Z. inaequalis* (✦) y *Z. juruana* (◆).

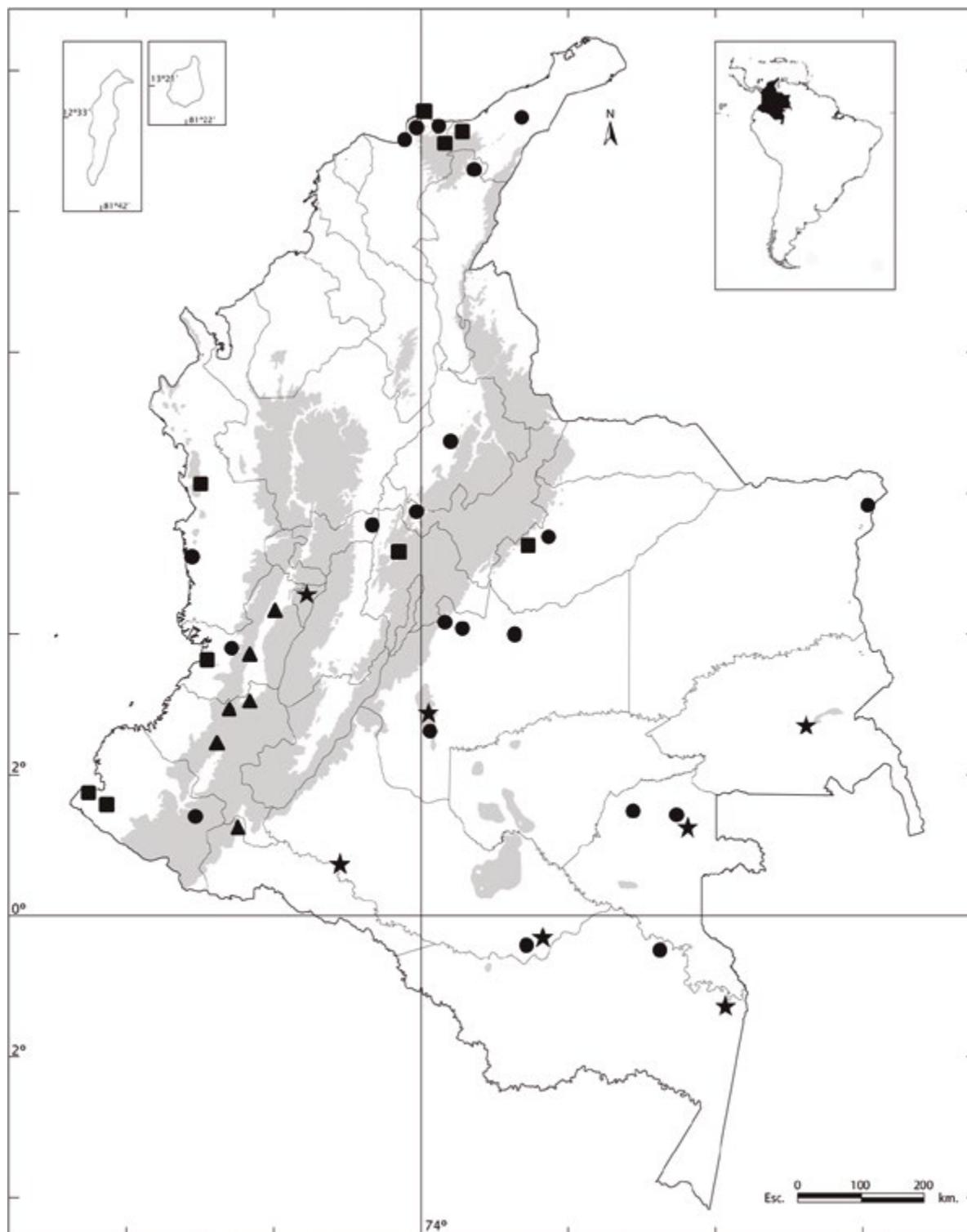


Figura 10. Distribución geográfica de *Zygia lathetica* (☆), *Z. latifolia* var. *communis* (●), *Z. latifolia* var. *latifolia* (■) y *Z. lehmannii* (▲).

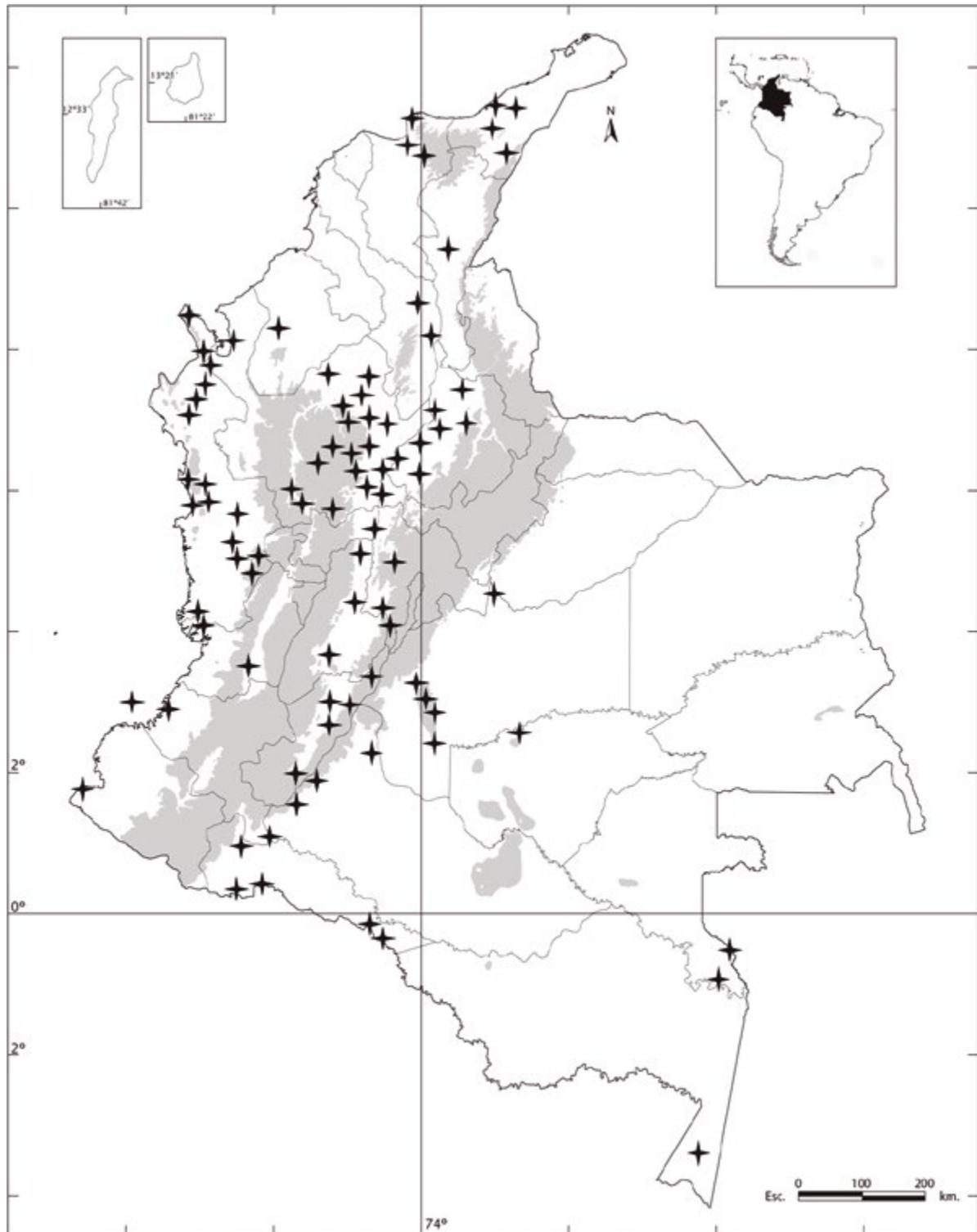


Figura 11. Distribución geográfica de *Zygia longifolia* (+).

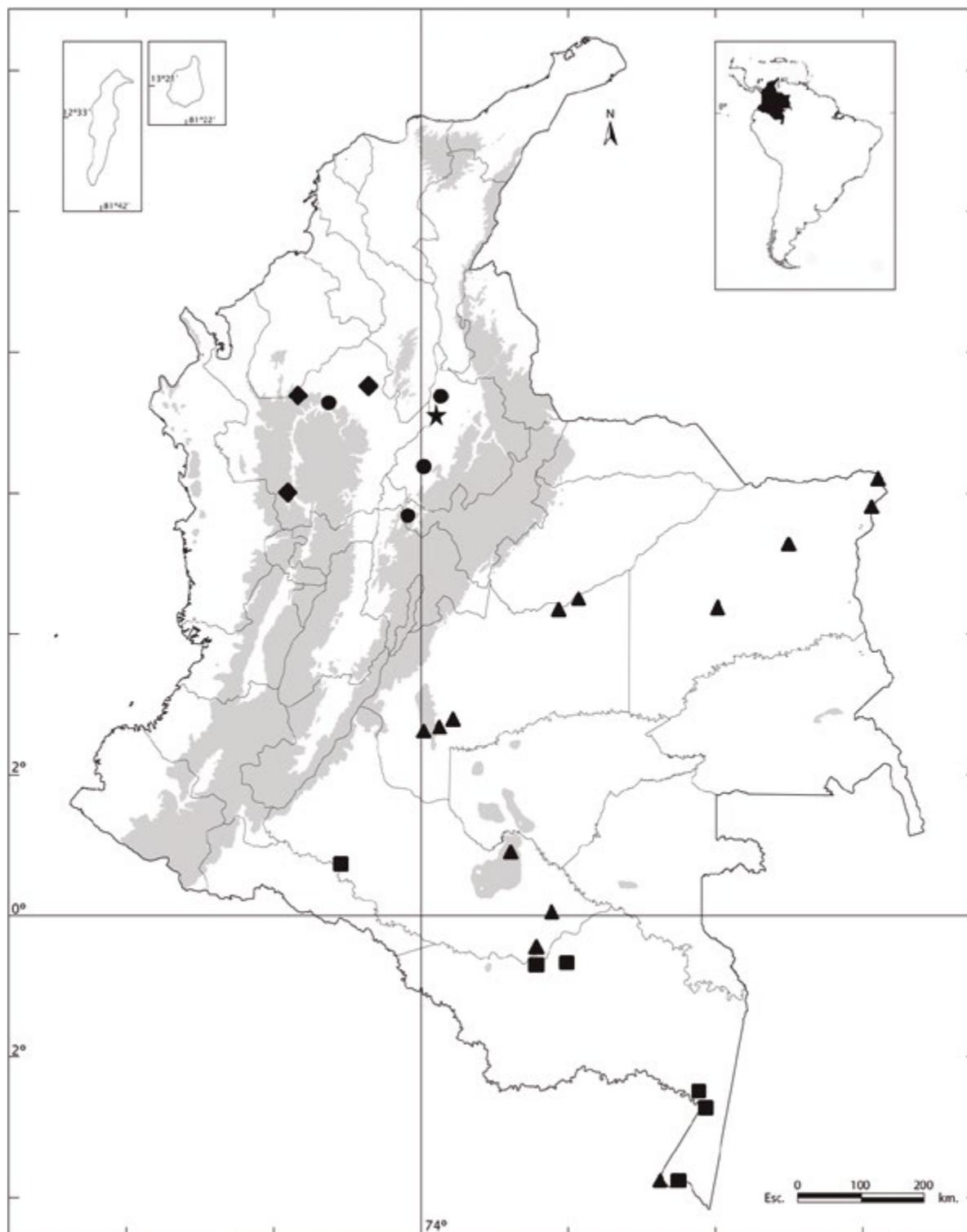


Figura 12. Distribución geográfica de *Zygia multipunctata* (◆), *Z. ocumarensis* (☆), *Z. picramnioides* (●), *Z. racemosa* (■) y *Z. unifoliolata* (▲).

Distribución altitudinal de las especies Colombianas de *Zygia*

Las especies del género *Zygia* en Colombia ocupan un amplio rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 2800 m de altitud (*Z. lehmannii* (Harms) Britton & Rose ex Britton & Killip, departamento del Cauca, *E. Dryander 2060* (K)), aunque la mayoría de especies se distribuyen por debajo de 1000 m de altitud.

Las especies que ocupan un mayor rango altitudinal son *Z. basijuga*, *Z. dinizii*, *Z. inaequalis*, *Z. latifolia*, *Z. lehmannii* y *Z. longifolia*. Por el contrario, las especies con distribución altitudinal restringida (entre 0-500 m) son *Z. andaquiensis*, *Z. cataractae*, *Z. claviflora*, *Z. codonocalyx*, *Z. dissitiflora*, *Z. garcia-barrigae*, *Z. juruana*, *Z. hernandezii* y *Z. unifoliolata* (ver Anexo 1 DOI: 10.21068/c2017.v18n02a06a01 y Figura 13).

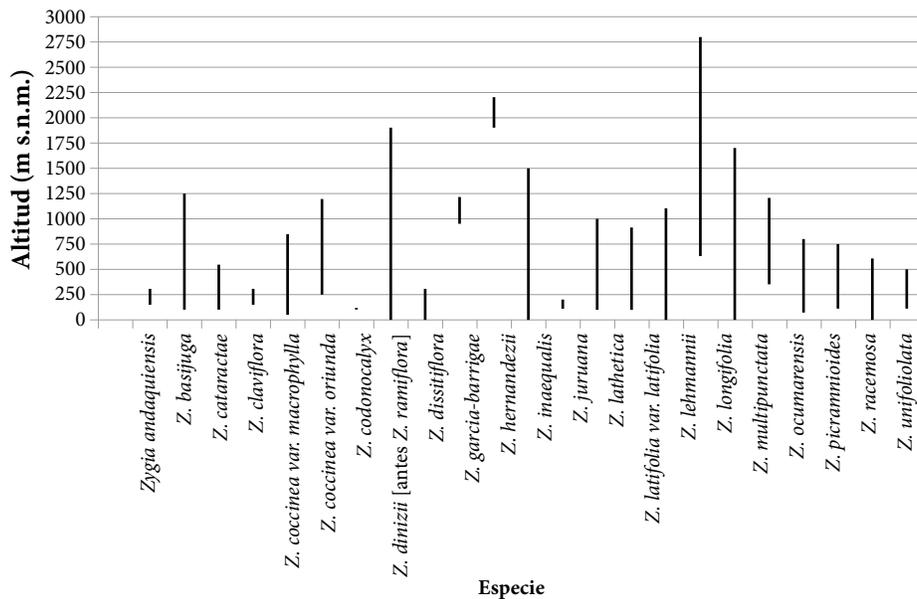


Figura 13. Distribución altitudinal de las especies colombianas de *Zygia*.

Distribución de *Zygia* por regiones naturales y formaciones vegetales asociadas a las especies del género en Colombia

Las especies de *Zygia* se distribuyen en todas las regiones naturales en las que se divide a Colombia, incluyendo la región Insular (*Z. longifolia*: J.L. Fernández-Alonso et al. 7503, COL). La mayor cantidad de especies se encuentra en la región Andina (16 especies, equivalente al 76,19 % del total), seguida de las regiones de la Amazonia (14 especies, 66,66 %), Caribe y Orinoquia (7 especies, 33,33 %), Pacífica (6 especies, 28,57 %) e Insular (1 especie, 4,76 %) (Anexo 1, Figura 14).

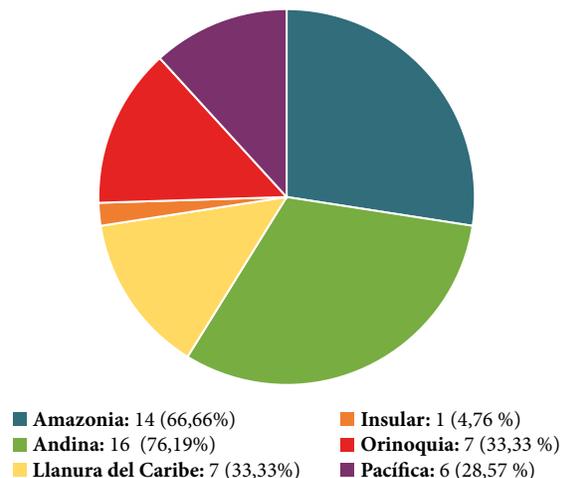


Figura 14. Diversidad de especies de *Zygia* en las diferentes regiones naturales de Colombia.

Las subregiones naturales que incluyen el mayor número de especies son: la Amazonia meridional y las llanuras aluviales disectadas y terrazas de los ríos Caquetá, Yarí y Mirití-Paraná (9 especies, respectivamente); los montes e islas de la Amazonia (8 especies) y la confluencia de los ríos Apaporis y Caquetá junto con las llanuras de los ríos Guaviare e Inírida (7 especies, respectivamente); seguidas de las llanuras altas y disectadas del río Caquetá, la montaña Antioqueña, el piedemonte llanero y las llanuras costeras del Pacífico (cada una con 6 especies), y de las llanuras de desborde en la confluencia de los ríos Guaviare-Inírida en el Orinoco, el piedemonte Amazónico, el Magdalena medio, el Valle del Cauca, la vertiente Magdalenense de la cordillera Oriental y la Serranía de la Macarena (cada una con 5 especies respectivamente) (Anexo 1).

Los tipos de bosque con mayor número de especies de *Zygia* en Colombia corresponden con formaciones vegetales asociadas a bosques húmedos y/o pluviales preferiblemente de elevaciones bajas. Así, la mayor concentración de especies se encuentra en bosques muy húmedo pre-montanos de transición cálida y en los bosques húmedos tropicales (14 especies cada uno), seguidos por las formaciones de bosque muy húmedo tropical (con 12 especies), bosque pluvial pre-montano (7), bosque pluvial pre-montano de transición cálida y bosque muy húmedo pre-montano (6 especies cada uno) (Anexo 1).

Fenología de las especies colombianas de *Zygia*

Los períodos de floración y fructificación para las especies colombianas de *Zygia* se presentan en el Anexo 1. Tres especies de *Zygia* han sido reportadas en floración durante todo el año: *Z. basijuga*, *Z. cataractae* y *Z. longifolia*. Fructifican durante todo el año *Z. inaequalis* y *Z. longifolia*. No se conocen hasta la fecha especímenes en flor para *Z. coccinea* var. *macrophylla*, y especímenes en fruto para *Z. andaquiensis*, *Z. codonocalyx*, *Z. dinizii*, *Z. multipunctata* y *Z. ocumarensis*.

Nombres vernáculos y usos documentados para las especies de *Zygia* en Colombia

En Colombia, la denominación vernácula más comúnmente utilizada para designar a las especies de *Zygia* es guama(o), bien sola o acompañada de diferentes adjetivos. Especies de *Zygia* conocidas comúnmente bajo ésta denominación vernacular son: *Z. basijuga*, *Z. cataractae*, *Z. inaequalis*, *Z. longifolia*, *Z. claviflora* y *Z. longifolia*. Otros nombres comunes usados en Colombia son: carbón o carbonero (*Z. cataractae*, *Z. garcia-barrigae*, *Z. inaequalis*, *Z. longifolia*, *Z. lehmannii*); cimbrapotro (*Z. cataractae*, *Z. inaequalis*, *Z. latifolia* var. *communis*); pechindé, pichinde o pichindé (*Z. inaequalis*, *Z. latifolia* var. *communis*, *Z. longifolia*); chiparo, chíparo o chípero (*Z. inaequalis*, *Z. longifolia*); amé (*Z. longifolia*); suribio (*Z. longifolia*).

En cuanto a usos documentados, algunas especies de *Zygia* son usadas en Colombia como fuente de carbón vegetal, particularmente empleado para cocinar, como es el caso de *Z. inaequalis* en Caquetá (*E. Little y R. Little 9631*, COL, NY) y Chocó (*R. López et al. 13413*, COL) y de *Z. longifolia* en Huila (*J. Betancur y S. Churchill 2011*, COL, MO, NY). La corteza macerada de *Z. lathetica* se usa como sustituto del jabón en el Amazonas (*Z. Cordero y A. Cúbeo 419*, COAH, COL). En Putumayo se extrae un colorante de color amarillo al mezclar con agua caliente las flores de *Z. lehmannii* (*S. Gaviria 137*, COL). Se han citado como comestibles los frutos de *Z. cataractae* en Vaupés (*J. Zarucchi 1642*, COL) y de *Z. inaequalis* en Chocó (*R. López et al. 13413*, COL) y en Santander (*C. Escudero IFVGS-A71*, COL). La madera de *Z. basijuga* es empleada para la construcción de viviendas en Putumayo (*R. López et al. 2843*, COL), en Caquetá se la usa para la fabricación de varas (*N. Castaño et al. 1698*, COL), y en Casanare para elaborar cabos de hachas (*F. Ortiz 469*, COL). En el Magdalena, la madera de *Z. longifolia* también es usada en la fabricación de viviendas (*E. Carbonó 392 y 481*, COL).

Los nombres vernáculos dados a las diferentes especies de *Zygia* en Colombia se enumeran en el Anexo 2 DOI: 10.21068/c2017.v18n02a06a01.

Clave actualizada para las especies de *Zygia* que crecen en Colombia

1. Hojas con 2 o más pares de pinnas 2
 1'. Hojas siempre con 1 par de pinnas 8
2. Foliolos 12-22 pares, los más largos hasta 3,3 cm de largo (1-3,3 cm) 3
 2'. Foliolos 1-9 pares, los más largos de 3,5 cm o mayores 7
3. Unidades de la inflorescencia fasciculadas en grupos de 2-4; flores en capítulos agrupados en pseudoracimos, cada fascículo subtendido por una sola bráctea; flores pequeñas, la corola 3,2-4,3 mm de largo; legumbre 3,5-7 x 0,7-1 cm *Z. racemosa*
 3'. Unidades de la inflorescencia solitarias; flores en capítulos o espigas, si las unidades de la inflorescencia están agrupadas en pseudoracimos sobre un eje primario extendido, entonces cada pedúnculo está subtendido por un nectario; corola 6-19 mm de largo; legumbres más largas y robustas que en la premisa anterior 4
4. Flores en espigas, el raquis floral 6-10 mm de largo; disco intraestaminal presente; cada pedúnculo de la inflorescencia subtendido solamente por una bráctea. Hojas con haz verde oscuro y brunescente cuando seco *Z. dinizii* [antes *Z. ramiflora*]
 4'. Flores en capítulos, el raquis floral no mayor de 2 mm de largo; disco intraestaminal ausente; cada pedúnculo de la inflorescencia subtendido por un nectario. Hojas con haz oliva-pálido al secar, no brunescentes o parduzcas 5
5. Estípulas lanceoladas o linear-lanceoladas, 2-19 mm de largo, paleáceas, con 1-2 nervios prominentes. Capítulos fasciculados o solitarios, el eje de la inflorescencia no extendido *Z. claviflora*
 5'. Estípulas triangulares, 0,5-2 mm de largo, sin nervios o con un nervio finamente marcado. Capítulos en pseudoracimos, el eje de la inflorescencia más o menos extendido 6
6. Corola 9,5-14 mm; androceo con 40-60 estambres de 20-30 mm de largo; filamentos blancos. Legumbre 11-15 mm de ancho; semillas 11-12 mm de largo *Z. basijuga*
 6'. Corola 14-19 mm; androceo con 60-100 estambres de 36-40 mm de largo; filamentos distalmente lila. Legumbre 20-28 mm de ancho; semillas \pm 22 mm de largo *Z. lathetica*
7. Foliolos exactamente 1 par por pinna *Z. ocumarensis*
 7'. Foliolos al menos 3 pares por pinna *Z. dinizii* [antes *Z. ramiflora*]
8. Corola campanulada, 9,5-16 mm de largo, menos de dos veces tan larga como el cáliz, cáliz 8,5-12 x 4-10 mm *Z. codonocalyx*
 8'. Corola cilíndrica, en forma de trompeta o infundibuliforme, más de dos veces más larga que el cáliz, el cáliz no mayor a 6 x 2 mm, generalmente menor a 4 mm de largo 9
9. Hojas exactamente con 2 foliolos, cada pinna con 1 foliolo *Z. unifoliolata*
 9'. Hojas al menos con 6 foliolos, cada pinna con 3- más foliolos 10
10. Unidades de la inflorescencia racemosas; flores pediceladas, pedicelo al menos de 1 mm de largo 11
 10'. Unidades de la inflorescencia capitadas o espigadas; flores sésiles 13
11. Plantas de la Amazonia colombiana, en selvas y tierras bajas del departamento de Caquetá *Z. andaquiensis*
 11'. Plantas de los Andes colombianos, en ambientes montanos 12

- 12.** Androceo con 28-40 estambres; plantas de los departamentos de Cundinamarca y Nariño *Z. hernandezii*
- 12'.** Androceo con 60-120 estambres; plantas del Cauca, Putumayo (piedemonte Amazónico de la cordillera Oriental) y Valle *Z. lehmannii*
- 13.** Flores en espigas laxas o densas, pero con el eje floral elongado, el raquis floral y el pedúnculo de 8-40 cm de largo **14**
- 13'.** Flores capitadas, o si espigadas entonces las espigas cortas y densas, el eje floral (y el pedúnculo si presente) menores a 4,5 cm de largo **18**
- 14.** Plantas de los Andes colombianos en los departamentos de Nariño y Antioquia, y de la Amazonia **15**
- 14'.** Plantas de los Andes, parte sur del Caribe, y el Pacífico colombianos **16**
- 15.** Hojas con 3 folíolos. Corola 9,5-15 mm de longitud; androceo 30-40 mm de longitud, rosado *Z. coccinea* var. *macrophylla*
- 15'.** Hojas con 5-7 folíolos. Corola 5-9 mm de longitud; androceo 13-25,5 mm de longitud, blanco *Z. coccinea* var. *oriunda*
- 16.** Foliolos con glándulas diminutas en la haz. Androceo con 36-42 estambres. Plantas del Noroccidente del departamento de Antioquia *Z. multipunctata*
- 16'.** Foliolos sin glándulas en la haz. Androceo con 54-60 estambres. Especies ampliamente distribuidas en Colombia **17**
- 17.** Estípulas lanceoladas, 9-12 mm de largo. Foliolos 3-5 por pinna, los más largos de 15-32 cm. Cáliz de 2-3 mm de largo. Plantas de los departamentos de Antioquia, Chocó y Valle *Z. dissitiflora*
- 17'.** Estípulas 1-3 mm de largo. Foliolos 7-9 por pinna, los más largos de 11-14 cm. Cáliz \pm 1-1.3 mm de largo. Plantas de los departamentos de Boyacá y Santander ... *Z. picramnioides*
- 18.** Láminas foliolares pilósulas por el envés, o al menos a lo largo de los nervios principales *Z. inaequalis*
- 18'.** Láminas foliolares glabras dorsalmente o solamente minuta y finamente adpreso-pubéculas a lo largo de los nervios principales **19**
- 19.** Estípulas foliáceas, ampliamente lanceo-elípticas, las más largas 14-20 x 7-8 mm. Plantas endémicas del departamento de Cundinamarca *Z. garcia-barrigae*
- 19'.** Estípulas lanceoladas o triangular-deltadas, mucho más pequeñas que en la premisa anterior. Plantas de amplia distribución en Colombia **20**
- 20.** Plantas de la Amazonia. Foliolos coriáceos de color canela-marrón cuando secos, el par distal de folíolos 12-24 cm de largo *Z. juruana*
- 20'.** Plantas de amplia distribución en Colombia (incluyendo a la Amazonia). Foliolos variables en tamaño, membranosos o cartáceos, cuando secos no son de coloración canela-marrón **21**
- 21.** Venación de los folíolos marcadamente asimétrica, los nervios secundarios más basales (1 y 2) en el lado posterior de la lámina ambos más largos y fuertes que los distales **22**
- 21'.** Venación de los folíolos simétrica o subsimétricamente pinnada, los nervios secundarios más basales (1 y 2) en el lado posterior de la lámina no o levemente más largos o fuertes que los distales **23**
- 22.** Pinnae con 3-(5-7) folíolos. Plantas de amplia distribución en Colombia *Z. latifolia* var. *communis*
- 22'.** Pinnae siempre con 5 folíolos. Plantas de La Guajira y el Magdalena *Z. latifolia* var. *latifolia*
- 23.** Unidades de la inflorescencia capituliformes o muy cortamente espiciformes; el receptáculo floral 1-5 mm. Plantas principalmente de la Orinoquia y de la Amazonia *Z. cataractae*
- 23'.** Unidades de la inflorescencia espiciformes; el receptáculo floral 5-30 mm. Plantas ampliamente distribuidas en todas las regiones naturales de Colombia *Z. longifolia*

Conclusiones

El género *Zygia* está representado en Colombia por 21 especies (ca. un 35 % de las especies conocidas del género) distribuidas en todos los departamentos del país con excepción de Norte de Santander (en donde hasta el momento no han sido colectadas/reportadas especies de *Zygia*) y San Andrés y Providencia. Ocho especies son endémicas de Colombia, dos de las cuales (*Z. codonocalyx* y *Z. garcia-barrigae*) se conocen solamente por el ejemplar tipo. En Colombia, las especies de *Zygia* crecen en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2800 m, aunque la mayoría de especies se encuentran por debajo de los 1000 m s.n.m. Aunque varias de las especies registradas en Colombia presentan periodos de floración que se prolongan por buena parte del año, la fructificación parece ser más restringida, e inclusive de algunas especies colombianas de *Zygia* no se conocen especímenes en fruto.

El mayor número de especies de *Zygia* en Colombia se encuentran en las regiones Andina y Amazónica, y prefieren los bosques húmedos y pluviales de galería, bien asociados a cursos de agua o en las llanuras de los ríos, y generalmente localizados a elevaciones bajas.

En Colombia, los nombres vernáculos usualmente asociados a especies de *Zygia* son guama(o) acompañado de algún adjetivo, carbonero o carbón, y cimbrapoto. Miembros de *Zygia* son generalmente usados como fuente de carbón vegetal, como material para la construcción de viviendas o como sustitutos del jabón.

Agradecimientos

La autora expresa sus agradecimientos a los distintos curadores de los Herbarios consultados por permitir el acceso a las colecciones de *Zygia* y a los revisores por los oportunos comentarios al manuscrito.

Bibliografía

- Barneby, R. C. y J. W. Grimes. 1997. Silk Tree, Guanacaste, Monkey's Earring. A Generic System for the Synandrous Mimosaceae of the Americas. Part II. *Pithecellobium*, *Cojoba*, and *Zygia*. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 74: 60-149.
- Espinal, L. S. y E. Montenegro. 1963. Formaciones Vegetales de Colombia y Mapa Ecológico (cuatro planchas). Departamento Agrológico, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", República de Colombia, 201 pp.
- Forero, E. y C. Romero. 2009. Sinopsis de las Leguminosae: Mimosoideae de Colombia. Pp: 9-235. *En*: Forero, E. (Ed.). Estudios en Leguminosas Colombianas II. Biblioteca José Jerónimo Triana. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Igac. 1962. Mapa Ecológico Según la Clasificación de Formaciones Vegetales del Mundo de L. R. Holdridge. Escala 1:1.000.000. Cuatro Planchas. Departamento Agrológico, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", República de Colombia.
- Igac. 1997. Mapa de Regiones Naturales de Colombia. Escala 1:5.000.000. SIGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.
- Iganci, J. R. V., M. V. Soares, E. Guerra y M. P. Morim. 2016. A Preliminary Molecular Phylogeny of the *Abarema* Alliance (Leguminosae) and Implications for Taxonomic Rearrangement. *International Journal of Plant Sciences* 177 (1): 34-43.
- Lewis, G., B. Schrire, B. Mackinder y M. Lock. (Eds.). 2005. Legumes of the World. Royal Botanic Gardens, Kew, 577 pp.
- Romero, C. 2016. *Zygia* P. Browne (Fabaceae): Mimosoideae. Pp: 1341-1343. *En*: Bernal, R., S. R. Gradstein y M. Celis (Eds.). Catálogo de las Plantas y Líquenes de Colombia. Volumen I. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Carolina Romero-Hernández
Herbarium MO/William L. Brown Center
Missouri Botanical Garden
San Luis, Misuri, Estados Unidos
Carolina.Romero@mobot.org

El género *Zygia* P. Browne (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) en Colombia: análisis de distribución y clave actualizada para su identificación

Citación del artículo: Romero-Hernández, C. 2017. El género *Zygia* P. Browne (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) en Colombia: análisis de distribución y clave actualizada para su identificación. *Biota Colombiana* 18 (2): 88 – 110. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a 06.

Recibido: 08 de noviembre de 2016
Aprobado: 08 de junio de 2017

El género *Opuntia* (Opuntioideae–Cactaceae) en el departamento de Santander, Colombia

The genus *Opuntia* (Opuntioideae–Cactaceae) in the state of Santander, Colombia

Daniela Porras-Flórez, Sofía Albesiano y Leopoldo Arrieta-Violet

Resumen

Se realizó el estudio taxonómico del género *Opuntia* en los municipios de Los Santos y Piedecuesta (Inspección de Policía de Pescadero), Santander, Colombia. *Opuntia* se encuentra representado por nueve especies distribuidas en matorrales subxerofíticos y bosques secos, entre 576 a 1867 m s.n.m. Se propone una clave para la identificación de las especies y para cada una de ellas, se elaboró una ficha taxonómica con la siguiente información: iconografías, descripciones ampliadas, distribución, hábitat y material de herbario revisado. Además, se proponen cinco neotipificaciones: *Opuntia caracassana* Salm–Dyck, *O. pubescens* H. L. Wendl. ex Pfeiff, *O. quitensis* F.A.C. Weber, *O. schumannii* F.A.C. Weber ex A. Berger y *O. wentiana* Britton & Rose (= *Opuntia caracassana*). *Opuntia pittieri* y *O. pennellii* son especies endémicas de Colombia.

Palabras clave. Clave taxonómica. Fitografía. Iconografía. Matorral subxerofítico. Tipificación.

Abstract

The taxonomic study of the genus *Opuntia* was carried out in the municipalities of Los Santos and Piedecuesta (Police Inspection of Pescadero), Santander–Colombia. *Opuntia* is represented by nine species distributed in subxerophytic scrubs and dry forests, between 576 to 1867 m a.s.l. A key is proposed for the identification of the species, a taxonomic sheet was elaborated with the following information: iconographies, extended descriptions, distribution, habitat and revisions of herbarium material. In addition, five neotipifications are proposed: *Opuntia caracassana* Salm–Dyck, *O. pubescens* H. L. Wendl. ex Pfeiff, *O. quitensis* F.A.C. Weber, *O. schumannii* F.A.C. Weber ex A. Berger and *O. wentiana* Britton & Rose (= *Opuntia caracassana*). *Opuntia pittieri* and *O. pennellii* are endemic to Colombia.

Key words. Iconography. Phytography. Subxerophytic scrub. Tipification. Taxonomic key.

Introducción

La familia Cactaceae incluye alrededor de 128–200 géneros (Kiesling y Meglioli 2003, Hunt 2013) y 1500–2000 especies (Anderson 2001, Kiesling y Meglioli 2003), clasificadas en tres a seis subfamilias (Leuenberger 1997, Anderson 2001, Parfitt y Gibson 2003, Crozier 2004, Hunt 2013); nativas del continente

americano y distribuidas desde el sur de Canadá hasta cerca del estrecho de Magallanes en la Argentina (Kiesling y Ferrari 2005).

La subfamilia Opuntioideae se caracteriza por la presencia de hojas fugaces, cilíndricas y sin nervaduras; gloquidios en las areolas; un arilo de consistencia dura,

generalmente castaño–claro y que recubre al óvulo campilótropo (Kiesling 1975, Crozier 2004, Griffith y Porter 2009). Comprende 15–18 géneros (Anderson 2001, Hunt 2013), siendo *Opuntia* el más diverso (ca. 200 especies) y el de más amplia distribución geográfica y altitudinal (desde el nivel del mar hasta los 4,500 m s.n.m.) en el continente americano (Schumann 1898, Britton y Rose 1919, Barthlott y Hunt 1993, Pinkava 2003, Hunt *et al.* 2006). Algunas especies han sido introducidas y naturalizadas en el Viejo Continente y en Sudáfrica (Pinkava 2003). *Opuntia* se identifica por los artejos aplanados (Kiesling 1975), y su nombre deriva de Opus, capital de la antigua provincia griega de Lócrida (Kiesling 1975, Howard y Touw 1981). Hacen parte de las comunidades vegetales de los bosques secos, matorrales subxerofíticos y cardonales (Britton y Rose 1919, Anderson 2001, Pinkava 2003); su mayor centro de diversidad se presenta en México, con alrededor de 670 especies (Guzmán *et al.* 2007), donde también son de gran importancia económica (Gallegos y Méndez 2000).

Filogenias basadas en caracteres moleculares (Bárceñas *et al.* 2011, Majure *et al.* 2012), indican que *Opuntia* no es monofilético, debido a que algunas de sus especies se relacionan con taxones de *Brasiliopuntia*, *Nopalea* y *Tacinga* (Griffith y Porter 2009).

Es difícil identificar las especies de *Opuntia*, ya que presentan una elevada variación dentro de los individuos de la misma población, en características como el color, forma y tamaño de los cladodios y las espinas, la cual está asociada con eventos de hibridación, plasticidad fenotípica, poliploidía y domesticación (Gibson y Nobel 1986, Majure *et al.* 2012, Mendoza 2013, Majure *et al.* 2017). Se han reportado híbridos interespecíficos e intergenéricos (Anderson 2001, Majure *et al.* 2012, 2017), los cuales forman progenie fértil y fácilmente pueden reproducirse con sus predecesores (Grant y Grant 1979).

No existe un tratamiento taxonómico del género para Colombia, solo ha sido mencionado en catálogos florísticos regionales (Figuroa 2004, Albesiano y Rangel 2006, Fernández y Hernández 2007, Valencia *et al.* 2012).

El propósito de este trabajo es proponer una clave y fichas taxonómicas con ilustraciones, descripciones ampliadas, distribución y hábitat para facilitar la identificación de las especies en Santander y designar neotipos, los cuales darán estabilidad nomenclatural a los nombres.

Material y métodos

Fase de campo. Los muestreos fueron realizados de julio a septiembre del 2014 y finales de junio y julio del 2015, en los municipios de Los Santos y Piedecuesta (Inspección de Policía de Pescadero), los cuales se encuentran entre los 576 y 1867 m s.n.m., abarcan parte del cañón del río Chicamocha, el cual cuenta con zonas áridas y semiáridas, hábitat natural de los cactus (Hernández *et al.* 1995) (Figura 1). Se recolectaron cladodios de 20 individuos, preferiblemente en periodos de floración y fructificación, localizados en las comunidades vegetales: *Aristido adscensionis*–*Condylidietum cuatrecasasi*, *Ayenio magna*–*Casearietum tremulae*, *Gyrocarpo americani*–*Cedreletum odoratae*, *Mammillario columbiana*–*Pilosoceretum santanderensi* y *Stemmadenio grandiflorae*–*Rauwolfietum tetraphyllae* (Albesiano *et al.* 2003, Albesiano y Rangel 2006), de la cuenca media del cañón del río Chicamocha, además de otros lugares estratégicos indicados por los habitantes del lugar.

Registro de datos: 1) morfométricos: 1.1) vegetativos: hábito de crecimiento; tronco: altura; cladodio joven y adulto: forma (Moreno 1984, Font–Quer 2001), largo, ancho y color de la epidermis; areolas: distancia entre ellas, forma, color, diámetro y alto; espinas: disposición, forma, largo y color tanto de la base como del ápice; número de espinas centrales y radiales, la mayor cantidad de espinas (máximo) por areola en la parte media del cladodio. 1.2) reproductivos: flor: largo total, diámetro del perigonio, largo del ovario, largo del hipanto, color y largo de los tépalos (externos, medios e internos), color y largo del estilo y del estigma; fruto: forma (Moreno 1984), largo, diámetro de la parte más ancha, color externo e interno del pericarpio; semillas rodeadas por un arilo endurecido: ancho, color, forma y largo. Para estimar los rangos de variación, se tuvieron

en cuenta los valores mínimos y máximos registrados en los individuos de las poblaciones. 2) información geoespacial: 2.1) coordenadas y 2.2) altitud; 3) registro fotográfico y 4) vegetación acompañante.

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia cuenta con el permiso macro de recolección, Resolución No. 724 de 2014, de la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales).

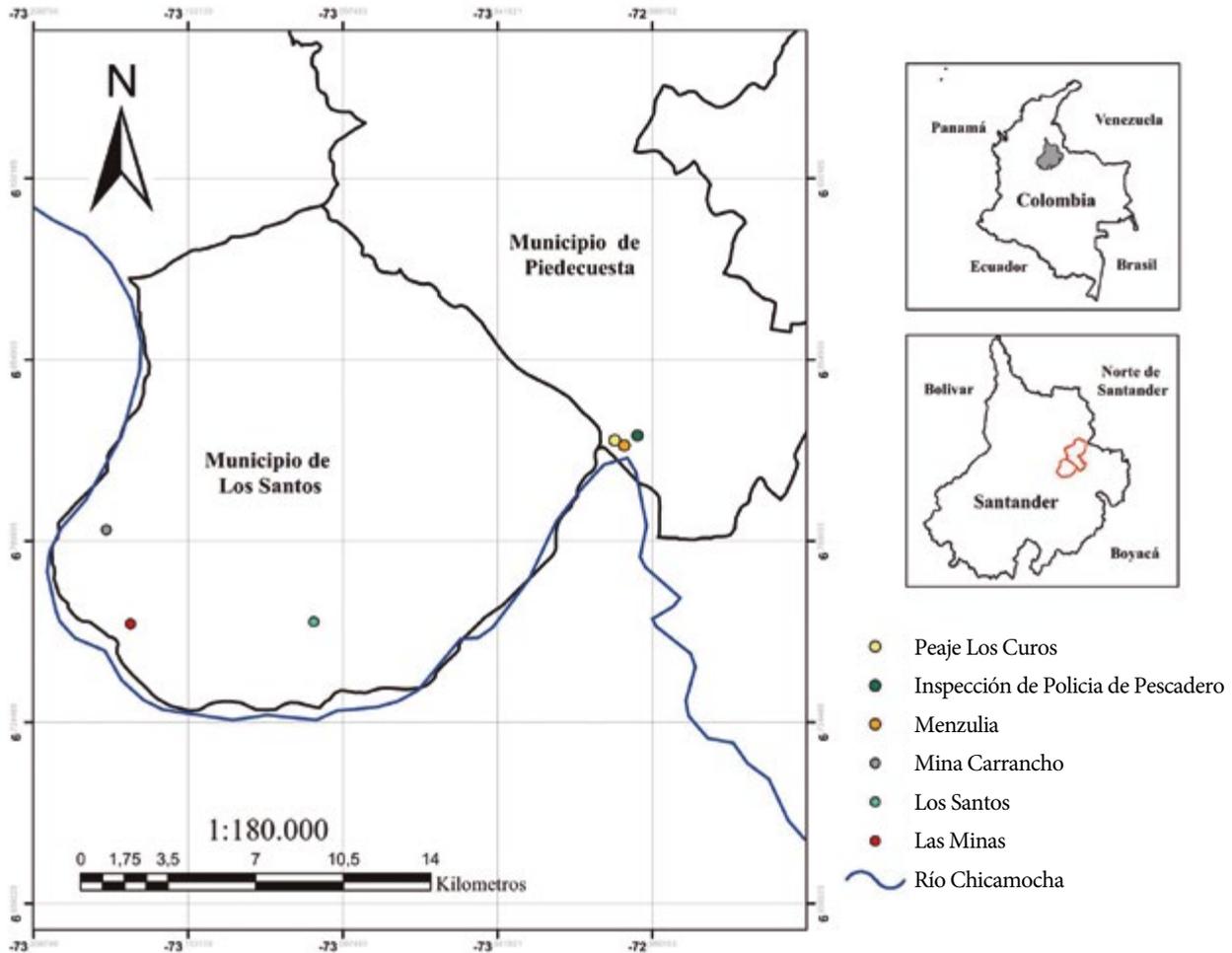


Figura 1. Rutas de muestreo en zonas circundantes a la Inspección de Policía de Pescadero del municipio de Piedecuesta y en el municipio de los Santos, Santander.

Identificación taxonómica. Se realizó con base en las descripciones originales y con obras generales (Miller 1768, Haworth 1819, Pfeiffer 1837, Salm-Dyck 1850, Bois 1898, Schumann 1898, Britton y Rose 1919, Berger 1929, Backeberg y Knuth 1936, Backeberg 1958). Se consultaron 106 exsiccata de los herbarios COL, NY, UPTC y US (Thiers 2016) y los fototipos disponibles en Jstor (<https://plants.jstor.org/>). El

material tipo estudiado se señala con el acrónimo del herbario, seguido por un signo de exclamación (!), que indica la observación personal por los autores. Los neotipos fueron asignados de acuerdo a las descripciones originales y según el área en el que fueron colectados por primera vez. Del material de herbario estudiado se tomó la siguiente información: país, localidad, fecha, colector, número de colección y el

código de barras, entre paréntesis. Para las localidades se tuvieron en cuenta las siguientes abreviaturas: Capital (Cap.), Corregimiento (Corr.), Departamento (Dpto.), Estado (Edo.), Isla (I.), Islas (Is.), Localidad (Loc.), Municipio (Mpio.), Paraje (Prj.), Parque natural nacional (PNN), Parroquia (Parr.), Provincia (Prov.), Región (Reg.) y Vereda (Vrd.).

Resultados

Tratamiento taxonómico

Opuntia Mill., *Gard. Dict. Abr.*, vol. 2, ed. 4. 1754: sin paginar. ESPECIE TIPO: *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., *Gard. Dict.*, ed. 8. 1768 (= *Cactus opuntia* L.)

1. Hábito de crecimiento. Se presentan plantas *erectas* (mayores a 50 cm de alto y su ramificación se va presentando de manera perpendicular al suelo), como en *O. dillenii*, que son mayores a 2,0 m de alto, a veces presentan un cladodio como base, a partir del cual se originan cladodios ortótropos y plagiótropos (Figura 2). También, *reclinadas* (cuya base es erecta, no mayor a 20 cm de alto, la parte superior se encorva y los cladodios se van ramificando de manera paralela al suelo), como en *O. depauperata*. **2. Tronco:** Se presenta solo en las especies erectas como *O. pennellii* (Figura 2) y *O. schumannii*, puede ser espinoso y de hasta 1,4 m de alto. **3. Cladodios o artejos:** elípticos (*O. pittieri*), redondeados (*O. dillenii*, Figura 3), obovados (*O. quitensis*) y cilíndricos (*O. pubescens*, aunque los cladodios más jóvenes son ligeramente aplanados); de 5,0–50 cm de largo, verde–claro oliváceo, verde–glaucos, verde–oscuro, verde–azulado, que varían dependiendo de la edad del cladodio y de manera intraespecífica. **4. Areolas:** redondas, generalmente blancas (*O. pittieri*, Figuras 3 y 5), aunque también hay marrones (*O. quitensis*), 0,1–1,0 cm de diámetro; con espinas y gloquidios, que corresponden a espinas más delgadas y cortas, deciduas y con células retrorsoserrado (Moreno 1984, Griffith y Porter 2009, Arruda

y Melo de Pinna 2016), las areolas del borde superior del cladodio joven presentan hojas cónicas, de 1 cm o menos de largo y fugaces. **5. Espinas:** en su mayoría subuladas (*O. caracassana*, Figura 6), muy pocas especies presentan aciculares (*O. ficus-indica*), de colores que van desde blanco–amarillas, blancas, blancas con puntas marrón, rojizas, amarillas, amarillas con franjas marrones y totalmente marrón–oscuro y marrón–claro (es común que varíen dependiendo la edad del cladodio, como en *O. depauperata* cuyas espinas del cladodio joven son generalmente rojizas o marrón–claro y cuando adultas son blancas), 0–3 espinas *centrales*, en su mayoría divaricadas, 1–4 cm de largo, rara vez llegan a 7 cm y 1–6 espinas *radiales*, por lo general adpresas y de 0,5–4,0 cm de largo. **6. Flores:** sésiles, solitarias, bisexuales, actinomorfas, 3,5–10 cm de largo, perigonio de hasta 4 cm de diámetro, hipanto de 2,5–6,0 cm de largo, el cual corresponde a un tallo modificado (Kiesling y Ferrari 2005), con gloquidios y espinas cortas (no mayores a 2 cm); dos series de tépalos sepaloides y petaloides (Figuras 4 y 5), siendo estos últimos más largos y de colores brillantes: amarillos, anaranjados, rojos y fucsia; en un individuo de *O. quitensis* se observaron tépalos de diferente color; una serie de estambres, de menor longitud de los tépalos petaloides, cuyo filamento y anteras son blanco–crema; estilo verde–claro, blanco, rosado a rojo, de hasta 3 cm de largo; estigma por lo general verde–claro, 0,2–0,7 cm de largo y plurilobulado (Figura 5). Las flores se ubican generalmente en el borde superior de los cladodios, pero en *O. dillenii* también se presentan en la parte media del cladodio. **7. Frutos:** indehiscentes, carnosos, pluriseminados, obloides, elipsoides o turbinados, 3,5–8,0 cm de largo y 3,0–4,5 cm de diámetro, rojo–morado, morado y amarillo–anaranjado el color del exocarpo es similar al endocarpo y mesocarpo. **8. Semillas:** presentan un tegumento leñoso, rodeadas por un arilo o envoltura funicular dura, de hasta 7 mm de diámetro (incluyendo el arilo), redondeado, blanco, blanco–crema o blanco–marrón.



Figura 2. Hábitos de crecimiento que se presentan en el género. **A-C)** erecto. **D)** reclinado. **A)** *O. pennellii* presenta un tallo central definido, cladodios ortótopos y plagiótopos. **B)** En *O. ficus-indica* los artejos pueden surgir de un tronco o se ramifican desde el suelo. **C)** En *O. dillenii* se presenta un cladodio como base, del cual surgen los demás artejos. **D)** En *O. depauperata* el crecimiento es paralelo a la superficie del suelo.



Figura 3. Formas de los cladodios. **A)** Cladodio joven obovado en *O. caracassana*. **B)** En *O. dillenii* es redondeado. **C)** Eliptico en *O. ficus-indica*. **D)** Cladodio adulto obovado en *O. pittieri*. **E)** Cilíndrico y ligeramente aplanado en *O. depauperata*. **F)** En *O. quitensis*, el cladodio es redondeado. **G)** Cilíndrico en *O. pubescens*. **H)** Obovado en *O. schumannii*. **I)** En *O. pennellii* es obovado.



Figura 4. Variación en la coloración de los tépalos y diámetro de los frutos y arilos. A–B) Tépalos rojos y amarillos en *O. quitensis*. C) En *O. schumannii* los tépalos son amarillos y los frutos rojo a morado. D) Fruto inmaduro de 4,5 cm de diámetro en *O. dillenii*. E) *O. pittieri* con frutos rojo–morados y de 4,5 cm de diámetro. F–G) Tépalos y frutos amarillos en *O. ficus-indica*. H) Arilo de hasta 6 mm de diámetro en *O. dillenii*. I) Arilo de 5 mm de diámetro en *O. pittieri*.

Clave taxonómica para la identificación de las especies

- 1. Plantas reclinadas, máximo de 27 cm de alto; cladodios crecen paralelos a la superficie del suelo *O. depauperata*
- 1'. Plantas erectas, de hasta 6 m de alto; cladodios perpendiculares y diagonales a la superficie del suelo.
 - 2. Plantas adultas de hasta 36 cm de alto. Cladodios cilíndricos y algo aplanados, de 1,0–1,5 cm de ancho *O. pubescens*
 - 2'. Plantas adultas mayores de 100 cm de alto. Cladodios elípticos, obovados y redondeados, de 5,0–23 cm de ancho.
 - 3. Gloquidios de 5–10 mm de largo. Espinas discóloras (con franjas marrón). Frutos turbinados, morados y con pocas areolas (menos de cinco) en la parte más ancha del fruto *O. dillenii*
 - 3'. Gloquidios de 1–2 mm de longitud. Espinas concóloras (sin franjas marrón). Frutos obovados o elipsoides, rojos o amarillos y con muchas areolas (más de cinco) en su parte más ancha.
 - 4. Cladodios adultos mayores de 40 cm (–50 cm) de largo.
 - 5. Areolas con 0–1 espina. Espinas centrales de 0,2–1,0 cm de largo y blancas. Frutos con exocarpo amarillo, mesocarpo y endocarpo amarillo–anaranjado *O. ficus-indica*
 - 5'. Areolas con más de una espina. Espinas centrales de 1,1–3,5 cm de longitud, amarillo–claro a blanco amarillentas. Fruto con exocarpo, mesocarpo y endocarpo rojo–morado *O. pittieri*
 - 4'. Cladodios adultos de 5 cm a 30 cm de longitud.
 - 6. Areolas de 1–2 mm de alto en la parte media de los cladodios jóvenes y con tres espinas.
 - 7. Espinas en su mayoría marrón–oscuro, de vez en cuando amarillas a blancas *O. schumannii*
 - 7'. Espinas generalmente blancas o blancas con base amarilla.
 - 8. Espinas de hasta 4 cm de longitud, la mayoría no alcanzan a entrecruzarse *O. pennellii*
 - 8' Espinas máximo de 6 cm de largo, que pueden entrecruzarse con las de las areolas vecinas *O. caracassana*
 - 6'. Areolas inmersas (menos de 1 mm de alto) en la parte media de los cladodios jóvenes y con más de tres espinas *O. quitensis*

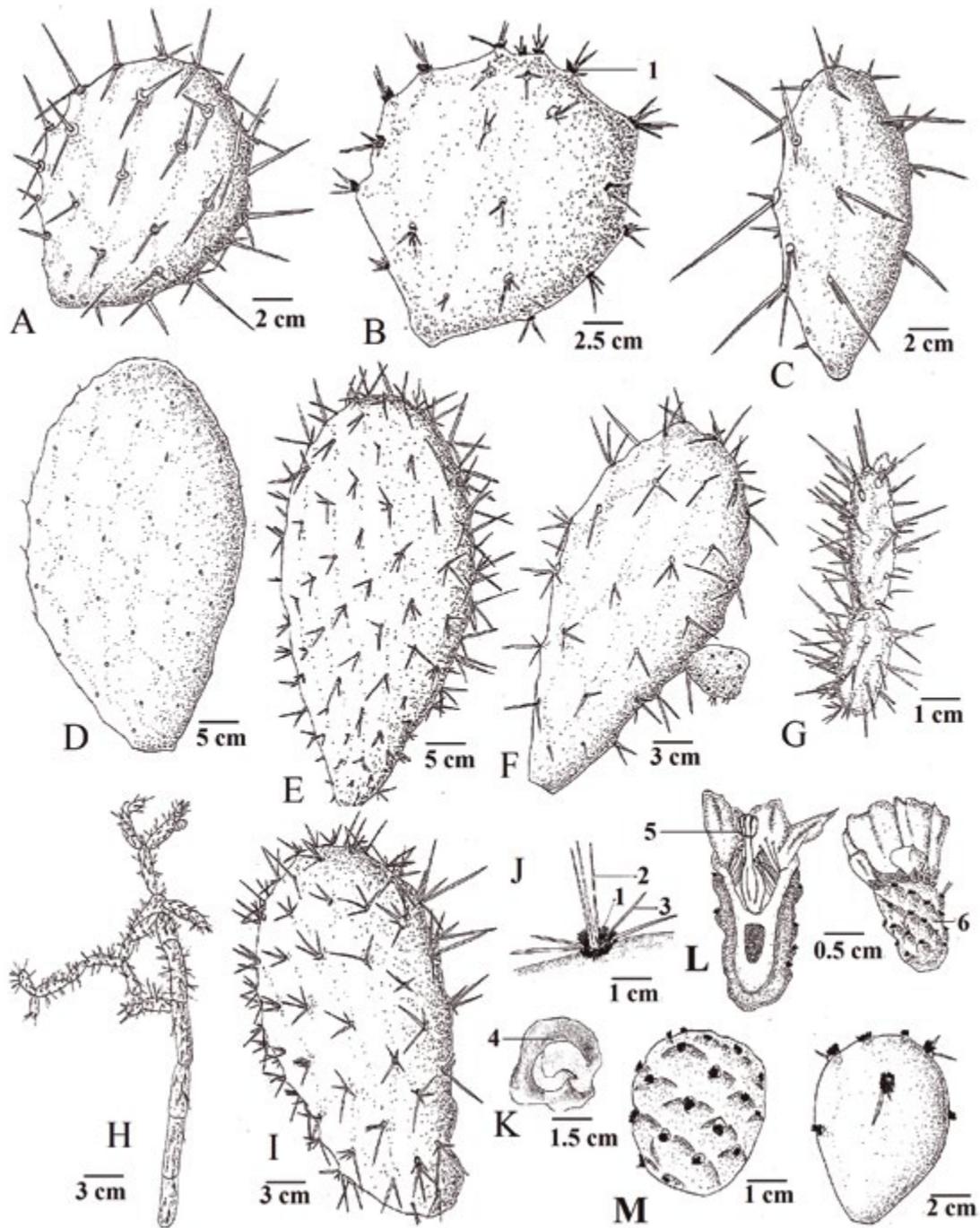


Figura 5. Formas de los cladodios y espinas: **A)** *O. caracassana*. **B)** *O. dillenii* con gloquidios conspicuos (1) de hasta 1,0 cm de largo. **C)** *O. pennellii*. **D)** *O. ficus-indica*. **E)** *O. pittieri*. **F)** *O. schumannii*. **G)** *O. depauperata*. **H)** *O. pubescens*. **I)** *O. quitensis*. **J)** Areola con gloquidios (1), espinas centrales (2) y espinas radiales (3). Estructuras reproductivas: **K)** Forma redonda del arilo o envoltura funicular de *O. dillenii* (4). **L)** Vista interna y externa de la flor de *O. pittieri*, con estigma plurilobulado (5) e hipanto tuberculado (6), provisto de gloquidios y espinas. **M)** En *O. quitensis* (izquierda) el fruto presenta abundantes areolas mientras que en *O. dillenii* son pocas (derecha).

Fichas taxonómicas

1. *Opuntia caracassana* Salm-Dyck, *Cact. Hort. Dyck.* ed. II: 238. 1850. Tipo Venezuela (Otto s.n. [B †]). TIPO: Colombia, Dpto. Santander, Mpio. Los Santos, vía Mina Carrancho, 2 Jul. 2015, D. Porras, S. Albesiano, L. Arrieta 69 (Neotipo, UPTC, designado aquí).

Opuntia wentiana Britton & Rose. *The Cactaceae* 1:116. 1919. Tipo no designado. TIPO: Netherlands Antilles, Curacao, 20 Mar. 1913, N.L. Britton y J.A. Shafer 2904 (Neotipo, US 535986, designado aquí).

Iconografías: Figura 287:219; (Britton y Rose 1919). Ilustración 477:468; (Backeberg 1958). Figura 158–159: 18; (Figueroa 2004). Lámina 4, Figuras 33–34:109; (Nassar *et al.* 2013). Figura 2:182; (Carbonó *et al.* 2013).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: erecto, 1,0 m de alto. Cladodio joven: obovado o redondeado, 5,0–12 cm de largo y hasta 7 cm de ancho, verde-claro. Espinas: subuladas, blancas con base amarilla y ápice oscuro o totalmente amarillas; una espina central, 1,0–4,0 cm de largo, divaricada; una a dos espinas radiales, 1,0–1,5 cm de largo. Cladodio adulto: obovado o redondeado, 15–17 cm de largo y 10–12 cm de ancho. Una a dos espinas centrales, 2,5–5,5 cm de largo, divaricadas, subuladas y blancas con punta marrón; una a tres espinas radiales, 0,5–3,5 cm de largo, adpresas, subuladas y blancas. Las espinas más largas tienden a retorcerse. Areolas: redondeadas, blancas, 0,3–0,4 cm de diámetro y 0,2–0,3 cm de alto, algunas con gloquidios poco conspicuos, 3 cm de distancia entre ellas. Flores: de 4,8–5,0 cm de largo, perigonio 2,5–3,0 cm de diámetro, **ovario** 0,3–0,4 de largo, hipanto 3 cm de longitud, tépalos rosados a fucsia en la flor inmadura, internos 0,5–1,0 cm de largo, intermedios y externos 2,0–2,5 cm de largo, estilo verde-claro a blanco, 1,3 cm de longitud, lóbulos del estigma verde-claro, 0,2 cm de largo. Frutos: pequeños y rojos (Britton y Rose 1919), (Figura 6A).

Distribución y hábitat. Se distribuye en la región Neotropical, al norte de Suramérica y el Caribe; en

las Antillas Holandesas, Aruba, Colombia y Curazao. En nuestro país se encuentra ampliamente distribuida en la costa Atlántica, en los departamentos de Bolívar, Guajira y Magdalena; y en la región Andina, en Huila (Figueroa 2004) y Santander, desde los 162 hasta los 1943 m de altitud; en matorrales altos, cardonales, taludes de carretera y caminos (Albesiano y Fernández 2006), en suelos superficiales y donde la pedregosidad puede llegar hasta un 90%. *O. caracassana* crece asociado con *Aristida adscensionis*, *Condylidium cuatrecasasii*, *O. depauperata* y *Portulaca oleracea* en el estrato rasante; *Cestrum alternifolium* y *Lippia originoidea* en el estrato arbustivo; *Haematoxylum brasiletto*, *Prosopis juliflora*, *Senna pallida* y *Stenocereus griseus* en el estrato arbolitos (Albesiano *et al.* 2003, Albesiano y Rangel 2006, González y López 2012).

Material de herbario estudiado: ARUBA, 1913, *I. Boldingh s.n.* (NY 1496058). COLOMBIA, **Dpto. Cundinamarca**, Mpio. Girardot, 24 Dic. 1962, *C. Saravia et al.* 2033 (COL 000175955). **Dpto. La Guajira**, entre Portete y Yororoki, 24 Ene. 1986, *A.M. Calcagno 50* (COL 000161055); a unos 8 Km Mpio. Riohacha, vía Maicao, 24 Ene. 1986, *A.M. Calcagno 1* (COL 000161075); a 1 km de Maicao, vía Mpio. Riohacha, 25 Ene. 1986, *A.M. Calcagno 25* (COL 000175941); Mpio. Uribia, Corr. Waletpa, cauce seco del arroyo Jasalu, 17 May. 2007, *B.H. Rey 392* (COL 000345255); al otro lado de la vía de Tierra, en frente a Uribia, 28 Ene. 1986, *A.M. Calcagno 62* (COL 000161066); Entre Papayal y Hato Nuevo, 21 Abr. 1981, *J. Espina 1019* (COL 161044). **Dpto. Magdalena**, Ciénaga, 8 Feb. 1962, *R. Romero-Castañeda 9204* (COL 175940). **Dpto. Santander**, Mpio. Los Santos, vía Mina Carrancho, 8 Oct. 2014, *D. Porras et al.* 50; *ibidem*, 2 Jul. 2015, *D. Porras et al.* 69 (UPTC). **Dpto. Valle**, Cañón del Río Dagua, Loboguerrero, *C. Saravia 4736* (COL 000161105). CURAZAO, Oct. 1916, *J.N. Rose 21617* (NY 01496056). **Seroe pretoe(?)**, 16 Feb. 1917, *H.M. Curran 13* (NY 1496057). PAÍSES BAJOS, **Mpio. Bonaire**, 1913, *I. Boldingh s.n.* (NY 1496059).

2. *Opuntia depauperata* Britton y Rose, *The Cactaceae* 1:216, ill. 1919. TIPO: Venezuela, between Caracas and

Guaira, 17 Oct. 1916, Mr. and Mrs. J.N. Rose 21751 (Holotipo, US, 763338!; Isotipo, NY, 386077!).

Iconografía: figura 280:217; (Britton y Rose 1919).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: reclinado, máximo de 27 cm de alto. Tronco: no mayor a 10 cm. Cladodio joven: cilíndrico algo aplanado, 2,0–5,0 cm de largo, 1,0–2,5 cm de diámetro, verde–claro, a veces oscuro. Espinas: aciculares, rojas con punta blanca, marrón–rojizas, rara vez blancas, una a dos espinas centrales, 1,0–2,0 cm largo, divaricadas, una a tres espinas radiales, 0,5–1,0 cm largo. Cladodio adulto: de forma y dimensiones similares al cladodio joven, las espinas centrales y radiales son totalmente blancas. Areolas: redondeadas, blancas, 0,2–0,3 cm de diámetro, 0,1–0,2 cm de alto, la distancia entre areolas es menor a 0,5 cm; gloquidios blancos (Figura 6B).

Distribución y hábitat. Especie Neotropical, del norte de Suramérica, Colombia y Venezuela, distribuida en la región Andina y Valles Interandinos de Boyacá, Huila y Santander, entre los 500 a 1200 m s.n.m., en laderas de 5 a 30° de inclinación, la pedregosidad varía entre 20 y 80% y la hojarasca cubre entre 1 y 90% de la superficie. *O. depauperata* crece en el estrato rasante de matorrales altos, cardonales y vegetación viaria, junto con *A. adscensionis*, *Commelina elegans*, *C. cuatrecasasii* y *Melochia mollis*; *Bursera simaruba*, *Cnidioscolus tubulosus*, *Cordia curassavica* y *Jatropha gossypifolia* en el estrato arbustivo (Britton y Rose 1919, Albesiano et al. 2003, Albesiano y Fernández 2006).

Material de herbario estudiado: COLOMBIA, **Dpto. Boyacá**, Mpio. Covarachia, 12 Jun. 2003, *S. Albesiano* y *C. Díaz 1621* (COL 000221930); Mpio. Tipacoque, Vrd. de los Higueros, 12 Jun. 2003, *S. Albesiano* y *C. Díaz 1622* (COL 000221932), Vrd. Ovachia, sector La Junta, 29 Jun. 2009, *J.L. Fernández* y *C. Díaz 28254* (COL 000341489). **Dpto. Huila**, Desierto de la Tatacoa, Sep. 1980, *O. Rangel 2982* (COL). **Dpto. Santander**, Mpio. Piedecuesta, Loc. Pescadero, 24 Feb. 2006, *C. Díaz* y *M. Puerto 102* (COL 000341449); *ibidem*, 13 Oct. 1995. *A. Cadena et al. 2909* (COL 000175945); *ibidem*, 05 Dic. 1997, *S. Albesiano et al. 008* (COL 000175947); *ibidem*, *S. Albesiano et al.*

022 (COL 000175946); Loc. Menzulia, 9 Oct. 2014, *D. Porras et al. 45* (UPTC); Mpio Girón, Vrd. Chocóa, sector El Puente, 2 Jul. 2006, *C. Díaz* y *M. Puerto s.n.* (COL 000345554); Mpio Capitanejo, Vrd. Las Juntas, 16 Ago. 1979, *O. Rangel 2156* (COL 000161014).

3. *Opuntia dillenii* (Ker Gawl.) Haworth, *Suppl. Pl. Succ.* 79. 1819. TIPO: Edwards, *Bot. Reg.* 3: t. 255. 1818 (Lectotipo, designado por L. Benson, *Cact. Succ. J.* (Los Angeles) 41 (3): 126. 1969).

Cactus dillenii Ker Gawl., *Bot. Reg.* 3: 255–256. 1818. *Opuntia stricta* var. *dillenii* (Ker Gawl.) L. Benson, *Cact. Succ. J.* (Los Angeles) 41 (3): 126. 1969.

Iconografías: Lámina 255:255; (Edwards 1817). Lámina 28, Figura 2; (Britton y Rose 1919). Ilustración 544:559; (Backeberg 1958).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: erecto, 1,2–2,5 m de alto. Tronco: máximo de 1 m de alto. Cladodio joven: redondeado a obovado, 20–38 cm de largo y hasta 23 cm de ancho, verde–oscuro opaco o también verde–claro. Una a dos espinas centrales, 1,5–3,5 cm de largo, divaricadas, subuladas; dos a cuatro espinas radiales, 1,0–2,5 cm de largo, adpresas, subuladas, amarillas con franjas marrones cerca de la base. Cladodio adulto: de hasta 50 cm de largo y 25 cm de ancho, verde–azulado o verde–claro. Una a tres espinas centrales, 1,5 a 4,5 cm de largo, subuladas, divaricadas; dos a cinco espinas radiales, 0,5–3,0 cm de largo, subuladas, adpresas. Areolas: redondeadas, blancas, sobresalientes (hasta 1 cm de diámetro y 1 cm de alto), distancia entre areolas de 5 cm, con gloquidios amarillos o marrón–claro, conspicuos, 0,5–1,0 cm de largo. Flores: no siempre apicales, surgen también en areolas de la parte media del cladodio, 7,0–10 cm de largo; perigonio de hasta 4 cm de diámetro; ovario 0,5–1,0 cm de largo; hipanto 6 cm de largo; tépalos amarillos, 2–4 cm de largo, internos 2,5 a 4,0 cm de largo; estilo verde–claro, 2,5 cm de largo; lóbulos del estigma verde–claro, 0,6 cm de largo. Frutos: Turbinados, 6–8 cm largo y 3 cm de diámetro, verde en estado inmaduro, morado maduro, presenta gloquidios y espinas en la parte superior. Semillas con

arilo: por lo general redondeadas, blancas con manchas marrón–oscuro, 6–7 mm de diámetro (incluyendo el arilo) (Figura 6C).

Distribución y hábitat. Se distribuye en la región Neotropical, desde el sur oriente de Estados Unidos hasta Brasil, además en la isla de Puerto Rico. En Colombia se ha registrado en la región Andina, en los departamentos de Cauca y Santander, entre los 820 y 2045 m s.n.m. Crece en matorrales y bosques ralos con sustratos arenosos y pedregosos, también en pendientes variables (Ariza 1999); se adaptan fácilmente a zonas transformadas. Predomina especialmente en la asociación *Melocacto pescaderensis–Jatrophetum gossypifoliae* en el cañón del río Chicamocha (Albesiano et al. 2003) y está comúnmente acompañada de *Boerhavia coccinea*, *Cestrum alternifolium*, *Commelina diffusa*, *Commelina erecta*, *Stenocereus griseus*, entre otras.

Material de herbario estudiado: ANTIGUA Y BARBUDA, 4 Feb. 1913, *J.N. Rose* y *G. Rose* 3272 (US 180104). BRASIL, **Edo. Bahia**, Mpio. Aracá, 11,5 Km N de Aracá. 5 Ene. 1991, N.P. *Taylor et al.* 1350 (NY 645416). COLOMBIA, **Dpto. Cauca**, Mpio. Totoro, Vrd. La Peña, Cerro Paramillo, Resguardo Indígena de los Totoroes, 19 Sep. 2004, *J.L. Fernández et al.* 22119 (COL 000351617). **Dpto. Santander**, Mpio. Girón, L. Chocóa, 7 Feb. 2006, *C. Díaz et al.* 19 (COL 000345558); Mpio. Los Santos, Calle 1, 8 Oct. 2014, *D. Porras et al.* 41 (UPTC); 1 Jul. 2015, *D. Porras et al.* 63 (UPTC); sector norte Mesa de Los Santos, Vrd. El Pozo, 18 Sep. 2004, *J.L. Fernández* y *S. Albesiano* 22117 (COL 000352000); sector norte de La Mesa de Los Santos, bajada por el camino a Jordán y Vrd. La Peña, 19 Sep. 2004, *J.L. Fernández et al.* 22149 (COL 000345291); Mpio. Piedecuesta, Pescadero, sobre la pendiente, 13 Jun. 1962, *C. Saravia et al.* 763 (COL 000161017); Vía Málaga a Capitanejo, 29 Jul. 2009, *J.L. Fernández* y *C. Díaz* 28229 (COL 000345308). ESTADOS UNIDOS, **Edo. Puerto Rico**, I. Vieques, 2 Feb. 1914, *J.A. Shafer* 2673 (US 180101); Mpio. Cabo rojo, 10 Ene. 1996, *A.E. Areces* 6410 (NY 1089995). **Is. Vírgenes**, I. John, 10 Feb. 1913, *N.L. Britton* y *J.F. Cowell* 658 (US 535034), I. de Navaza, 27 Jul. 1998, *W. Buck et al.* (NY 227186). REPÚBLICA

DOMINICANA, **Edo. Azua**, I. La española, Mar. 1913, *J.N. Rose et al.* 3838 (US 180140).

4. *Opuntia ficus–indica* (L.) Mill., *Gard. Dict.*, ed. 8. 1768. Neotipo, S 10037! designado por Leuenberger: 625. 1991.

Cactus ficus–indica L., *Sp. Pl.*: 468. 1753.

Iconografías: Figuras 217–218:178; (Britton y Rose 1919). Ilustración 516:526; (Backeberg 1958). Pág. 89; (Iriarte 2000). Págs. 52, 54, 498; (Anderson 2001). Figuras 10.1–10.2, 12.1–12.3, 14.6, 15.1; (Nobel 2002). Pág. 13; (Kunte y Subik 2004). Pág. 210; (Quintana 2013). Págs. 190–191, 195; (Ostolaza 2014).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: erecto, hasta 3,2 m de altura. Tronco: central de 1,10 m de alto, pero puede ramificarse desde la base. Cladodio joven y adulto: elípticos a obovados, 20–45 cm de largo y 15–21 cm de ancho, verde–glaucos, los cladodios jóvenes emergen de la parte media y alta del cladodio adulto, pueden surgir hasta cinco cladodios jóvenes. De cero a una espina central, 0,2–1,0 cm de largo, acicular, divaricada, blanca, sin espinas radiales. Máximo una espina por areola en la parte media del cladodio. Areolas: redondas, blancas, 0,1–0,2 cm de diámetro y 0,1 cm de alto, distancia entre areolas de 2–3 cm; gloquidios no observables. Flores: apicales, de 8 cm de largo, perigonio de 2,5–3,0 cm de diámetro, ovario de 0,8 cm de largo, hipanto de 5,0–5,5 cm de largo con gloquidios marrón–claro, tépalos amarillos a veces con tono rosado, externos de 0,7–1,0 cm de largo, intermedios e internos, de 1,5–2,0 cm y 1,5–2,5 de largo respectivamente, estilo verde–claro a blanco, de 1 cm de largo, lóbulos del estigma verdes, de 0,3–0,4 cm de largo. Frutos: obovados, de 7,0–7,5 cm largo y 4,0–4,5 cm de diámetro, exocarpo amarillo, mesocarpo y endocarpo amarillo–anaranjado. Semillas: redondas, por lo general blancas, 5 mm de diámetro, arilo del mismo color y de 1 mm o menos de grosor (Figura 6D).

Distribución y hábitat. Se distribuye naturalmente en la región Neotropical y de manera ornamental en las regiones Australiana, Holártica y Paleotropical. En Colombia se ha registrado únicamente en la

región Andina, en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Santander, sobre los 110 a los 2700 m s.n.m.; por lo general se encuentra cerca a los asentamientos antrópicos a los cuales se ha adaptado fácilmente; frecuente en las orillas de caminos y zonas abiertas sin pendientes.

Material de herbario estudiado: COLOMBIA, **Dpto. Boyacá**, Mpio. Guacamayas, Cabecera Municipal, 15 Jun 2009, *A.C. Beltrán 27* (COL 000358784); Mpio. Villa de Leyva, Ruta Cucaita, 19 Mar. 2004, *J.L. Fernández 21507* (COL 000175952); **Dpto. Cundinamarca**, Mpio. Bojacá, 14 Oct. 1979. *R. Jaramillo y J.M. Idrobo 9485* (COL 000175953); Mpio. Mosquera, Vrd. San José, Finca Mondoñedo, 23 Feb. 2015, *D.C. Jaimés 2* (COL 582184); Mpio. Ubaté, Vía Ubaté a Chiquinquirá, al borde de la laguna de Fúquene, antes de Susa, 15 Feb. 1986, *A.M. Calcagno et al. 64* (COL 000175954); *ibidem*, 15 Feb. 1986, *A.M. Calcagno et al. 65* (COL 458997); Mpio. Suesca, 1 Dic. 2002, *C. Betancur et al. 9820* (COL 000175956); **Dpto. Nariño**, Carretera a Túquerrez a 200 m del Pedregal, 1 Dic. 1962, *C. Saravia y R. Jaramillo 1880* (COL 000161011); **Dpto. Santander**, Mpio. Los Santos, Sector Norte de la Mesa de los Santos, Trayecto Los Santos (1300 m) a Vereda La Laguna (1400 m) y bajada a la Vereda Minas (100 m), 20 Sep. 2004. *J.L. Fernández et al. 22288* (COL 000337960); vía las minas, 2 Jul. 2015, *D. Porrás et al. 65* (UPTC); Mpio. San Jose de Suaita, 1 Abr. 2004, *J.L. Fernández 21487* (COL 000065672). ECUADOR, **Prov. Guayas**, Cantón Guayaquil, Cerro del Carmen, s.f, *F.M. Valverde 251* (COL 000161111). MÉXICO, **Edo. Sonora**, 5 Mar. 1910, *J.N. Rose 12435* (US 179298).

5. *Opuntia pennellii* Britton y Rose, *The Cactaceae* 1: 219, Figura 286. 1919. TIPO: Colombia, departamento de Bolívar, municipio de Magangué, 1918, F.W. Pennell s.n (Holotipo, NY 386099!).

Iconografía: Figura 286:219; (Britton y Rose 1919).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: erecto, 1,5–2,20 m de altura. Tronco: de hasta 1,40 m de alto. Cladodio joven: obovado, redondeado o elíptico, verde–claro, de 4,0–18 cm de largo y 5–7 cm de ancho.

Espinas: subuladas, una espina central, divaricada, 3 cm de largo, blanco–amarillas con puntas oscuras; una espina radial, adpresa, 0,5–1,5 cm de largo, blancas con puntas oscuras. Máximo dos espinas por areola en la parte media del cladodio, rara vez tres. Cladodio adulto: igual en forma y color al cladodio joven, de 17–20 cm de largo y 9–10 cm de ancho; igual número de espinas tanto radiales como centrales, blancas con puntas oscuras, la espina central puede llegar a medir hasta 4 cm, y la radial 3 cm. Areolas: redondeadas, blancas, de 3–4 cm de ancho y 0,1–0,2 cm de alto, distancia entre ellas de 3–4 cm. Con gloquidios poco conspicuos, amarillentos a marrón–claro. Flores: tépalos amarillos; pequeñas, de aproximadamente 4 cm de largo (Britton y Rose 1919) (Figura 6E).

Distribución y hábitat. Endémica de Colombia, se ha reportado en los departamentos de Bolívar, Boyacá y Santander, a una altura que va de los 612 a 2500 m. Se encuentra cerca a laderas y terrenos pedregosos.

Material de herbario estudiado: COLOMBIA, **Dpto. Bolívar**, Galerazamba, 13 Oct. 1962, *C. Saravia 1329* (COL 000161013). **Dpto. Boyacá**, Mpio. El Espino, 1 Ene. 2006, *J.L. Fernández 23931* (COL 000345559); Mpio. Socha, vía Paz de Río, Vrda. El Pozao, *J.L. Fernández 23896* (COL 000341477). **Dpto. Santander**, Mpio. Girón, Loc. Chocoa, *C.N. Díaz y M.A. Puerto 21* (COL 000345555).

6. *Opuntia pittieri* Britton y Rose, *The Cactaceae* 1: 188, Figura 232. 1919. TIPO: Colombia, 1906, H.F. Pittier 6123 (Holotipo, US 1803034!; Isotipo, GH 00063193!)

Iconografía: Figura 232:189; (Britton y Rose 1919).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: erectas, de hasta 4,5 m de alto. Tronco: hasta 1,5 m de alto, se pueden ramificar cerca de la base. Cladodio joven: elípticos a obovados, de 20–45 cm de largo y 10–18 cm de ancho, verde–oscuro opaco. Espinas amarillo–claro o blanco–amarillentas, aciculares, una espina central, divaricada o algunas veces adpresa, 1,0–3,5 cm de largo; una a cinco espinas radiales, por lo general tres, adpresas, 0,5–2,5 cm de largo. Máximo cuatro espinas

por areola en la parte media del cladodio. Cladodio adulto: muy similares al cladodio joven, pero llegan a medir 20–49 cm de largo. Espinas totalmente blancas, una a dos espinas centrales, una a tres espinas radiales, que pueden llegar a medir 3,0 cm de largo. Máximo cuatro espinas por areola en la parte media del cladodio. Areolas: redondeadas, marrones, sobresalientes, 0,2–0,5 cm de alto, 0,2–0,4 cm de diámetro, por lo general 0,3 cm, 3,5–4,0 cm de distancia entre ellas; gloquidios inconspicuos. Flores: apicales, 5–7 cm de largo, perigonio de 4 cm de diámetro, hipanto de 3,0–3,5 cm de largo, con areolas sobresalientes, **tépalos** externos amarillo–rosado, 0,5–1,3 cm de largo, intermedios e internos amarillos, 1,5–2,0 cm y 3,0–3,5 cm de largo respectivamente, estilo rosado, 2,5 cm de largo; lóbulos del estigma verde–claro, por lo general de 0,5 cm de largo. Frutos: redondeados, 4,0–5,5 cm de largo y 2,3–4,5 cm de diámetro, pericarpo rojo–morado. Semillas con arilo: blancas o crema, 4–5 mm de diámetro y redondeadas (Figura 6F).

Distribución y hábitat. Endémica de la región Andina de Colombia, en los departamentos de Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Santander y Valle del Cauca, entre los 900 a 2210 m s.n.m. Habita el bosque seco subtropical (Espinal y Montenegro 1963), junto con *C. curassavica*, *Lippia organoides*, *P. juliflora*, *Senna pallida*, *S. griseus*; muy común a las orillas de los caminos.

Material de herbario estudiado: COLOMBIA, **Dpto. Boyacá**, Mpio. Moniquirá, Vegas del río Sáchica, 16 Feb. 1986, *A.M. Calcagno 79* (COL 000161060); Mpio. Ráquira, 15 Feb. 1986, *A.M. Calcagno 75* (COL 000175960); Mpio. Sáchica, Vrd. El Espinal, 16 Feb. 1986, *A.M. Calcagno 77* (COL 000175964); Vía a Chiquinquirá, 24 Jul. 2003, *M.A. Bello 555* (COL 000178195); **Dpto. Cauca**, P.N.N Munchique, 1906, *H.F. Pittier s.n.* (NY 386100), (NY 386101), (NY 386102), (NY 386103), (NY 386104); **Dpto. Cundinamarca**, Mpio. Mosquera, Zanjón de Las Cátedras, 13 Oct. 1962, *C. Saravia 1007* (COL 161113); **Dpto. Santander**, Mpio. Los Santos, cerca al pueblo, 3 Jul. 2015, *D. Porras et al. 70* (UPTC); **Dpto. Valle del Cauca**, C. Atuncela, 10 Nov. 1962, *C. Saravia 1393* (COL 161008); Venticas del Mpio. Dagua, 10 Nov. 1962, *C. Saravia 1393* (COL 161019);

Mpio. Yumbo, 21 Oct. 2015, *C. Saravia 1741* (COL 000161010).

7. *Opuntia pubescens* H. L. Wendl. ex Pfeiff. *Enum. Diagn. Cact.*: 149. 1837. Tipo no designado. TIPO: Mexico, near Tehuacan, State of Puebla, August 30 to September 8, 1905, J.N. Rose, Jos. H. Painter y J.S. Rose 9933 (Neotipo, US 00179719, designado aquí).

Iconografía: Figura 281: 217; (Britton y Rose 1919).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: erecto, máximo de 62 cm de altura. Tronco: de hasta 30 cm de alto. Cladodio joven: cilíndrico, algo aplanado, 5–11 cm de largo y 1,0–1,3 cm de ancho, verde–claro. Espinas aciculares, blanco–amarillas, una espina central, divaricada, 0,5–2,5 cm de longitud, de cero a una espina radial, 0,5–2,0 cm de largo, adpresas, se observan hojas efímeras de color rojo. Máximo dos espinas por areola en la parte media del cladodio. Cladodio adulto: cilíndricos, de hasta 15 cm de largo y 1–2 cm de ancho, a diferencia del cladodio joven las espinas se tornan blancas y puede haber hasta dos espinas radiales, aunque por lo general se observa una. Máximo tres espinas por areola en la parte media del cladodio. Areolas: redondas, blancas, en el cladodio joven presenta gloquidios blancos; 0,2 cm de diámetro y 0,1 cm de alto, distancia entre areolas de 0,5–0,6 cm (Figura 6G).

Distribución y hábitat. Su distribución es Neotropical, registrándose Colombia y México. En la Inspección de Policía de Pescadero, *O. pubescens* se localiza en matorrales subxerofíticos, asociado con *A. adscensionis*, *C. cuatrecasasii*, *C. curassavica*, *Jatropha gossypifolia*, *L. organoides*, *Melochia mollis* y *P. juliflora*.

Material de herbario estudiado: COLOMBIA, **Dpto. Santander**, Mpio. Piedecuesta, Corr. Pescadero, Vrd. Menzulía, 09 Oct. 2014, *D. Porras et al. 47* (UPTC), 4 Jul. 2015, *D. Porras et al. 72* (UPTC). MEXICO, **Edo. Oaxaca**, Sep. 1905, *J.N. Rose s.n.* (US 00179712); **Edo. Puebla**, 30 Ago. 1905, *J.N. Rose 9933* (US 00179719).

8. *Opuntia quitensis* F.A.C. Weber en Bois, *Dict. Hort.* 2:894. 1898. Tipo no designado. TIPO: Madsen. *Cactaceae. Flora of Ecuador* (35): 56. 1989, figura 12A (Neotipo, designado aquí).

Iconografías: página 10; (Bartholomaeus *et al.* 1990). Página 515; (Anderson 2001). Páginas 568–569; (Mahecha *et al.* 2004). Figura 7a i ii: 102; (González y López 2012).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: erecto, de hasta 6 m de alto. Tronco: de 1,4 m de altura. Cladodio joven: obovado a redondeado, 13–30 cm de largo, por lo general 25 cm y 10–16 cm de ancho, verde–claro a veces se torna verde–oscuro. Espinas subuladas, blancas con puntas oscuras, una a dos raras veces tres espinas centrales, divaricadas, 1,5–3,0 cm de largo, por lo general de 2,5 cm, espinas radiales 1–7, por lo general 4 o 5, divaricadas o adpresas, 0,5–2,0 cm de largo. Máximo cuatro a veces cinco espinas por areola en la parte media del cladodio. Cladodio adulto: igual forma al joven, pero pueden llegar a medir 35 cm de largo. Espinas más largas, de hasta 3,5 cm, con igual número de centrales como radiales. Máximo cuatro a cinco, a veces hasta siete espinas por areola en la parte media del cladodio. Areolas: redondeadas, 0,3–0,5 cm de diámetro, marrones, inmersas o poco pronunciadas, distancia entre areolas de 2,0–3,5 cm, gloquidios inconspicuos. Flores: apicales, 3,5–6,8 cm de largo, perianto 2,0–3,5 cm de diámetro, ovario 0,6–0,7 cm de largo, hipanto 3,0–3,5 cm de longitud, en su parte externa presenta gloquidios marrón–claro a rojizos con areolas pronunciadas; tépalos que varían de amarillo–anaranjado a fucsia, internos de 2–3 cm de largo, intermedios de 1,5–2,0 cm largo y externos de 0,5–1,2 cm largo, estilo verde–claro a blanco, 1,3–3,0 cm de largo, lóbulos del estigma verde–claro, 0,3–0,7 cm de largo. Frutos: obloides, 5 cm de largo y 3–4 cm de diámetro, pericarpo rojo–morado, con gloquidios marrón–claro a rojizo. Semillas con arilo: blancas, reniformes, diámetro máximo de 5 mm (Figura 6H).

Distribución y hábitat. Se distribuye en la región Neotropical, en Colombia y Ecuador. En el país se ha registrado en los departamentos de Nariño (Fernández y Estupiñán 2005) y Santander, entre 1400 a 2600

m s.n.m. Crece en matorrales espinosos, asociada a *Ayenia magna*, *Aristida pittieri*, *Chloris barbata*, *Senna pallida*, *Waltheria indica*, entre otras; en pendientes poco pronunciadas y suelos pedregosos.

Material de herbario estudiado: COLOMBIA, Dpto. Santander, Mpio. Los Santos, vía las minas, 1 Jul. 2015, D. Porras *et al.* 65 (UPTC).

9. *Opuntia schumannii* F.A.C. Weber ex A. Berger. *Gard. Chron.* I: 34. 1904. Tipo no designado. TIPO: Britton y Rose. *The Cactaceae*: página no numerada, entre las páginas 156–157. 1919, lámina 27, figura 1 (Neotipo, designado aquí).

Iconografía: Lámina 27, Figuras 1–2; (Britton y Rose 1919).

Descripción ampliada. Hábito de crecimiento: erecto, máximo de 2,5 m de altura. Tronco: de hasta 90 cm de alto. Cladodio joven: elípticos, obovados o redondeados, 10–30 cm de largo y 10–17 cm de ancho, verde–oscuro, a veces verde–claro o verde–oliva. Espinas subuladas, completamente marrones, marrones con base amarilla o amarillas, rara vez blancas; por lo general 1–2 espinas centrales divaricadas, 2,0–4,5 cm de largo; 1–6 espinas radiales, adpresas, 0,5–4,0 cm de largo. Máximo dos a tres espinas por areola en la parte media del cladodio. Cladodio adulto: Igual forma, color y largo al cladodio joven, 12–14 cm de ancho. Espinas centrales 0–2, de hasta 4 cm de largo, divaricadas y del mismo color que en los cladodios jóvenes; 1–4 espinas radiales, por lo general 3, de 1–3 cm de largo, adpresas. Espinas máximas por areola 4–5. Areolas: redondas, blancas o marrones, 0,3–0,5 cm de diámetro y 0,1–0,3 cm de alto; distancia entre areolas de hasta 4 cm; gloquidios inconspicuos. Flores: apicales, 4–6 cm de largo, diámetro del perigonio de 2–3 cm, ovario de 0,5 cm largo, hipanto de 2,5–3,0 cm de largo, con areolas blancas y gloquidios amarillos, tépalos externos de 0,5–1,3 cm largo, rosados con amarillo, intermedios de 1,5–1,7 cm largo, amarillo–rosados e internos de 2 cm largo, usualmente amarillo–rosados o rojizos, estilo blanco a rosado–claro, 1,5–2,0 cm largo, lóbulos del estigma verde–claro, 0,3–0,5 cm largo. Frutos: obloides, 3,5 cm de diámetro y 3,5–4,0 cm de largo,

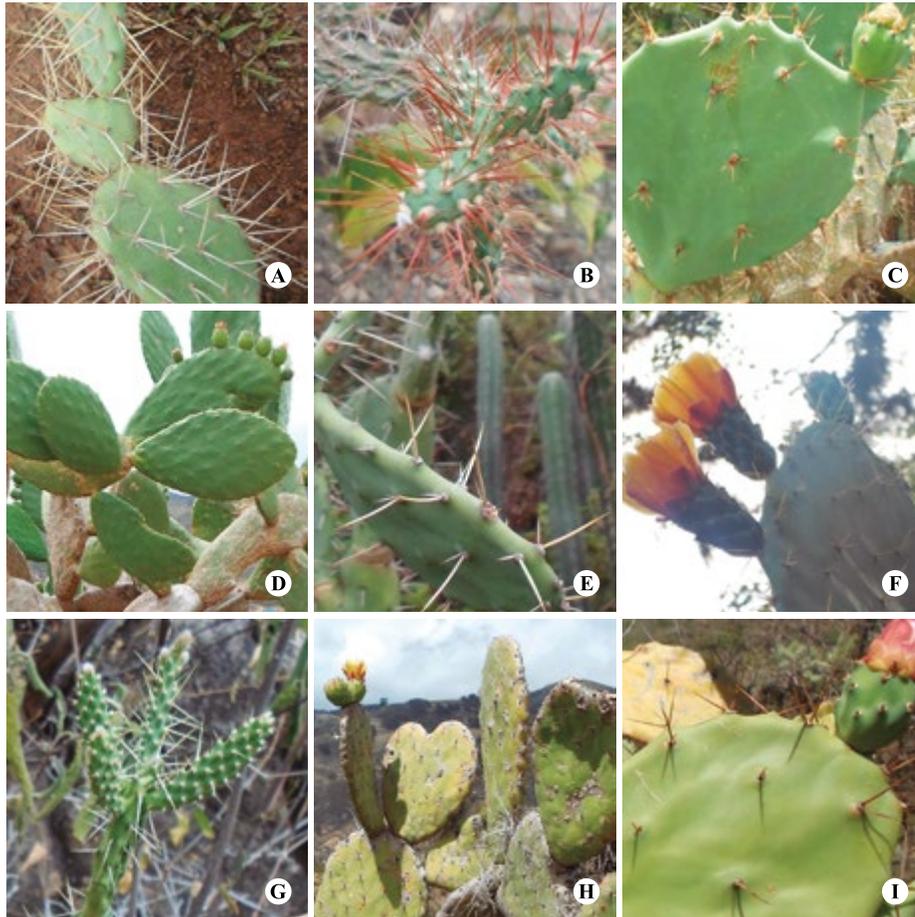


Figura 6. A) *Opuntia caracasana* con espinas blanco–amarillentas en los cladodios juvenes (parte superior) y cladodios adultos con espinas blancas (parte inferior). B) Espinas rojizas y blancas según la edad de los artejos en *O. depauperata*. C) Gloquidios de 0,5 a 1,0 cm de largo en *O. dillenii*. D) *O. ficus–indica* con cladodios de 20–45 cm de largo. E) *O. pennelli* con dos espinas por areola. F) *O. pittieri* con espinas amarillo–claro y tépalos externos amarillo–rosado. G) Cladodios cilíndricos en *O. pubescens*. H) *O. quitensis* con areolas marrón–oscuro y tépalos amarillo–anaranjados. I) *O. schumannii* con espinas amarillas a marrones y tépalos externos amarillo–rosado.

pericarpo rojo–morado. Semillas con arilo: blancas, redondeadas, 5–6 mm de diámetro (Figura 6I).

Distribución y hábitat. Se distribuye en la región Neotropical, especialmente en el norte de Suramérica, entre 588 y 2406 m de altitud (Britton y Rose 1919). En Colombia se ha reportado en las regiones Andina y Caribe, en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Huila, La Guajira y Santander. Crece en matorrales secos y cardonales, asociada con *O. pittieri* y *O. quitensis*, además de especies pertenecientes a las familias Boraginaceae, Clusiaceae y Fabaceae.

Material de herbario estudiado: COLOMBIA, **Dpto. Antioquia**, Colinas pedregosas alrededores finca Cotové, 26 May. 2001, *L.E Vera 1679* (COL). **Dpto. Cundinamarca**, Mpio. Mosquera, Zenjón–Las Cátedras, 13 Oct. 1962, *C. Saravia 01907* (COL 000175987); Mpio. Tocaima, carretera de Tocaima a Pubenza, 4 Abr. 1952, *H. García–Barriga 14177* (COL 000161047). **Dpto. Huila**, Mpio. Colombia, carretera a San Marcos, 21 Sept. 1990. *F. Llanos y J. Camacho 1726* (COL 000175963); carretera al Playón, 30 Sept. 1990. *F. Llanos y G. Camacho 1903* (COL 000161124); Mpio. Colombia, Vrda. Carrasposo, 11 Oct. 2010, *O.L. Calderón Rubiano 158* (COL), 12 Oct. 2010, *O.L. Calderón–Rubiano 165* (COL). **Dpto. La Guajira**, 2,2 Km de Papayal rumbo a Hato Nuevo, 21 Ene. 1963. *C. Saravia 2130* (COL000175948); zona semiárida cerca a Papayal, vía Barrancas, 7 Abr. 1986. *A.M. Calcagno y H. Cerda 91* (COL 000161061); Mpio. Dibulla, Finca el Sequión, Bosque seco, 5 Abr. 2002, *M.F. Gonzáles 1124* (COL). **Dpto. Santander**, Mpio. Piedecuesta, Corr. de Pescadero, Vrd. Las Pavas, 14 Oct. 1995. *A. Cadena et al. 2925* (COL 000161074); *ibidem*, 14 Oct. 1995, *A. Cadena et al. 2915*. (COL 000161073), *ibidem*, 20 Oct. 1995, *A. Cadena 2925* (COL 000161074); Mpio. Sector Norte de la Mesa de los Santos, Vrda. El Pozo, 18 Sep. 2004, *J.L. Fernández et al. 22118* (COL 000345175); Mpio. Los Santos, Alto de La Mina, 7 Oct. 2014, *D. Porras et al. 38* (UPTC), Mina El Carrancho, 8 Oct. 2014, *D. Porras et al. 43* (UPTC), Mina El Toro, 30 Jun. 2015, *D. Porras et al. 61* (UPTC), más arriba de las minas, 1 Jul. 2015, *D. Porras et al. 64* (UPTC).

Discusión

Comentarios nomenclaturales. El Tipo de *O. caracassana* (Otto s.n.) fue depositado en el herbario de Berlín (Anderson 2005) y posteriormente destruido en 1943, durante la segunda guerra mundial, por tanto, se eligió el ejemplar D. Porras, S. Albesiano y L. Arrieta 69 (UPTC) como Neotipo, porque agrupa los caracteres morfológicos mencionados en la descripción original; también presenta un cladodio, identificándose el número de espinas y la forma que estas últimas presentan, además de un corte transversal de la flor.

Britton y Rose (1919) no designaron el Holotipo de *O. wentiana*, y por consiguiente se escogió como Neotipo el ejemplar N.L. Britton y J.A. Shafer 2904 (US), por ser de la localidad de donde se describió la especie y por presentar cinco cortes longitudinales de cladodios, apreciándose la forma, tamaño, cantidad de areolas y de espinas radiales y centrales.

De acuerdo con Arias *et al.* (1997) y Hunt *et al.* (2006), el tipo de *O. pubescens* no ha sido designado, por lo que se escogió como Neotipo el ejemplar J.N. Rose *et al.* 9933 (US), por ser de la localidad de donde fue descrita la especie, y cuyos caracteres coinciden con los mencionados en la descripción original.

Según Anderson (2005) y Hunt *et al.* (2006), no ha sido designado el tipo nomenclatural de *O. quitensis* y por tanto, se eligió como Neotipo, Madsen. *Cactaceae. Flora of Ecuador* (35): 56. 1989, figura 12A, la cual reúne los caracteres morfológicos mencionados en la descripción original de los cladodios, espinas y flores.

Hunt *et al.* (2006) establecen como tipo para *O. schumannii* un ejemplar de cultivo no preservado, lo cual no es válido; por lo tanto, se designa como Neotipo, Britton y Rose. *The Cactaceae*: página no numerada, entre las páginas 156–157. 1919, lámina 27, figura 1, en la cual se observa el color y forma del cladodio y areolas, el número de espinas por cada areola, el color y forma del fruto, caracteres que coinciden con los mencionados en la descripción original. Además,

esta ilustración corresponde al ejemplar colectado por John G. Sinclair en Santa Clara Colombia (Britton y Rose, 1919).

Anderson (2005) y Hunt *et al.* (2006) transfieren *O. wentiana* a la sinonimia de *O. caracassana*, sin aportar detalles. *O. caracassana* y *O. wentiana* presentan caracteres similares, cladodios oblongos, de 20 a 25 cm o menos de largo, verde–glaucos, tres a cuatro espinas por areola, amarillas o amarillo–claro en cladodios jóvenes, y hasta cinco espinas blancas en cladodios adultos. Por lo anterior, se acepta la sinonimia.

Madsen (1989) y Hunt *et al.* (2006) consideran que *O. depauperata* y *O. pubescens* no presentan suficientes diferencias morfológicas para una definición de límites entre estas especies, y por lo tanto las han sinonimizado. Sin embargo, se encontraron caracteres en los cladodios [forma (cilíndricos y ligeramente aplanados vs. totalmente teretes, respectivamente), diámetro (2 a 3 cm vs. 1,0 a 1,5 cm), longitud (largos, hasta 12 cm vs. cortos, 3 a 7 cm), además del color y número de espinas en las areolas jóvenes (rojas con punta blanca, 1 a 3 vs. parduscas, 3 a 7)], que permiten diferenciarlas.

Según Hunt *et al.* (2006), *O. dillenii* y *O. stricta* son consideradas sinónimos, pero en *O. dillenii* los gloquidios son conspicuos, de 1,0 cm de largo y marrones, las espinas son largas, de hasta 4 cm y amarillas con franjas marrones hacia la base, mientras que en *O. stricta* tanto los gloquidios como las espinas son más cortas y totalmente amarillas, por tanto, las consideramos dos especies separadas.

Comentarios morfológicos. Se presentan características que se mantienen constantes dentro de las poblaciones, permitiendo identificar las especies, por ejemplo: hábito de crecimiento, forma y longitud de los cladodios, color y largo de las espinas, número máximo de espinas por areola, longitud de los gloquidios, entrecruzamiento entre las espinas y color de los tricomas. *O. dillenii* se caracteriza por su crecimiento erecto, areolas separadas por 5 cm, gloquidios amarillos, rígidos, largos (de hasta 1 cm), espinas subuladas y divaricadas, de hasta 4,5 cm de largo. *O. ficus–indica* es fácil de diferenciar debido a

la falta de espinas en la mayoría de las areolas, a veces presentan una no mayor a 2 cm, areolas pequeñas y cladodios que llegan a medir 45 cm, además es la única especie del género en el departamento que presenta frutos amarillos.

Al consultar el material de herbario, se encontraron pliegos de *O. schumannii* bajo el nombre de *O. elatior*, cuyas características coinciden con las de la descripción original de *O. schumannii* (disposición, longitud y número de espinas). Hunt *et al.* (2006) proponen a estas dos especies probablemente conespecíficas, a pesar de presentar características que las identifican.

O. pennelii comúnmente es considerada sinónimo de *O. caracassana* (Hunt *et al.* 2006), pero se distingue en el color y número de espinas (blancas con puntas marrones y generalmente dos, rara vez tres), características persistentes a lo largo de toda la planta, a diferencia de las espinas de *O. caracassana*, cuyo color y cantidad varían según la edad del cladodio (en los jóvenes las espinas son blanco–amarillentas y dos a tres, y en los adultos totalmente blancas y de tres a cinco espinas (Figuras 3A y 3I).

O. ficus–indica y *O. pittieri* comparten varios caracteres, como son la presencia de un tronco (1,10–1,5 m de alto) e hipanto de mayor longitud que los tépalos. Estas especies se distinguen en el color, longitud y número de espinas además de la coloración de los frutos. *O. ficus–indica* puede carecer o presentarse una espina, blanca (color que se mantiene en los cladodios adultos), de 0,2–1,0 cm de largo, exocarpo amarillo, mesocarpo y endocarpo amarillo–anaranjado, mientras que en *O. pittieri* son por lo general cuatro espinas, amarillo–claro o blanco–amarillentas, de 1,0–3,5 cm de longitud y pericarpio rojo–morado (Figuras 3C y 3D).

En los ejemplares de herbario consultados se encontraron varios pliegos de *O. quitensis* identificados como *O. schumannii*, sin embargo, nuestros registros indican que los individuos de *O. quitensis* son más altos (hasta 6 m) y con espinas blancas con puntas marrón–oscuro, color que se mantiene constante en todo el cladodio, mientras que en *O. schumannii* miden hasta 2,5 m y las espinas son marrones, blanco–amarillentas, marrones

y blancas, colores que varían dentro del mismo artejo (Figs. 3F y 3H).

Como se observa en la Figura 6A, la principal diferencia entre el cladodio joven y el adulto de *O. caracassana* es el color de las espinas, amarillas o blanco-amarillentas en el artejo joven y en el adulto blancas. La especie de *O. elatior* identificada por Figueroa (2004) para el desierto de La Tatacoa, en realidad corresponde a *O. caracassana* de acuerdo al color y tamaño (hasta 5,5 cm de largo) de las espinas.

Causas de la variación en *Opuntia*. Se observaron variaciones inter e intraespecíficas en: a) hábitos de crecimiento (Figura 2), b) forma de los cladodios (Figura 3), c) color de los tépalos y frutos, además de la forma de éstos últimos (Figura 4), d) disposición, forma, número y tamaño de las espinas por areola (Figuras 3 y 5). La variación también se presenta de manera individual, los cladodios adultos presentan características diferentes a los cladodios jóvenes, aunque hay especies en las que los caracteres se mantienen constantes a lo largo de toda la planta, como en *O. pennellii*. También, dentro de los cladodios el número y la disposición de las espinas difieren en el ápice, la parte media y baja. Esta variación posiblemente sea causada por eventos de hibridación, poliploidía, plasticidad morfológica y domesticación, tal como lo plantean Gibson y Nobel (1986), Majure *et al.* (2012), quienes asocian la numerosa variación de las especies del género a estos eventos, y es así como Anderson (2001), ha reportado ocho híbridos dentro del género. Estos híbridos se caracterizan por tener rasgos morfológicos intermedios entre sus progenitores (Baker y Pinkava 1987) y forman progenie fértil que fácilmente puede reproducirse con sus predecesores (Grant y Grant 1979). Majure *et al.* (2012) reportan que *O. acaulis*, *O. bahamana* y *O. lucayana* son híbridos entre *O. dillenii* y taxones del género *Consolea*, además de que *O. ficus-indica* y *O. pittieri* son especies pertenecientes a un clado resultado de hibridaciones entre *Brasilares* y *Nopalea*.

Los cromosomas en la familia Cactaceae son pequeños (2,3 μm), y su número básico es $X=11$ (Pinkava 2003, Las Peñas *et al.* 2009). En el género *Opuntia* se reportan

especies diploides ($2n=22$) como en *O. quitensis*, tetraploides ($2n=44$) en *O. pubescens* y octaploides ($2n=88$) en *O. ficus-indica* (Baker 2002, Majure *et al.* 2012).

Aunque en este trabajo no se realizó un estudio citogenético, se podría inferir que la ardua labor a la hora de identificar estos nueve taxones, podría deberse a hibridación, poliploidía, domesticación y plasticidad morfológica producto de su adaptación al cambio climático.

Conclusiones

Opuntia (Cactaceae: Opuntioideae) es un género representado por nueve especies en el departamento de Santander. Sus especies constituyen elementos dominantes del paisaje, definiendo comunidades vegetales en la región semiárida del cañón del río Chicamocha.

La variación del género *Opuntia* se presenta por factores tanto intrínsecos como extrínsecos (hibridación, poliploidía, plasticidad fenotípica y domesticación). Los rangos de variación de las características tanto vegetativas como reproductivas inter e intra específicas son altas, pero caracteres constantes como el hábito de crecimiento (reclinadas o erectas), longitud de los cladodios, color, largo y entrecruzamiento de las espinas, longitud de los gloquidios (conspicuos o inconspicuos); permiten la identificación de cada una de las nueve especies.

Opuntia pennellii y *O. pittieri* son endémicas de Colombia mientras que *O. dillenii* y *O. ficus-indica* son de amplia distribución Neotropical.

Agradecimientos

Este trabajo contó con la financiación de la Dirección de Investigaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-DIN. A los curadores de los herbarios COL y UPTC por permitir el acceso a las colecciones. A los lugareños de Pescadero y los Santos. A Dalia Suárez por su acompañamiento en las exploraciones botánicas.

Referencias

- Albesiano, S., J. O. Rangel–Ch. y A. Cadena. 2003. La vegetación del cañón del río Chicamocha (Santander, Colombia). *Caldasia* 25 (1): 73–99.
- Albesiano, S. y J. O. Rangel–Ch. 2006. Estructura de la vegetación del cañón del río Chicamocha, 500–1200 m; Santander, Colombia: una herramienta para la conservación. *Caldasia* 28 (2): 307–325.
- Albesiano, S. y J. L. Fernández. 2006. Catálogo comentado de la flora vascular de la franja tropical (500–1200m) del cañón del Río Chicamocha (Boyacá–Santander, Colombia). Primera Parte. *Caldasia* 28 (1): 23–44.
- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. 1 ed. Timber Press. Portland, p. 484–525.
- Anderson, E. F. 2005. Das Grosse Kakteen–Lexikon. E. Ulmer. Stuttgart, p. 452.
- Arias, S., S. Gama y L. Ulises (Eds). 1997. Cactaceae. Pp: 128–130. *En: Flora del Valle de Tehuacán–Cuicatlán*. Fasc. 14. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Ariza, C. 1999. Estudio de la diversidad florística del enclave árido del río Patía (Colombia). Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Departamento de Biología. Bogotá. 126 p.
- Arruda, E. y G. Melo de Pinna. 2016. Areolar structure in some Opuntioideae: occurrence of mucilage cells in the leaf–glochid transition forms in *Opuntia microdasys* (Lhem.) Pfeiff. *Adansonia* 38 (2): 267–274.
- Backeberg, C. y F. M. Knuth. 1936. Kaktus–ABC. 1 ed. Gyldendal. Denmark, p. 432.
- Backeberg, C. 1958. Die Cactaceae I. 1 ed. Gustav Fischer Verlag. Jena, p. 468–568.
- Baker, M. A. 2002. Chromosome numbers and their significance in some Opuntioideae and Cactoideae (Cactaceae) of mainland Ecuador and Peru. *Haseltonia* 9: 69–77.
- Baker, M. A. y D. J. Pinkava. 1987. A cytological and morphometric analysis of a triploid apomictic, *Opuntia x kelvinensis* (subgenus *Cylindropuntia*, Cactaceae). *Brittonia* 39: 387–401. Doi: 10.2307/2807141.
- Bárcenas, R. T., Ch. Yesson y J. A. Hawkins. 2011. Molecular systematics of the Cactaceae. *Cladistics* 27 (5): 470–489.
- Barthlott, W. y D. R. Hunt. 1993. Cactaceae. Pp: 161–197. *En: Kubitzki, K., J. G. Rohwer y V. Bittrich* (Eds). The families and genera of vascular plants. Springer Verlag. Germany.
- Bartholomaeus, A., A. de la Rosa, J. O. Santos, L.E. Acero y W. Moosbrugger. 1990. El Manto de la tierra: Flora de los Andes: Guía de 150 Especies de la Flora Andina. 1 ed. Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá. Bogotá, p. 10–11.
- Berger, A. 1929. Kakteen. 1 ed. Anleitung zur Kultur und Kenntnis der wichtigsten eingeführten Arten. Verlagsbuchhandlung von E. Ulmer. Stuttgart, p. 45–86.
- Bois, D. 1898. Dictionnaire d'horticulture. P. Klincksieck. Paris, p. 894.
- Britton, N. L y J. N. Rose. 1919. The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Vol. 1. The Carnegie Institution. Washington, p. 248–320.
- Carbonó, E., A. Barros y J. Jiménez. 2013. Cactaceae de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 37 (143): 177–187.
- Crozier, B. 2004. Subfamilies of Cactaceae Juss., including Blossfeldioideae subfam. nov. *Phytologia* 86: 52–64.
- Edwards, S. 1817. The Botanical Register: Consisting of exotic plants, Cultivated in British Gardens. Vol. 3. James Rodgway, Poccadilly. London, p. 255.
- Espinal, T. y L. S. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia: memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, p. 184–186.
- Fernández, J. L. y C. Estupiñan. 2005. *Echinopsis pachanoi* y *Opuntia quitensis*, dos cactáceas nuevas para la Flora de Colombia. *Boletín Informativo de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras plantas Suculentas* 2 (3): 3–4.
- Fernández, J. L. y M. Hernández. 2007. Catálogo de la flora vascular de la cuenca alta del río Subachoque (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 29 (1): 73–104
- Figueroa, Y. 2004. Guía ilustrada de la flora del desierto de La Tatacoa, Huila–Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Departamento de Biología. p. 133.
- Font Quer, P. 2001. Diccionario de Botánica. 2da ed. Labor. Barcelona, 1244 p.
- Gallegos–Vázquez, C. y S. J. Méndez–Gallegos. 2000. La tuna: Criterios y técnicas para su producción comercial. Dirección de Centros Regionales de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, p. 164.
- Gibson, A. C. y P. S. Nobel. 1986. The cactus primer. Harvard University. Cambridge, 286p.
- González, R. y R. López. 2012. Catálogo de las plantas vasculares de Ráquira (Boyacá): flora andina en un enclave seco de Colombia. *Colombia Forestal* 15 (1): 55–103.
- Grant, V. y K. A. Grant. 1979. Hybridization and variation in the *Opuntia phaeacantha* group in central Texas. *Botanical Gazette* 140: 208–215.
- Griffith, P. y M. Porter. 2009. Phylogeny of Opuntioideae (Cactaceae). *International Journal of Plant Sciences* 170 (1): 107–116.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2007. Catálogo de cactáceas mexicanas. 2 ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, p.11–13.
- Haworth, A. H. 1819. Supplementum Plantarum Succulentarum. Impensis J. Harding. Londini, p. 79.
- Hernández, J., D. Samper y H. Sánchez. 1995. Desiertos: Zonas áridas y semiáridas de Colombia. Banco de Occidente. Bogotá, p. 59–87.
- Howard, R. A., y M. Touw. 1981. The cacti of the Lesser Antilles and the typification of the genus *Opuntia* Miller. *Cactus and Succulent Journal* 53 (5): 233–237.
- Hunt, D. R., N. P. Taylor, G. Charles y International Cactaceae Systematics Group. 2006. The new cactus lexicon. Vol. 1. Dh Books. Milborne Port, p. 196–215

- Hunt, D. R. 2013. The new cactus lexicon illustrations. Dh Books. Milborne Port, p. VIII–IX.
- Iriarte, N. H. 2000. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis: un museo vivo. IM Editores. Bogotá, p. 68–89.
- Kiesling, R. 1975. Los géneros de Cactaceae de Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 16 (3): 197–227.
- Kiesling, R. y S. Meglioli. 2003. Cactaceae. Pp: 161–193. *En*: Kiesling, R. (Ed.). Flora de San Juan, República Argentina, Vol. II. Estudio Sigma. Buenos Aires.
- Kiesling, R. y O. Ferrari. 2005. 100 Cactus Argentinos. Editorial Albatros. Buenos Aires, 128p.
- Kunte, L. y R. Subik. 2004. La enciclopedia de los cactus. Libsa. Madrid, p. 103–106.
- Las Peñas, M. L., J. D. Urdampilleta, G. Bernardello y E. R. Forni–Martins. 2009. Karyotypes, heterochromatin, and physical mapping of 18S–26S rDNA in Cactaceae. *Cytogenetic and Genome Research* 124: 72–80.
- Leuenberger, B. E. 1997. *Maihuenia*—monograph of a Patagonian genus of Cactaceae. *Botanische Jahrbücher für Systematik* 119:1–92.
- Madsen, J. E. 1989. Cactaceae, Cap. 45. Pp. 44–63. *En*: Harling, G. y L. Andersson (Eds). Flora of Ecuador, Vol. 35. University of Göteborg, Riksmuseum and Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Amsterdam, Stockholm and Quito.
- Mahecha, G., A. Ovalle, D. Camelo, A. Roza y D. Barrero. 2004. Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas. 1 ed. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Bogotá, p. 568–569.
- Majure, L. C., R. Puente, M. P. Griffith, W. S. Judd, P. M. Soltis y D. E. Soltis. 2012. Phylogeny of *Opuntia* s.s. (Cactaceae): clade delineation, geographic origins, and reticulate evolution. *American Journal of Botany* 99 (5): 847–864. Doi: 10.3732/ajb.
- Majure, L. C., W. S. Judd, P. M. Soltis y D. E. Soltis. 2017. Taxonomic revision of the *Opuntia humifusa* complex (Opuntieae: Cactaceae) of the eastern United States. *Phytotaxa* 290: 1–65. Doi: org/10.11646/phytotaxa.290.1.1
- Mendoza, G. 2013. Tratamiento nomenclatural de cultivares de *Opuntia* Mill. (Cactaceae) de la región de Las Pirámides. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, área académica de Biología. Estado de México. p. 9.
- Miller, P. 1768. The gardeners dictionary. Vol. 8. Philip Miller. Londres, p. 625.
- Moreno, N. 1984. Glosario botánico ilustrado. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, p. 164–182.
- Nassar, J. M., G. Velásquez, J. C. Romero y E. Medina. 2013. Las cactáceas como elementos de caracterización de ambientes áridos y semiáridos en Venezuela. Pp. 97–123. *En*: Medina, E., O. Huber, J. M. Nassar y P. Navarro (Eds). Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas.
- Nobel, P. S. 2002. Cacti: Biology and uses. University of California Press. London, p. 163–263.
- Ostolaza, C. 2014. Todos los cactus del Perú. Franco Eirl. Lima, p. 192–201
- Parfitt, B. y A. C. Gibson. 2003. Cactaceae. Vol. 4. Pp: 92–94. *En*: Flora of North America Editorial Committee (Eds). Flora of North America North of México, Oxford University. New York.
- Pfeiffer, L. G. K. 1837. Enumeratio Diagnostica Cactearum hucusque cognitarum. L. Oehmigke. Berlin, p. 149.
- Pinkava, D. J. 2003. Cactaceae, subfamily Opuntioideae. Vol. 4. Pp. 102–150. *En*: Flora of North America Editorial Committee (Eds). Flora of North America North of México. Oxford University. New York.
- Quintana, M. C. 2013. Plantas silvestres de los valles secos cercanos a Quito. Publicaciones del Herbario QCA (PUCE). Quito, p. 98, 210–211.
- Salm–Dyck, J. 1850. Cactaeae in horto Dyckensi 1849. Typis Crapelet. Paris, 238 p.
- Schumann, K. 1898. Die Flora von Neu–Pommern. Botanischen Gartens und Museums. Königl, 158 p.
- Thiers B. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Jan-Feb. Available at: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>. Cited: 22 Feb 2017.
- Valencia, J., L. N. Trujillo y O. Vargas. 2012. Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia. *Biota Colombiana* 13 (2): 40–59.

Daniela Porras-Flórez

Grupo de Investigación en Genética y Biología Molecular–
GEBIMOL, Programa de Biología. Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia
Tunja, Colombia
daniela.porras@uptc.edu.co

Sofía Albesiano

Grupo de Investigación en Genética y Biología Molecular–
GEBIMOL, Programa de Biología. Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia
Tunja, Colombia
adriana.albesiano@uptc.edu.co

Leopoldo Arrieta-Violet

Grupo de Investigación en Genética y Biología Molecular–
GEBIMOL, Programa de Biología. Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia
Tunja, Colombia
leopoldo.arrieta@uptc.edu.co

El género *Opuntia* (Opuntioideae–Cactaceae) en el
departamento de Santander, Colombia

Citación del artículo: Porras-Flórez, D., S. Albesiano y L.
Arrieta-Violet. 2017. El género *Opuntia* (Opuntioideae–
Cactaceae) en el departamento de Santander, Colombia. *Biota
Colombiana* 18 (2): 111 – 131. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a
07.

Recibido: 30 de mayo de 2017
Aprobado: 25 de julio de 2017

La transformación histórica de las coberturas naturales impulsa el potencial invasor de las plantas en los bosques secos del río Magdalena, Colombia

Historical transformation of natural land covers prompts invasion potentials of plants in the tropical dry forests of the Magdalena River, Colombia

Maribel Y. Vasquez-Valderrama, René López-Camacho y María P. Baptiste

Resumen

Las invasiones biológicas se consideran la segunda causa de pérdida de la biodiversidad en el mundo, contando entre otras pruebas con el hecho de que las especies invasoras compiten exitosamente con las nativas y en la mayoría de los casos impactan negativamente los ecosistemas invadidos. Varios estudios se han centrado en determinar las características que tienen las especies para invadir y los impactos ecológicos que ocasionan, sin embargo existen pocos estudios sobre cómo la transformación de las coberturas vegetales facilitan la colonización de especies tolerantes al déficit de recursos y si esta característica puede impulsar su potencial invasor. Para determinar la susceptibilidad a la invasión de un ecosistema seco como el valle del río Magdalena, se analizó el cambio de las coberturas vegetales actualmente dominadas por especies con potencial invasor: *Vachellia farnesiana* (Pela), *Leucaena leucocephala* (Leucaena) y *Prosopis juliflora* (Trupillo) durante ~70 años. Los resultados muestran que las áreas colonizadas por estas especies presentan mayor dinámica en la transformación de las coberturas a partir de la persistencia de la cobertura en el tiempo. En contraste las áreas de bosque, donde no se registraron especies con potencial invasor, solo presentaron un periodo de transformación y más de 50 años de recuperación. Estos resultados dejan en evidencia cómo los ecosistemas con alto historial de transformación y disturbio facilitan los procesos de invasión.

Palabras clave. Análisis multitemporal. Degradación de suelos. *Leucaena leucocephala*. *Prosopis juliflora*. *Vachellia farnesiana*.

Abstract

Biological invasions are the second most important cause of biodiversity loss in the world. Invasive species successfully compete with native species and in most cases negatively affect invaded ecosystems. Several studies have focused on identifying which characteristics promote the invasiveness of the species and resulting ecological impacts, yet few have assessed how land cover transformation enables colonization of species that are tolerant to limited resources, and if this condition is a driver for biological invasion. To establish the invasibility of a dry ecosystem such as the one in the Magdalena River Valley, the change in vegetation cover in areas currently dominated by species with invasive potentials (*Vachellia farnesiana*, *Leucaena leucocephala*, and *Prosopis juliflora*) was analyzed for a period of approximately 70 years. Obtained results show that areas colonized by potentially invasive species had greater transformation dynamics, based on land cover persistence through time. In contrast, forest areas, which lack potentially invasive species, only presented one transformation period and more than 50 years of ecosystem recovery. These results show how ecosystems historically transformed and disturbed can facilitate species invasion processes.

Key words. *Leucaena leucocephala*. Multitemporal analysis. *Prosopis juliflora*. Soil degradation. *Vachellia farnesiana*.

Introducción

Las invasiones biológicas son consideradas la segunda causa de pérdida de la biodiversidad a nivel mundial (Chapin *et al.* 2000, Masciadri *et al.* 2010). Tienen impactos negativos sobre los ecosistemas naturales cuando compiten con las especies nativas por espacio y utilización de recursos (Sarasola *et al.* 2006). A lo largo de gradientes ambientales (*i.e.* agua, nutrientes, luminosidad) se han encontrado alteraciones en las poblaciones nativas y los regímenes naturales de los ecosistemas, como consecuencia de las invasiones de plantas (Reigosa *et al.* 1984, Vitousek *et al.* 1996, Dukes y Mooney 2004, Sarasola *et al.* 2006, Vilà *et al.* 2006, Pauchard *et al.* 2008). Sin embargo, establecer que una planta es invasora es difícil debido a que cada ecosistema puede responder de manera diferencial ante una potencial invasión y las consecuencias ecológicas de las invasiones no son fácilmente perceptibles en cortos periodos de tiempo (UICN 1999, Casto-Díez *et al.* 2004). La evaluación de los procesos de dispersión de las especies exóticas es hoy en día una de las principales herramientas para evaluar el riesgo de invasión, así como para determinar su capacidad de dispersión y cambiar los patrones de ocupación del espacio (Andreu y Vilà 2007). Lo anterior demanda seguimiento continuo del comportamiento poblacional, lo que implica costos en términos económicos y logísticos elevados, aspectos que generalmente conducen a fracasos en la evaluación y gestión en el manejo de estas especies.

Los hábitats disturbados se reconocen como nichos potenciales para la colonización de especies exóticas que fácilmente pueden convertirse en invasoras dada su capacidad de tolerar el déficit de recursos ambientales (Didham *et al.* 2005, Kleunen *et al.* 2011); de esta forma evaluar la susceptibilidad del ecosistema el potencial de invasibilidad de un ecosistema y la aparición de especies exóticas con estrategias de tolerancia al déficit de recursos y potencial invasor, pueden ser elementos fundamentales para detectar la invasión biológica y proponer alertas tempranas para la conservación de la biodiversidad.

En sistemas transformados o degradados por ganadería, agricultura, tala y minería, la aparición de especies exóticas con potencial invasor es frecuente (Barrera-Cataño *et al.* 2010) y de hecho se han reportado buenos desarrollos de estas especies bajo las condiciones limitantes de recursos que son impuestos por los ecosistemas disturbados (Kleunen *et al.* 2011). Por ejemplo, especies de leguminosas introducidas en ambientes degradados han presentado mayores crecimientos y uso eficiente de los nutrientes ante condiciones adversas en recursos edáficos (Díaz 2010) y hábitat disturbados se han relacionado con mayores niveles de invasión (Didham *et al.* 2005). Lo cual pone en relieve la importancia de estudiar no solo las características autoecológicas y sinecológicas de las especies exóticas para invadir un nuevo ambiente, sino que también sugiere la importancia de evaluar la susceptibilidad de invasión de los ambientes que podría ser sujetos de invasión.

El principal objetivo de este estudio fue evaluar cómo la transformación de las coberturas naturales de un ecosistema seco tropical (municipio de Beltrán Cundinamarca) que presenta un amplio historial de intervenciones antrópicas y un déficit ambiental, pueden fomentar o promover el potencial invasor de especies de leguminosas como *Leucaena leucocephala*, *Prosopis juliflora* y *Vachellia farnesiana*, especies con alta capacidad para dispersarse, colonizar, establecerse y ampliar su espacio de ocupación.

Material y métodos

Área de estudio

El área de estudio corresponde a un ecosistema seco altamente transformado de los municipios Beltrán y Guataquí (Cundinamarca, Colombia; Figura 1a), la temperatura media anual es superior a 26 °C, con dos periodos secos donde la precipitación es inferior a 100 mm·mes⁻¹ durante 3 meses continuos, con déficit hídricos extremos en los meses de enero y julio. Estos municipios basan su economía en actividades de la

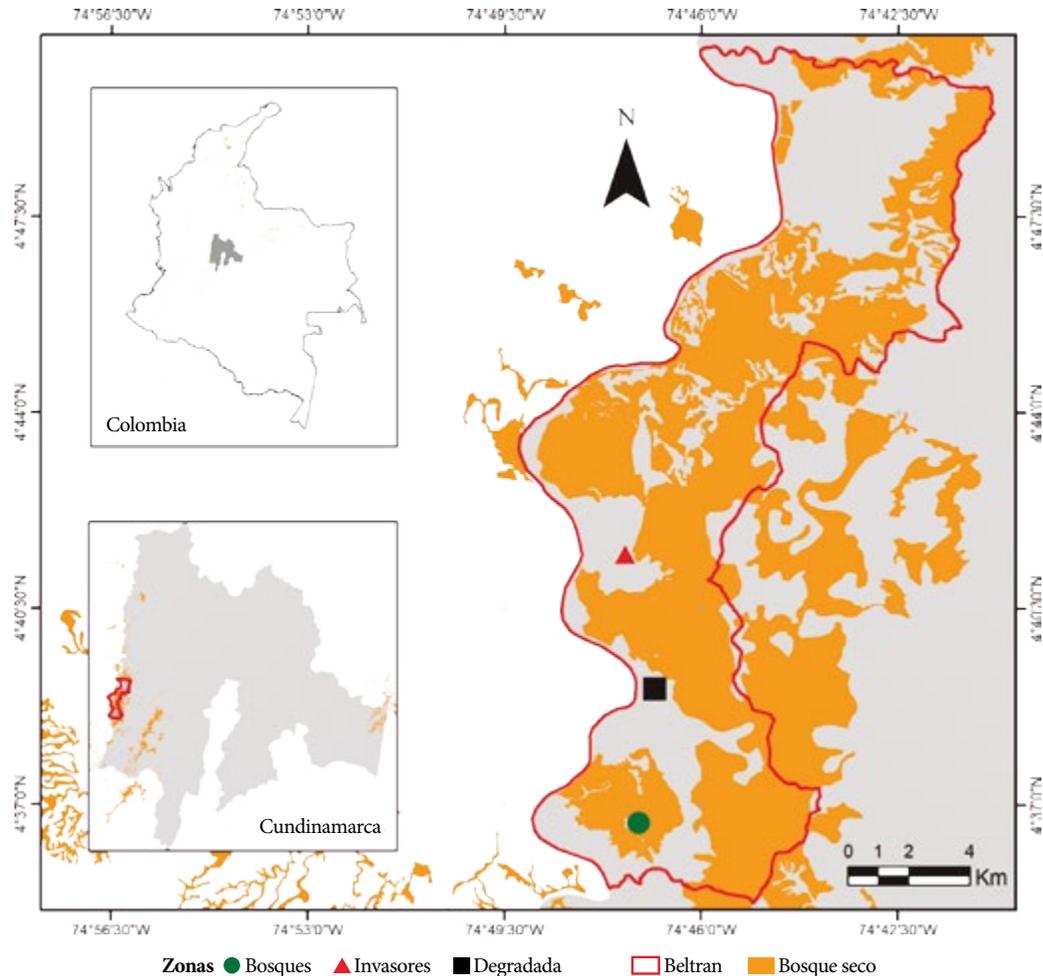


Figura 1. Área de estudio. Colombia, departamento de Cundinamarca, bosque seco del municipio de Beltrán y zonas de muestreo.

agricultura (*i.e.* cultivos de arroz, algodón y sorgo) y ganadería extensiva (Alcaldía de Beltrán 2014, Alcaldía de Guataquí 2014). Presentan diferentes tipos de coberturas y estados de sucesión, producto de la larga historia de cambio de uso del suelo y quemas controladas, como arbustales, pastizales, vegetación secundaria y suelos desnudos (Figura 1).

Especies con potencial invasor

Pelá –*Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn. (Fabaceae). Se considera originaria de América tropical, naturalizada en todo el mundo tropical y el mediterráneo, generalmente en zonas disturbadas, parcelas abandonadas y bordes de camino (Figura 2A). A su vez se establece en zonas cálidas con

amplia variabilidad de las condiciones del suelo, desde arenosos salinos hasta arcillosos. Esta especie es resistente a herbicidas y al fuego. Además tolera suelos salinos pobres y sequías, presenta características invasivas por su forma de propagación. En zonas tropicales secas se ha considerado como arbusto invasor de pastizales (Parrotta 1992, Rojas y Torres 2011, López *et al.* 2012b). *Leucaena* –*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae). Es una especie arbórea originaria de México y la península de Yucatán, distribuida en Nicaragua, Guatemala, Honduras, El Salvador y algunos países de Suramérica (Figura 2B). Tiene raíces pivotante y se adapta con facilidad a diferentes ambientes, humedad, temperatura y suelos (Corpoica 2013, Conabio 2014). Es resistente al fuego, inundaciones temporales, sequía y salinidad.

Es invasora en varios países del Neotrópico dada la velocidad de propagación (Conabio 2014). Trupillo – *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Fabaceae). Es una especie nativa desde el sur de Estados Unidos, pasando por México y América Central hasta el norte de América del Sur como Bolivia, Brasil, Colombia y Venezuela se ha reportado como una especie invasora (Burkart 1976 en: Invasive Species Compendium 2016). Introducida

en Asia, África y Australia, probablemente también en los valles interandinos de Colombia (Figura 2C). Es resistente a herbicidas, fuego, sequías, suelos compactos, además de tolerar la salinidad y el estrés hídrico (Catie 2014). En el Anexo 1 se presentan las características biológicas y ecológicas relacionadas con el potencial invasor de las especies según la metodología I3N (Zalba y Ziller 2008).



Figura 2. Especies con potencial invasor en el área de estudio. **A)** *V. farnesiana*, **B)** *L. leucocephala*, **C)** *P. juliflora*.

Escenarios de transformación de las coberturas

Para evaluar los escenarios de transformación en el área de estudio, se seleccionaron cinco zonas de análisis. Dos sin presencia actual de las especies con potencial invasor (*i.e.* Arbustal denso, 18,8 ha; tierras desnudas y degradadas, 36,5 ha) y tres coberturas transformadas con dominancia mono-específica de las especies con potencial invasor *V. farnesiana* (23,3 ha), *L. leucocephala* (3,2 ha) y *P. juliflora* (9,3 ha) (Figura 3).

En cada área se realizó análisis espacio-temporal desde el año 1940 hasta el 2012 (30 imágenes; fotografías aéreas para los años 1940, 1957, 1970, 1989 y aerofotografías digitales para los años 2009-2012) a partir de la interpretación visual de las coberturas con la ayuda del software ArcGIS v10.0. Para controlar que cada zona objeto de interpretación estuviese correctamente posicionada en las fotografías aéreas y los periodos de análisis, se seleccionaron 10 puntos control correspondientes a cruces viales, viviendas u otra infraestructura humana no modificable en el corto plazo (Figura 4). La escala mínima de digitalización para todas las imágenes se fijó en 1:5.000 de acuerdo con la metodológica propuesta por USAID (2012) y

Lencinas y Siebert (2009). Realizada la interpretación de cada zona y para cada período de estudio, se procedió a generar los análisis de cambio de cobertura correspondientes a disminución, estabilidad o aumento para cada periodo de tiempo, determinando la pérdida y ganancia de cobertura vegetal y la tasa de cambio a partir de la ecuación empleada por la FAO (1996). Adicionalmente se empleó la clasificación de coberturas determinada por el IDEAM (2010), donde se define cada una de las coberturas vegetales encontradas.

Resultados

Todas las zonas de análisis registraron altos niveles de transformación antrópica por año de estudio (Figura 5). La zona actual con arbustal denso y sin presencia de especies con potencial invasor, experimentó mayores niveles de transformación de las coberturas para el año 1957 (Figura 5a) y perdió la cobertura de bosque durante los periodos de 1940-1957 (79 %) y 1957-1970 (100 %; Figura 6a). El periodo de mayor pérdida de bosques registró tasa anual del -7,6% (1940-1957). Sin embargo, esta zona recuperó el 80 % de la cobertura actual entre 1957 y 1970 (Figura 6a), que se incrementó anualmente entre 1970 y el 2009 en el 0,6, actualmente se encuentran especies



Figura 3. Escenarios de transformación del territorio y procesos de invasión. **A)** Arbustal denso, **B)** Tierras desnudas y degradadas, **C)** Zona mono-específica *V. farnesiana*, **D)** Zona mono-específica *L. leucocephala*, **E)** Zona mono-específica *P. juliflora*.

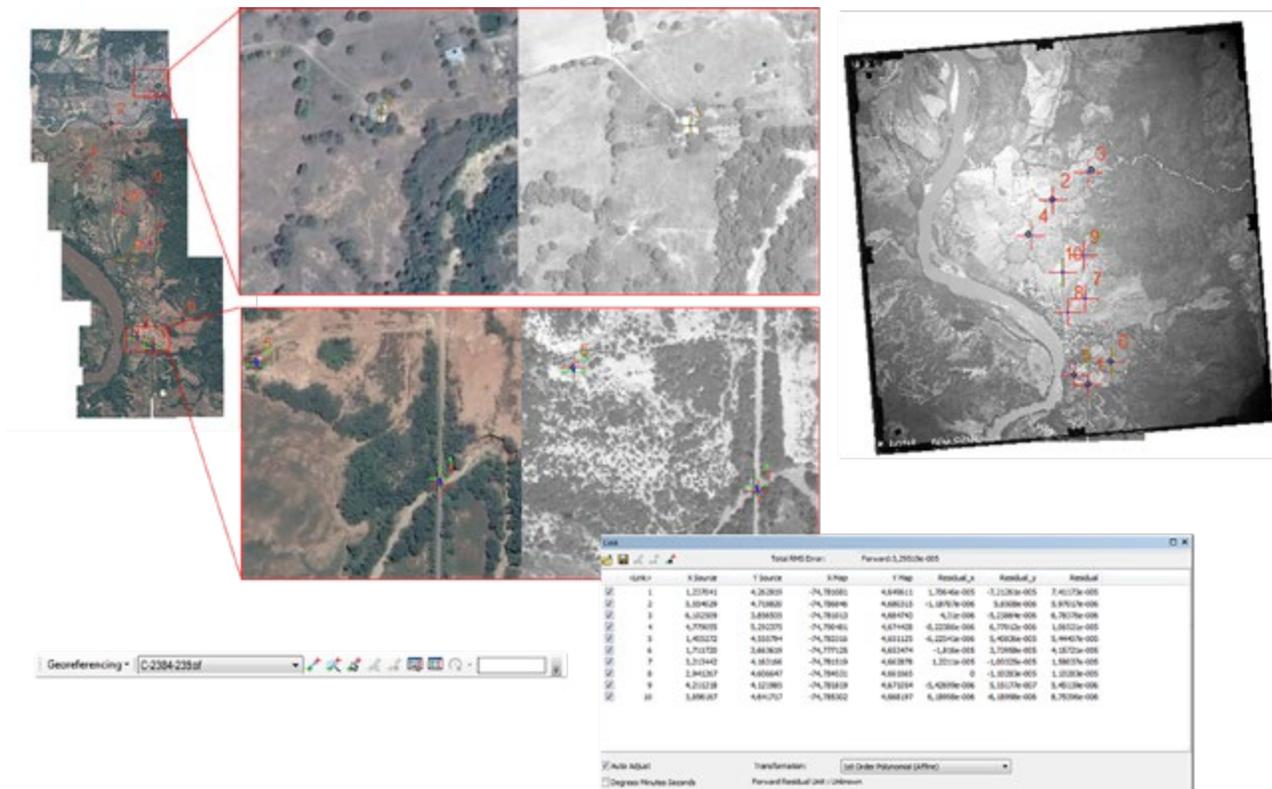


Figura 4. Determinación de los puntos control para la interpretación visual de las imágenes aéreas.

como *Astronium graveolens*, *Capparis odoratissima*, *Platymiscium pinnatum*, *Randia armata* y *Trichilia pallida*, la altura promedio de las especies es de 8,6 m. En contraste, la zona con mayor proporción actual de tierras desnudas y degradadas, sin la presencia de especies con potencial invasor, presentó los mayores niveles de transformación de las coberturas en cada año de análisis (Figura 5b). En esta zona, las tasas anuales de pérdida de bosques (galería y ripario; 1957-1975: -4,8 %, 1989-2012: -6,72 %) superaron las tasas de ganancia para esta misma cobertura (1940-1957: 5,5 %, 1975-1989: 3,8 %). Mientras que las coberturas de pastos (enmalezados, limpios y manejados), cultivos y vegetación secundaria tuvieron la mayor dinámica durante los 70 años de análisis (Figura 6b), con tasas de pérdida y ganancia que oscilaron entre -1,6 % y -12,0%, 0,7 % y 5,3 %, respectivamente, donde las tasas de mayor ganancia se relacionaron con coberturas de cultivos y pastos, mientras que las de mayor pérdida con la vegetación secundaria. En esta zona la cobertura de tierras desnudas y degradadas registró la mayor tasa anual de ganancia frente las otras coberturas, e incluso otras zonas de análisis en los últimos 28 años (27,8 %), sin embargo actualmente se encuentra sin cobertura vegetal de ningún tipo.

La zona con presencia de *V. farnesiana* es un mosaico de coberturas conformado por tierras desnudas y degradadas, pastos enmalezados y vegetación secundaria, todas dominadas por esta especie (Figura 5c). Entre 1940 y 1975 esta zona se caracterizó por presentar pastos enmalezados y porcentaje mínimo de tierras desnudas. Mientras que en 1989 se presentó la mayor transformación de las coberturas, siendo sustituidas por cultivos, tierras desnudas y arbustales densos. En los últimos 37 años, la tasa anual de ganancia de áreas con tierras desnudas y degradadas (5,0 %) fue levemente superior a la tasa anual de pérdida de la cobertura dominante los primeros 35 años (pastos enmalezados; -3,6 %). Así, las tierras desnudas y degradadas sustituyeron los pastizales y es la cobertura con mayor porcentaje de área para el 2012 (50 %; Figura 5c).

La zona dominada por *L. leucocephala* es un arbustal mono-específico, con algunas áreas de pastos

enmalezados (Figura 5d). Esta cobertura actual es producto del cambio sistemático de coberturas de bosque denso (1940 y 1957), bosque abierto (1970), arbustales densos (1989) hasta arbustales abiertos en 2009 (Figura 5d). En el año 1989 se registraron los mayores niveles de transformación de las coberturas en esta zona (Figura 5d) y la mayor dinámica de la cobertura se presentó en el periodo 1989-2009, iniciando con el mayor porcentaje de tierras desnudas en 1989 (35 % del área total) que son reemplazadas por arbustales abiertos en 2009 (79 % de área total).

En la zona dominada por *P. juliflora* tanto los niveles de transformación, como la dinámica de las coberturas registraron tendencias similares al área dominada por *V. farnesiana* (Figura 5e, Figura 6e). Donde la cobertura dominante (pastos enmalezados) entre 1940 y 1989 fue sustituida por arbustales densos y abiertos en 2012, también por algunas áreas marginales de tierras desnudas y degradadas (Figura 6e). En esta zona, los años con mayores niveles de transformación fueron 1975 y 1989. En ese mismo periodo se presentó la mayor tasa anual de pérdida de arbustales (-7,7 %) y la mayor tasa anual de ganancia de coberturas de pastos (arbolados= 12,3 % y enmalezados= 0,5 %).

Discusión

En todas las zonas de estudio se encontró pérdida total de la cobertura de bosques durante los años de análisis, e incluso antes de 1940 (Figura 5). Según la historia, en 1539 este sitio fue descubierto en una expedición realizada por el río Magdalena y hacia 1670 los Colombaymas poblaron Ambalema y posteriormente el actual municipio de Beltrán, por lo que es posible que desde su asentamiento iniciaran los procesos de transformación y de uso de la tierra (Caicedo 2007). La única zona con evidencia de recuperación de la cobertura original fue el arbustal denso sin presencia de las especies con potencial invasor. Pese a tener más de 50 años de recuperación esta zona no tiene estructura de bosque, tan solo se configura como un arbustal denso, donde las especies no alcanzan un estrato arbóreo. Estos resultados se pueden comparar con los bosques secos del Cerrado boliviano, donde encontraron que en más de 25 años pocas especies

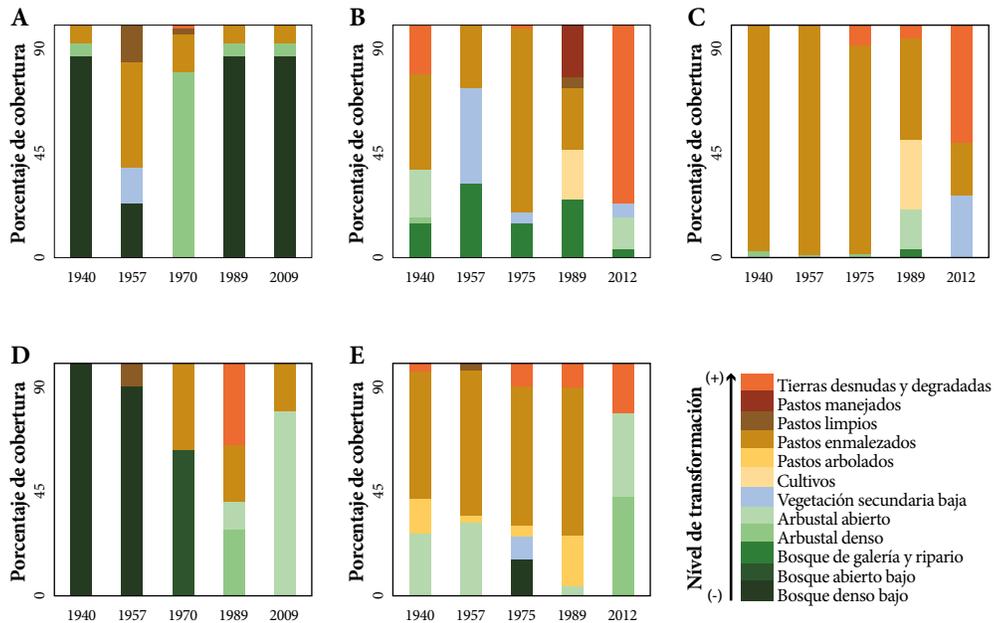


Figura 5. Porcentaje de cobertura en cada época de análisis. A) Arbustal denso, B) Tierras desnudas y degradadas, C) Zona mono-especifica *Vachellia farnesiana*, D) Zona mono-especifica *Leucaena leucocephala*, E) Zona mono-especifica *Prosopis juliflora*.

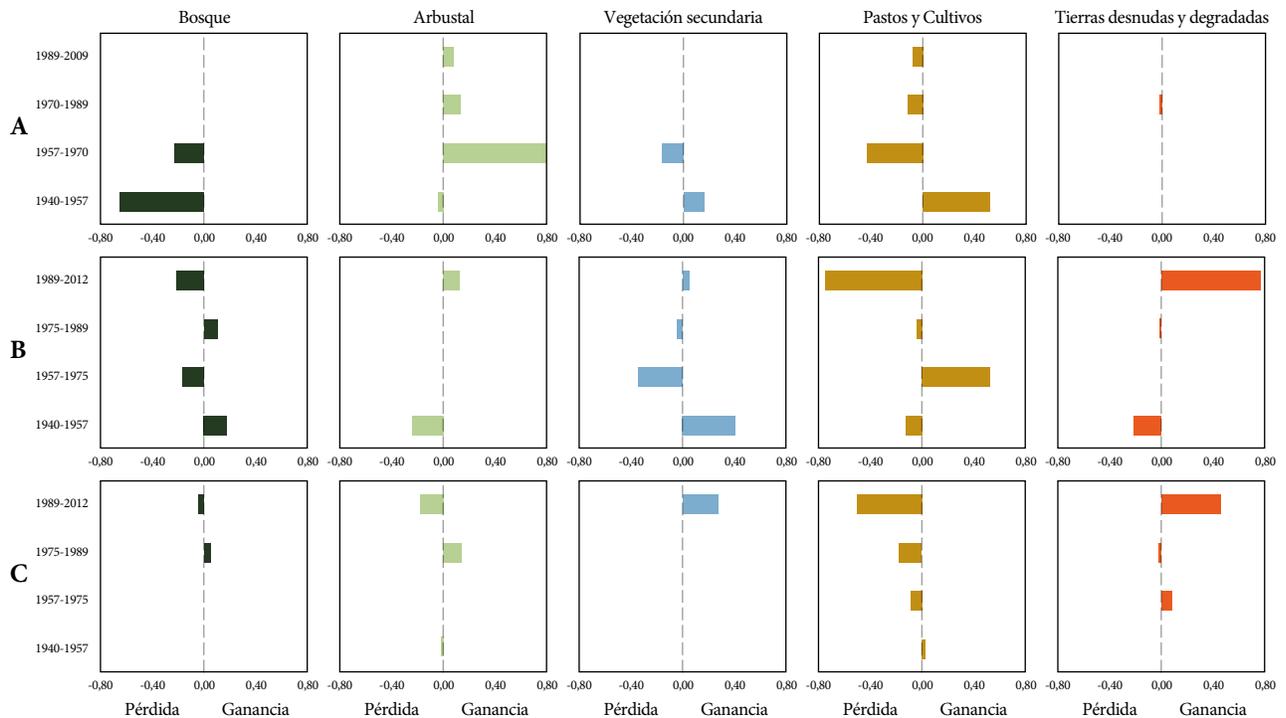
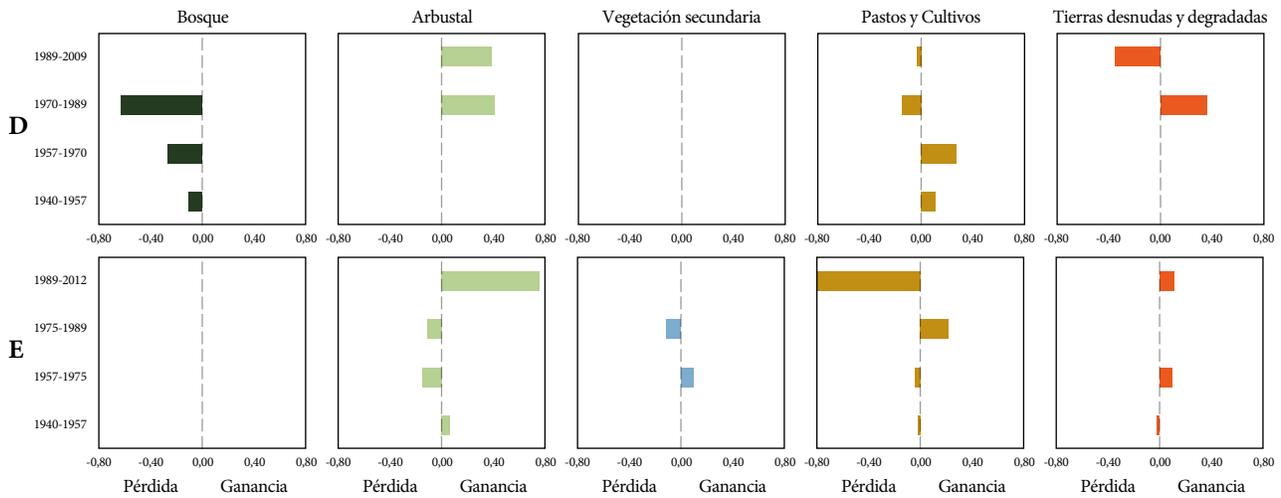


Figura 6. Dinámica de las coberturas por periodos de análisis. El eje x expresa la pérdida o ganancia relativa de área (ha) por periodo de tiempo (intervalo de años). A) Arbustal denso, B) Tierras desnudas y degradadas, C) Zona mono-especifica *Vachellia farnesiana*, D) Zona mono-especifica *Leucaena leucocephala*, E) Zona mono-especifica *Prosopis juliflora*.



Cont. **Figura 6.** Dinámica de las coberturas por periodos de análisis. El eje x expresa la pérdida o ganancia relativa de área (ha) por periodo de tiempo (intervalo de años). **A)** Arbustal denso, **B)** Tierras desnudas y degradadas, **C)** Zona mono-específica *Vachellia farnesiana*, **D)** Zona mono-específica *Leucaena leucocephala*, **E)** Zona mono-específica *Prosopis juliflora*.

alcanzaron estructura arbórea (López *et al.* 2012a). Del mismo modo, Carvajal y Calvo (2013) estiman crecimiento diamétrico promedio anual de 1,6 mm para las especies arbóreas del bosque seco en Costa Rica, sugiriendo que para que las especies alcancen un diámetro máximo de 10 cm se requieren cerca de 63 años y para que un bosque alcance estratos arbóreos podrían pasar aproximadamente 200 años. Lo anterior confirma que el bosque seco requiere varias décadas para su recuperación después de un disturbio antrópico.

Para todas las zonas de análisis el año donde se presentaron los mayores niveles de transformación de las coberturas fue en 1989, excepto en el arbustal denso actual. Esto coincide con los reportes locales de aparición de las especies con potencial invasor en las zonas de estudio, introducidas principalmente como forraje y alimento para el ganado, lo que probablemente impulsó la formación de los arbustales mono-específicos reportados en 2009/2012. Por ejemplo, *V. farnesiana* que tiene la capacidad de establece en zonas cálidas, con suelos pobres y resistir fuertes sequías (Parrotta 1992, Rojas y Torres 2011, López *et al.* 2012) se estableció con éxito en la zona con mayor ocupación espacial y temporal de la cobertura de pastos enmalezados, zona que probablemente tuvo la mayor degradación del suelo por las actividades ganaderas y

posiblemente colonizo suelos desnudos y degradados (Figura 6). Sin embargo, estas actividades pudieron impulsar la dispersión, colonización y establecimiento de esta especie. En bosques secos de Colombia se ha reportado que esta especie forma extensos rodales en áreas dominadas por actividades de pastoreo bovino y caprino (López *et al.* 2012b).

De igual forma, la zona mono-específica de *P. juliflora* tuvo mayor dominancia de las coberturas de pastos entre 1940 y 1989, donde las actividades ganaderas también pudieron impulsar su potencial invasor, donde zonas empleadas para ganadería y cultivos después del ser abandonadas se convirtieron en zonas de arbustales mono-específicos dominados por esta especie (Figura 6). Diferentes especies de *Prosopis* han sido introducidas alrededor del mundo para fines forrajeros (Díaz 2010). En Brasil se introdujo hacia los años 40, alcanzando un 90 % de cobertura en el dosel de las áreas invadidas, además de mostrar amplia capacidad de competir (Alves *et al.* 2006, 2009). En todas las regiones donde ha sido reportada como invasora, su establecimiento y proliferación se relaciona con su agresividad para competir en pastizales de zonas áridas y semiáridas, donde su propagación es facilitada por el ganado.

Finalmente, *L. leucocephala* reportada en Sur América como especie altamente invasora (Cabi 2014), se considera un árbol agresivo con la capacidad de colonizar con éxito en áreas naturales transformadas (Lowe *et al.* 2004) y competir eficientemente por los recursos disponibles (Casanova *et al.* 2007). En contraste con las otras dos especies, esta especie no se encontró asociada a la dinámica de transformación en torno a pastizales y cultivos, por el contrario, en esta zona se identificó pérdida sistemática de la cobertura boscosa entre 1940 y 1970, que es sustituida por arbustales densos y abiertos en el periodo 1989-2009. Sugiriendo la velocidad de colonización de esta especie frente a las nativas y su potencial invasor en sitios perturbados con vegetación secundaria donde los recursos no son del todo limitados (Cabi 2014), sin embargo se asocia a zonas donde se desarrollaron actividades ganaderas y de cultivos (Figura 6).

Conclusiones

Estos resultados dejan en evidencia cómo los ecosistemas con alta dinámica de transformación y disturbios antrópicos pueden facilitar la aparición de especies con potencial invasor, que posteriormente generan arbustales mono-específicos sin presencia de especies nativas o en el peor de los casos cuando existen largos periodos de transformación en diferentes actividades antrópicas (cultivos, pastos, ganadería) por que puede ocasionar degradación total del suelo, perdiendo así la cobertura vegetal de cualquier tipo e incluso ocasionando pérdida de los procesos ecológicos. En general la transformación de las coberturas boscosas ocasiona grandes daños a los ecosistemas secos que difícilmente pueden recuperar sus condiciones iniciales, requiriendo de varias décadas para alcanzar condiciones similares.

Adicionalmente la introducción de especies con alto riesgo de invasión en ecosistemas que presentan características ambientales fuertes y alta transformación, facilitaría la formación de arbustales mono-específicos, por esto el conocer las especies antes de su introducción debería ser una prioridad en el desarrollo de actividades económicas como la ganadería y la agricultura.

En Colombia se ha generado gran interés en la evaluación de riesgo de introducción de algunas especies vegetales, lo que puede convertirse en un insumo importante para evitar la introducción y posterior invasión de zonas transformadas o degradadas. Las especies *Leucaena leucocephala* y *Vachellia farnesiana* presentan alto riesgo de introducción para el país, según la evaluación de la I3N (5.03 y 6.97) respectivamente (Cárdenas *et al.* 2010, López *et al.* 2012b) y *Prosopis juliflora* aún no cuenta con evaluación de riesgo de introducción, por lo cual no debería introducirse en ecosistemas como el bosque seco del Magdalena donde genera arbustales mono-específicos. Se hace necesaria la evaluación de esta especie y otros estudios complementarios que permitan conocer un poco más las características de estas especies con potencial invasor como su capacidad de rebrote, regeneración, banco de semillas y otros estudios que puedan evaluar el impacto de estas especies en los procesos de los ecosistemas.

Agradecimientos

Esta publicación hace parte de los resultados de la tesis de Maestría titulada “Efectos de especies con potencial invasor en procesos de regulación hídrica del suelo en un ecosistema seco tropical”. Agradecemos a Roy González por su apoyo en análisis de resultados y trabajo de campo, a Hernando García y en general al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt por su apoyo económico y aportes realizados. A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por su formación académica y a la Comunidad de los municipios de Beltrán y Guataquí por su colaboración durante el desarrollo de este estudio.

Bibliografía

- Alcaldía de Beltrán – Cundinamarca. 2014. Municipio de Beltrán. Versión en línea: http://www.beltran-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml.
- Alcaldía de Guataquí – Cundinamarca. 2014. Municipio de Guataquí. Versión en línea http://www.guataqui-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml.
- Alves, C., L. Alves, L. Pessoa y I. Marinho. 2006. Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC

- sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20 (4): 887-898.
- Alves, L., J. Fabricante y F. de Oliveira. 2009. Invasão biológica por *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Impactos sobre a diversidade e a estrutura do componente arbustivo-arbóreo da caatinga no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23 (4): 935-943.
- Andreu, J. y M. Vilà. 2007. Análisis de la gestión de las plantas exóticas en los espacios naturales españoles. *Ecosistemas* 16 (3): 1-6.
- Barrera-Cataño, J., S. Contreras-Rodríguez, N. Garzón-Yepes, A. Moreno-Cárdenas y S. Montoya-Villareal. 2010. Manual para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas Disturbados del Distrito Capital. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Bogotá D. C. 402 pp.
- Caicedo, Y. 2007. Captura de información técnico- municipal. Escuela superior de administración pública E.S.A.P. Oficina de prácticas administrativas. Bogotá, D. C. 74 pp.
- Cárdenas, D., Castaño, N. y J. Cárdenas-Toro. 2010. Análisis de riesgo de especies de plantas introducidas para Colombia. *En: Baptiste, M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. P. Gutiérrez, D. L. Gil, y C. A. Lasso. (Eds). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 154 pp.*
- Carvajal, D. y J. Calvo. 2013. Tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de vegetación en tres estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 10 (25): 1-12.
- Castro-Díez, P., F. Valladares y A. Alonso. 2004. La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas* 13 (3): 61-68
- Casanova, F., L. Ramírez y F. Solorio. 2007. Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. *Revista AIA* 11 (3): 41-52.
- CATIE. 2014. Ficha *Prosopis juliflora*. Versión en línea: http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/prosopis_juliflora.pdf.
- Chapin, F.S., E. S. Zavaleta, V. T. Eviner, R. L. Naylor, P. M. Vitousek, H. L. Reynolds, D. U. Hooper, S. Lavorel, O. E. Sala, S. E. Hobbie, M. C. Mack y S. Díaz. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242
- CONABIO. 2014. *Prosopis juliflora*. Publicado en: *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis* 2: 447. 1825. Versión en línea: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/46-legum44m.pdf
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). 2009. Especies exóticas invasivas, una amenaza a la diversidad biológica. La Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Canadá, 51 pp.
- CORPOICA, sistema de toma de decisiones para la selección de especies forrajeras, Universidad nacional. 2013. *Leucaena leucocephala*. Versión en línea: http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_8.pdf
- Díaz, M. 2010. Ecología Experimental y Ecofisiología: Bases Para El Uso Sostenible De Los Recursos Naturales de las zonas Áridas Neo-Tropicales. *Inverciencia* 26(10):472-478
- Didham, R. K., J. M. Tylianakis, M. A. Hutchinson, R. M. Ewers y N. J. Gemmill. 2005. Are invasive species the drivers of ecological change? *Trends in Ecology & Evolution* 20 (9): 470-474.
- Dukes, J. y H. Mooney. 2004. Disruption of ecosystem processes in western North America by invasive species. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 411-437.
- FAO. 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130. Roma. 152 pp.
- Francis, J. 1964. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service. Estados Unidos, 3 pp.
- Global Invasive Species Database. 2014. Versión en línea: <http://www.issg.org/database/welcome/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
- Invasive Species Compendium- CABI. 2014. Versión en línea: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/43942>.
- Insidewood. 2014. *Leucaena leucocephala*. Versión en línea: <http://insidewood.lib.ncsu.edu/description?7>
- Kleunen, M., D. Schlaepfer, M. Glaetli y M. Fischer. 2011. Preadapted for invasiveness: do species traits or their plastic response to shading differ between invasive and non-invasive plant species in their native range? *Journal of Biogeography* 38 (7): 1294-1304.
- Lencinas, J. y A. Siebert. 2009. Relevamiento de bosques con información satelital: Resolución espacial y escala. *Quebracho* 17(1,2): 101-105.
- López, L., R. Villalba y M. Peña-Claros. 2012a. Ritmos de crecimiento diamétrico en los bosques secos tropicales: aportes al manejo sostenible de los bosques de la provincia biogeográfica del Cerrado Boliviano. *Bosque* 33 (2): 211-219.
- López, R., R. González-M. y M. Cano. 2012b. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Fabaceae: Leguminosae), una especie exótica con potencial invasivo en los bosques secos de la isla de Providencia (Colombia). *Biota Colombiana* 13 (2): 232-246.
- León, W. 2008. Anatomía de Madera en 31 especies de la Subfamilia Mimosoideae (Leguminosae) en Venezuela. *Revista Colombiana Forestal* 11: 113-135.
- Lowe S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), España, 12pp.
- Masciadri, S., E. Brugnoli y P. Muniz. 2010. InBUy database of Invasive and Alien Species (IAS) in Uruguay: a useful tool to confront this threat to biodiversity. *Biota Neotropica* 10 (4): 205-213.
- Parrota, J. 1992. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Versión en línea: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/pdf/Acaciafarnesiana.pdf>.
- Pauchard, A., B. Langdon y E. Peña. 2008. Potencial invasivo de

- Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) franco en bosques nativos del centro-sur de Chile: patrones y recomendaciones. Pp 89-114. En: R. Mujica, H. Grosse y B. Muller-Using (Eds.). Bosques seminaturales: una opción para la rehabilitación de bosques nativos degradados. Instituto Forestal. Valdivia.
- Reigosa, M., J. Casal y A. Carballeira. 1984. Efectos alelopáticos de *Acacia dealbata* Link durante su floración. *Studia Oecologia* 5: 135-150.
- Rojas, F. y G. Torres. 2011. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Aromo (*Acacia farnesiana*). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 9 (22): 66-67.
- Rocwood, L. 1973. The effect of defoliation on seed production of six Costa Rica tree species, *Ecology* 54: 163-1369.
- Sarasola, M., V. Rusch, T. Schlichter y C. Ghersa. 2006. Invasión de coníferas forestales en áreas de estepa y bosques de ciprés de la cordillera en la Región Andino Patagónica. *Ecología Austral* 16: 143-156.
- UICN. 1999. Especies Invasoras Exóticas. Cuarta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico. Montreal, 6pp.
- USAID-Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos. 2012. definición del estado de conservación de los ecosistemas para recategorización y declaratoria de las áreas protegidas en el ámbito regional (áreas seleccionadas por la UAESPNN). Identificación de vacíos y definición de prioridades de conservación y documento de procedimiento para la homologación de categorías de áreas protegidas. Estados Unidos, 194 pp.
- Vilà, M., S. Bacher, P. Hulme, M. Kenis, M. Kobelt, W. Nentwig, D. Sol y W. Solarz. 2006. Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. *Ecosistemas* 15(2):13-23.
- Vitousek, P., C. D'antonio, L. Loope y R. Westbrooks. 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist* 84 (5): 468-478.
- Zalba, S. y S. R. Ziller. 2008. Herramientas de prevención de invasiones biológicas de I3N: Manual de uso. Invasive Information Network (I3N), the Nature Conservancy. Florianópolis, 55 pp.

Anexo 1. Características biológicas y ecológicas relacionadas con el potencial invasor de las especies en este estudio (Francis 1964, Rockwood 1973, Parrotta 1992, Díaz 2001, León 2008, Rojas y Torres 2011, CORPOICA 2013, CONABIO 2014, InsideWood 2014)

| Atributo | | Especie | | |
|----------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | | <i>Vachellia farnesiana</i> | <i>Prosopis juliflora</i> | <i>Leucaena leucocephala</i> |
| Hábito | | Arbusto | Arbusto/Árbol | Árbol |
| Altura máxima (m) | | 5 | 10 | 12 |
| Diámetro máximo (cm) | | 15 | 20 | 25 |
| Follaje | Fenología | Siempreverde, Semideciduo | Siempreverde, Semideciduo | Siempreverde |
| | Hojas | Compuestas, Bipinnadas | Compuestas, Bipinnadas | Compuestas, Bipinnadas |
| Fuste | Forma | Espinoso, irregular | Espinoso, irregular | No espinoso, cilíndrico |
| | Tipo de corteza | Fisurada, Lenticelada | Fisurada, Lenticelada | Fisurada, Lenticelada |
| | Tallos | Multiramificado desde base | Único o ramificado desde la base | Único |
| | Presencia de espinas | Fuste, Ramas | Fuste, Ramas | - |
| | Longitud de las espinas (mm) | 06-25 | 15-45 | - |
| Raíz | | Pivotante | Freatófito | Pivotante |
| Reproducción | | Sexual, Asexual | Sexual, Asexual | Sexual, Asexual |
| Flores | Tipo | Hermafrodita | Hermafrodita | Hermafrodita |
| | Fenología (periodos-año ⁻¹ , meses-año ⁻¹) | 2, 3 | 2, 3 | 1, 12 |
| | Polinización | Entomófila | Entomófila | Entomófila |
| Frutos | Tipo, Forma | Legumbre, dehiscente | Legumbre, dehiscente | Legumbre, dehiscente |
| | Fenología (meses-año ⁻¹) | 4 | 3 | 12 |

Cont. **Anexo 1.** Características biológicas y ecológicas relacionadas con el potencial invasor de las especies en este estudio (Francis 1964, Rockwood 1973, Parrotta 1992, Díaz 2001, León 2008, Rojas y Torres 2011, CORPOICA 2013, CONABIO 2014, InsideWood 2014)

| | Atributo | Especie | | |
|---|--|--|--|--|
| | | <i>Vachellia farnesiana</i> | <i>Prosopis juliflora</i> | <i>Leucaena leucocephala</i> |
| Frutos | Longitud (cm) | 04-08 | 11-21 | 11-25 |
| | Ancho (mm) | 08-16 | 08-12 | 1-2.3 |
| | Número frutos (ind-cosecha ⁻¹) | 155 | 300 | 500 |
| | Formación (meses) | 2 | 2 | 2 |
| Semillas | Testa | Dura | Blanda | Blanda |
| | Longitud (mm) | 06-08 | 06-09 | 0.1-1 |
| | Ancho (mm) | 02-03 | 02-04 | 03-06 |
| | Número de semillas (und·kg ⁻¹) | 9000-16000 | 8000-24000 | 1800-26000 |
| | Peso (g) | 0.083 | 0.033 | 0.040 |
| | Longevidad (años) | 03-15 | 03-15 | 50 |
| | Germinación (%) | 85-100 | 65 - 99 | 50 - 85 |
| | Tiempo de germinación (días) | 12-32 | 08-11 | 8 |
| | Dispersión | Zoocoria, Anemócora | Zoocoria, Anemócora | Zoocoria, Anemócora |
| | Madera | Duramen | Pardo-rojiza | Marrón-oscuro |
| Color albura | | Amarilla | Amarilla | Amarillo-pálido |
| Porosidad | | Difusa | Difusa | Difusa |
| Tipo de poros | | Solitarios, Arracimados | Solitarios, Múltiplos radiales cortos, Arracimados | Solitarios, Múltiplos radiales cortos, Arracimados |
| Platinas de perforación | | | Simple | Simple |
| Punteaduras intervasculares | | Alternas, ovaladas, medianas-grandes, ornadas | Alternas, circulares-ovaladas, pequeñas- medianas, No ornadas | Alternas, ovaladas, medianas-grandes, no ornadas |
| Contenidos | | Gomas, cristales prismáticos | Gomas, cristales prismáticos | Gomas, cristales prismáticos |
| Fibras | | No septadas | No septadas | No septadas |
| Sustancias químicas de defensa | | Glucósidos cianógenos | - | Mimosina |
| Densidad (g·cm ⁻³) | | 0.79-0.84 | 0.7-0.8 | 0.54-0.74 |
| Colonización | Zonas degradadas, Pastizales | Zonas degradadas, Pastizales | Zonas degradadas, Pastizales | |
| Crecimiento relativo (mg ⁻¹ ·g ⁻¹ ·día ⁻¹)*, (mg ⁻¹ ·g ⁻¹ ·año ⁻¹)**, (m·año ⁻¹)*** | 0.0185-0.0176* | 0.2-0.8** | 2-9*** | |
| Materia orgánica (Tn·año ⁻¹) | | 23 toneladas/ha | 48-90 t/ha | |
| Rango de precipitación (mm) | 500-750 | 150-250 | 450-2200 | |
| Rango de temperatura (°C) | feb-32 | 23-34 | 18-29 | |
| Rango altitudinal (m) | 0-2000 | 0-800 | 0-2800 | |
| Requerimiento de suelos | Arcillas-Arenas | Arcillas-Arenas | Gravas-Arcillas | |
| Resistencia ambiental | Sequia, inundaciones, suelos salinos, Fuego, herbicidas, salinidad, sequia | Sequia, inundaciones, suelos salinos, Fuego, herbicidas, salinidad, sequia | Fuego, sequia, inundación | |
| Susceptibilidad | Heladas, ataque de plagas | Ataque plagas, roedores, ramoneo | Suelos mal drenados, sombra, suelos compactados, daño por roedores | |

Maribel Yesenia Vasquez-Valderrama
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia
maribel.y.v@gmail.com

René López-Camacho
Grupo de investigación Usos y Conservación de
la Diversidad Forestal
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia
rlopezc@udistrital.edu.co

María Piedad Baptiste
Programa Ciencias de la Biodiversidad
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von
Humboldt
Bogotá, Colombia
mpbaptiste@humboldt.org.co

La transformación histórica de las coberturas naturales
impulsa el potencial invasor de plantas en los bosques secos
del río Magdalena, Colombia

Citación del artículo: Vasquez-Valderrama, M., R. López
Camacho y M. P. Baptiste. 2017. La transformación histórica
de las coberturas naturales impulsa el potencial invasor de
plantas en los bosques secos del río Magdalena, Colombia.
Biota Colombiana 18 (2): 132 – 144. DOI: 10.21068/c2017.
v18n02a08.

Recibido: 13 de marzo de 2017
Aprobado: 01 de septiembre de 2017

Estado trófico y estructura comunitaria del microfitoplancton en un sector del golfo de Guayaquil, Ecuador

Trophic status and community structure of microphytoplankton in a sector of the Gulf of Guayaquil, Ecuador

Luis Troccoli-Ghinaglia y Mónica Prado-España

Resumen

El incremento urbano en zonas costeras ha conducido a la eutrofización, cuya acumulación de residuos orgánicos ha afectado también al estuario del golfo de Guayaquil; por ello, se determinó el estado trófico utilizando el índice Karydis, a una milla del margen costero de la provincia de El Oro, en tres zonas establecidas según la afinidad hidrográfica. Además, se realizaron análisis multivariados para establecer la relación entre el microfitoplancton y las variables físico-químicas. Se evidenciaron diferencias significativas en niveles tróficos y estructura comunitaria por zonas. La zona A (canal de Jambelí), mostró mayor índice trófico, nitrato (3.8) y silicato (4.9), con menor salinidad, oxígeno disuelto y transparencia; la zona B (área de intercambio marino-costera), con mayor influencia oceánica, presentó valores tróficos medios (nitrato: 3.4 y silicato: 4.6) y la zona C (isla Puná), mostró mayor salinidad y los menores índices tróficos (3.2 de nitrato y 4.3 silicato). Las especies representativas fueron en la zona A *Nitzschia longissima*, *Skeletonema costatum* y *Pseudonitzschia delicatissima*; en la zona B: *P. delicatissima*, *Guinardia striata* y *Leptocylindrus danicus*, y la zona C *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides* y *S. costatum*. Se determinó que el área de estudio es mesotrófica, no obstante, la zona A, presentó el mayor nivel trófico, debido probablemente a una mayor influencia de actividades humanas.

Palabras clave. Análisis multivariado. Estuario. Eutrofización. Índice Karydis. Mesotrófico.

Abstract

Urban growth in coastal areas has led to eutrophication, which in turn has caused the accumulation of organic in the estuarine system of the gulf of Guayaquil. In this scenario trophic status was determined using the Karydis index in three zones established according to hydrographic affinity one mile from the coastal margin of the province of El Oro. Additionally, multivariate analysis were developed to establish the relationship between micro-phytoplankton and physical and chemical variables. Significant differences in trophic levels and community structure were found in each zone. Zone A (Jambelí channel), had the highest trophic index, nitrate (3.8) and silicate (4.9), and lowest salinity, dissolved oxygen, and transparency; zone B (coastal marine exchange area), the one with the greatest oceanic influence, had medium trophic levels (nitrate: 3.4 and silicate: 4.6); zone C (Puná island), had the highest salinity and lowest trophic indexes (3.2 nitrate and 4.3 silicate). The representative species in zone A were: *Nitzschia longissima*, *Skeletonema costatum*, and *Pseudonitzschia delicatissima*; zone B: *P. delicatissima*, *Guinardia striata*, and *Leptocylindrus danicus*; zone C *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides*, and *S. costatum*. The study area was determined as mesotrophic. However, zone A presented the highest trophic level, probably due to a greater influence from human activities.

Key words. Estuary. Eutrophication. Karydis index. Mesotrophic. Multivariate analysis.

Introducción

El incremento de las poblaciones en las regiones aledañas a la zona costera ha sido motivo de preocupación por la problemática que implica el vertido de aguas de origen doméstico cuyo destino final es el mar (Borja y Dauer 2008, Flynn *et al.* 2015). Uno de los efectos del permanente vertido de estas aguas residuales, es el incremento de nutrientes en la zona costera provocando la eutrofización. Los estudios sobre el estado trófico de las zonas costeras fueron iniciados por Nixon (1995), quien planteó la necesidad de buscar indicadores para medir la contaminación orgánica a través del nivel trófico (Cloern 2001).

Dentro de los procesos de determinación del nivel trófico, se consideran las concentraciones de clorofila (Carlson 1977), nutrientes (Karydis 1992) o combinaciones de ambos (Vollenweider 1992). No obstante, los métodos más reconocidos utilizan indicadores biológicos como el microfitoplancton, pastos marinos y macroalgas (Livingston 2003), de los cuales, el primero es considerado el mejor indicador de los procesos costeros; además, su estructura comunitaria es determinante para conocer ambientes de distintos niveles tróficos (Tsirtsis y Karydis 1998, Garmendia *et al.* 2013).

Los índices tróficos de Karydis y Trix, han sido muy utilizados en Europa y América, y han sido probados en ambientes tropicales como los estudios realizados en la zona costera del golfo de México (Medina-Gómez y Herrera-Silveira 2003, Herrera-Silveira *et al.* 2004 y Tapia-González *et al.* 2008) y en el Pacífico colombiano (Betancourt-Portela *et al.* 2011) que recomiendan aplicar índices para gestores gubernamentales en planes de manejo.

La zona costera de Ecuador, presenta variabilidad estacional marcada con dos temporadas, la de lluvias (diciembre a mayo) y la época seca entre junio y noviembre (Twilley *et al.* 2001; Prado *et al.* 2015). En esta zona, se encuentra el golfo de Guayaquil (3°S, 80°W) que es el más grande ecosistema estuarino en la costa del Pacífico Sudeste (12,000 km²). Comprende la línea de costa desde la parte sur de la provincia

del Guayas y toda la provincia de El Oro en Ecuador (Figura 1). Está formado por un estuario exterior que se inicia en el occidente de la isla Puná hasta el meridiano 81° W, y un estuario interior que se extiende desde el oeste de la isla Puná hasta el borde costero conteniendo el Estero Salado, el río Guayas y el archipiélago de Jambelí (Cucalón 1996).

En el golfo de Guayaquil se han realizado varios estudios sobre la composición y abundancia del microfitoplancton, entre los que destacan el de Jiménez (1983), quien identificó 189 especies de diatomeas y silicoflagelados; Cajas *et al.* (1998) determinaron que las aguas interiores del golfo de Guayaquil corresponden a un área de baja diversidad debido a la dominancia de *Skeletonema costatum* y *Polymyxus coronalis*; Gualancañay *et al.* (2003) señalaron que las diatomeas dominan tanto en época seca como en la lluviosa, y que los grupos de dinoflagelados, cianobacterias y flagelados se encuentran en menor abundancia; Prado *et al.* (2015) determinaron que en el estuario exterior del golfo de Guayaquil frente a la provincia de El Oro, dominan especies oceánicas como *Rhizosolenia imbricata* y *Eucampia cornuta*, mientras que en el estuario interior son más abundantes *Paralia sulcata* y *S. costatum*.

El crecimiento sostenido en Ecuador durante los últimos 20 años, se basa principalmente en actividades de agricultura y de acuicultura, particularmente en la región sur del golfo de Guayaquil en la provincia de El Oro (INEC 2013). Al respecto Twilley *et al.* (2001) recomendaron la determinación de la calidad de agua de esta zona, pues la misma se habría deteriorado como consecuencia de la pérdida de grandes áreas de manglares, considerados filtros biológicos de importancia primordial (Turcios y Papenbrock 2014), que luego fueron utilizadas para la instalación de granjas camaroneras. Sin embargo, no se han realizado estudios sobre calidad de agua del golfo de Guayaquil y zonas aledañas, considerando que los vertidos originados por las mencionadas actividades, tienen como destino final ese importante cuerpo de agua. A partir del programa de monitoreo hidrográfico desarrollado por el Instituto Nacional de Pesca, se

planteó la determinación del estado trófico y la respuesta de la estructura comunitaria, abundancia y diversidad del microfitoplancton a través de especies indicadoras de estos procesos, en la zona sur del golfo de Guayaquil frente a la provincia de El Oro.

Material y métodos

El área de estudio comprende el estuario interior del golfo de Guayaquil a una milla aproximada de la costa continental frente a la provincia de El Oro, en

donde se establecieron 17 estaciones de muestreo georreferenciadas con un GPS marca Garmin modelo GPSMAP 62sc (10 m de precisión). Con base en la afinidad de las condiciones hidrográficas y luego de realizar un análisis de conglomerados (Wards City block), se dividió el área en tres zonas: A: área adyacente al canal Jambelí (estaciones 1, 2, 3, 4, 17 y 23), B: área de intercambio con aguas marino-costeras (estaciones 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 y 16) y C: zona interna al sureste de la Isla Puná (estaciones 15, 20 y 21) (Figura 1).

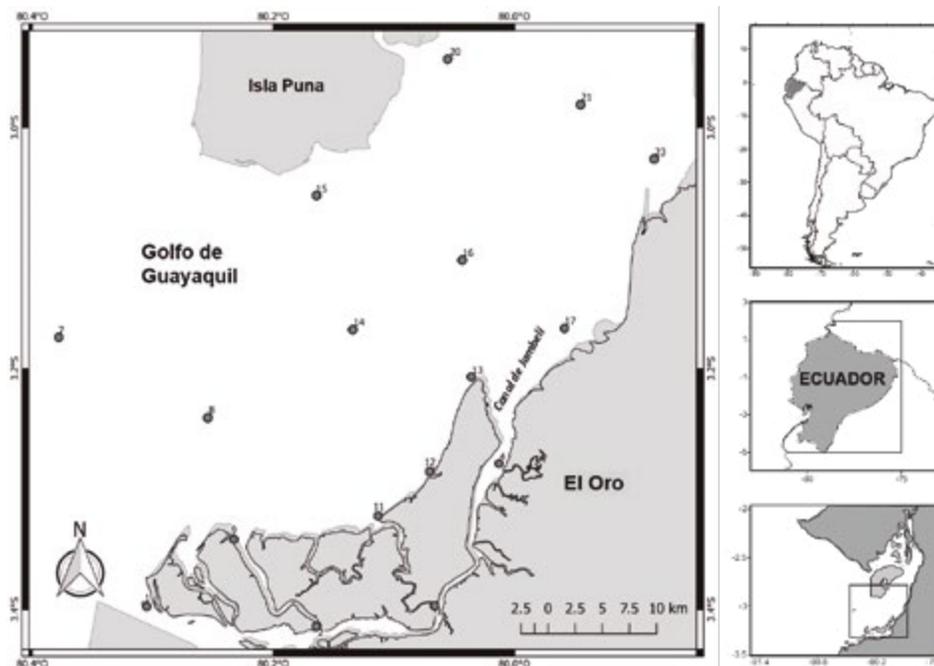


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la zona costera de la provincia de El Oro entre junio y diciembre del 2012.

Colecta y análisis de muestras

Los muestreos se realizaron mensualmente desde junio hasta diciembre de 2012, correspondientes a la temporada seca de Ecuador, colectándose un total de 119 muestras, a nivel superficial entre las 08:00 y 10:00 am. En cada sitio se realizaron mediciones de temperatura y salinidad con un Conductivity Temperature Depth (CTD) Seabird SBE-19 Plus V2 (0.0001 de precisión). Simultáneamente se tomaron muestras de agua con botellas Niskin de 8 L de

capacidad, para la determinación de nitrito, nitrato, fosfato y silicato, los cuales fueron analizados de acuerdo con la metodología de Parsons *et al.* (1984). Además se efectuaron mediciones de transparencia mediante un disco Secchi de 30 cm de diámetro.

De las mismas muestras obtenidas con botella Niskin se separaron alícuotas de 200 mL para el análisis cualitativo y cuantitativo de microfitoplancton, las cuales fueron preservadas con solución de lugol. Para la identificación de especies se utilizaron las claves de

Cupp (1943), Cleve (1951), Schiller (1971), Jiménez (1983), Tomas (1997) y Bérnard-Therriault *et al.* (1999). El recuento se realizó mediante el método Utermöhl referido en Hasle (1978), para lo cual se utilizaron cámaras de sedimentación de 50 mL y un microscopio invertido Leica DMi8.

Análisis de datos

Para establecer posibles diferencias zonales, estacionales y mensuales, se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (Sheskin 2004), luego de comprobar el no cumplimiento de los supuestos del Anova como son normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homocedasticidad a través del índice de Bartlett (Zar 1996), expresándose los resultados en diagramas de cajas y bigotes de acuerdo con Boyer *et al.* (1997).

La relación entre variables hidrográficas en cada zona se realizó mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) a partir de la matriz de correlación (Johnson y Wichern 1992, Legendre y Legendre 1998).

Se determinó el estado trófico del área de estudio, utilizando los datos de nutrientes, con base en el índice de Karydis *et al.* (1983) y Karydis (1992) mediante la siguiente fórmula:

IT= C/C-logXi +Log A, donde:

IT: Índice trófico

C: Sumatoria de la concentración de nutrientes por estación

Xi: Concentración mensual promedio del nutriente por estación

A: Número de estaciones

La escala numérica que determina el nivel trófico es la siguiente:

- <3: Oligotrófico
- 3-5: Mesotrófico
- >5: Eutrófico

Para establecer la relación entre las especies relevantes de cada zona con las variables hidrográficas, se realizó un Análisis de Correspondencia Corregido (DCA) y con base en la distancia del gradiente (<3) se efectuó un Análisis de Redundancia (ADR) (ter Braak y Verdonshot 1995, Muylaert *et al.* 2009).

Las posibles diferencias en la estructura comunitaria del microfitoplancton entre zonas, se determinaron a través del Análisis Multidimensional no paramétrico (MDS-Anosim). Luego, se estableció la contribución de las especies relevantes del microfitoplancton por zonas mediante el SIMPER (Clarke y Warwick 2001). Para medir la respuesta de la comunidad ante variaciones entre diferentes tramos del área de estudio, se obtuvo la diversidad mediante los índices de Hill N1 y N2, y el de Shannon y Wiener (Tsirsis y Karydis 1998, Chao *et al.* 2014). También se calcularon los índices de equitatividad y riqueza (Krebs 1999).

Resultados

VARIABLES HIDROGRÁFICAS

En la tabla 1 se detallan los valores promedio de las variables hidrográficas.

Tabla 1. Promedios de las variables hidrográficas por zonas frente a la provincia de El Oro durante junio-diciembre de 2012. Donde Prom = promedio y SE = Error estándar.

| Zona | A | | B | | C | |
|-------------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Variable | Prom. | SE | Prom. | SE | Prom. | SE |
| Temperatura °C | 25,9 | 0,1 | 24,7 | 0,1 | 24,3 | 0,2 |
| Salinidad UPS | 31,68 | 0,25 | 32,89 | 0,13 | 32,51 | 0,21 |
| Oxígeno Disuelto | 6,02 | 0,24 | 7,27 | 0,26 | 6,9 | 0,23 |
| Nitrito µmol L ⁻¹ | 2,65 | 0,31 | 0,51 | 0,09 | 0,48 | 0,06 |
| Nitrato µmol L ⁻¹ | 7,18 | 0,83 | 2,51 | 0,33 | 9,47 | 0,8 |
| Fosfato µmol L ⁻¹ | 1,6 | 0,06 | 0,9 | 0,05 | 1,36 | 0,05 |
| Silicato µmol L ⁻¹ | 58,45 | 6,76 | 20,39 | 3,06 | 34,94 | 6,87 |
| Transparencia (m) | 0,9 | 0,5 | 2,55 | 0,25 | 1,2 | 0,2 |

El comportamiento mensual de las variables hidrográficas fue bastante homogéneo durante los 6 meses de estudio ($p > 0,05$). En cuanto a la variabilidad por zona todas mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). La menor temperatura promedio ($24,7^{\circ}\text{C}$) se registró en la zona B, de mayor influencia costera y la más elevada ($25,9^{\circ}\text{C}$) en la zona anexa al canal Jambelí (A) (Figura 2a). La menor salinidad promedio ($31,68$ UPS) se detectó en zona A y la mayor ($32,89$ UPS) en la zona B (Figura 2b). La menor concentración promedio de oxígeno disuelto ($6,02$ mg/m^3) se detectó en la zona A y la mayor ($7,27$ mg/m^3) en la zona B (Figura 2c). La menor concentración promedio de nitrato ($2,51$ $\mu\text{mol}/\text{L}$) se detectó en la zona B y la mayor ($9,47$ $\mu\text{mol}/\text{L}$) en la zona C (Figura 2d). La menor concentración promedio de nitrito ($0,48$ $\mu\text{mol}/\text{L}$) se detectó en la zona C y la mayor ($2,65$ $\mu\text{mol}/\text{L}$) en la zona A (Figura 2e). La menor concentración de fosfato promedio ($0,9$ $\mu\text{mol}/\text{L}$) se detectó en la zona B y la mayor ($1,6$ $\mu\text{mol}/\text{L}$) en la zona A (Figura 2f). La menor concentración promedio de silicatos ($20,39$ $\mu\text{mol}/\text{L}$) se detectó en la zona B y la mayor ($58,45$ $\mu\text{mol}/\text{L}$) en la zona A (Figura 2g). La menor transparencia promedio ($0,9$ m) se detectó en la zona A y la mayor ($2,6$ m) en la zona B (Figura 2h). En general la menor salinidad, concentración de oxígeno disuelto y transparencia se registraron en los alrededores del canal de Jambelí (zona A), así como elevadas concentraciones de nutrientes con excepción del nitrato que observó las mayores concentraciones en la zona C. En el área con mayor influencia oceánica (B), la concentración de nutrientes fue baja, no obstante, se reportó la mayor salinidad, concentración de oxígeno disuelto y transparencia. Mientras que la zona de la Isla Puná (C) alcanzó la menor temperatura y moderadas concentraciones de nutrientes y oxígeno disuelto.

Al realizar el Análisis de Componentes Principales de la zona A, se observó el 65 % de varianza acumulada en los tres primeros ejes. En el primero, se correlacionaron en forma significativa la temperatura y los nutrientes (con excepción del nitrato) en relación inversa al oxígeno disuelto, salinidad y transparencia; mientras que en el componente 2 sólo se correlacionó con el nitrato (Figura 3a).

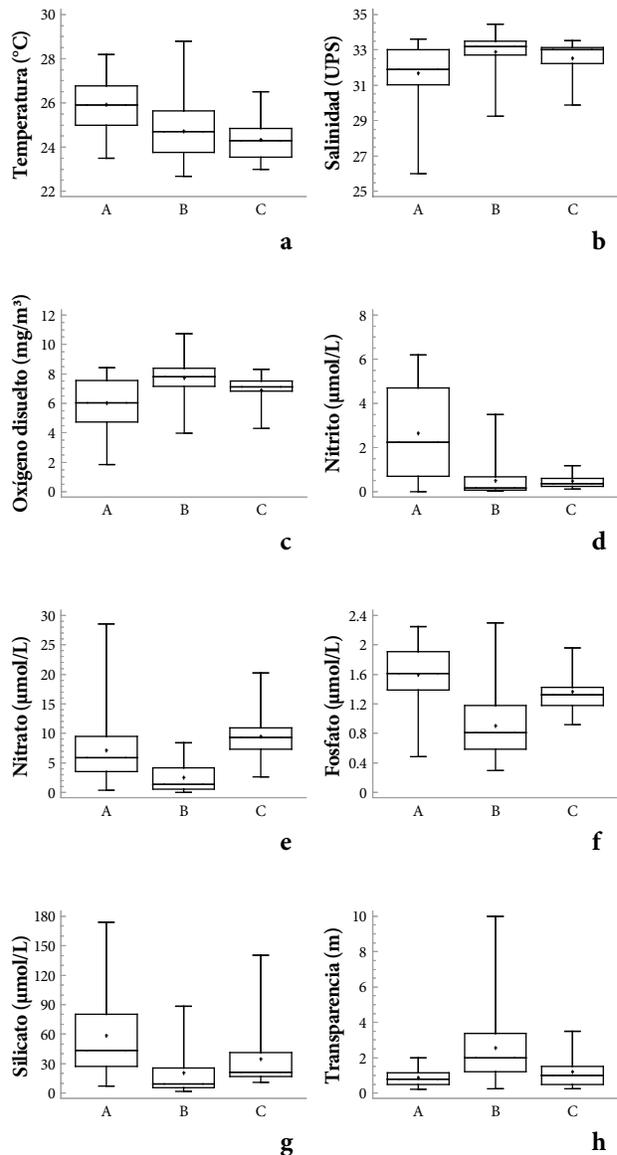


Figura 2. Variación espacial de las variables hidrográficas a) Temperatura; b) salinidad; c) oxígeno disuelto; d) nitrito; e) nitrato; f) fosfato; g) silicato, h) transparencia en la provincia de El Oro entre junio y diciembre del 2012.

El área norte de Jambelí mostró el 60 % de varianza acumulada en los tres primeros ejes, observándose correlación entre los nutrientes, los cuales estuvieron en relación inversa a salinidad y oxígeno disuelto. Mientras que en el componente 2, se detectó la relación entre temperatura y transparencia (Figura 3b).

En la zona adyacente a Puná, la varianza acumulada fue de 71 % en los tres primeros componentes. En el primero, se correlacionaron temperatura con silicato y fosfato, en relación inversa a la salinidad y transparencia. Mientras que en el eje 2, se detectó la relación inversa entre oxígeno disuelto, nitrito y nitrato (Figura 3c).

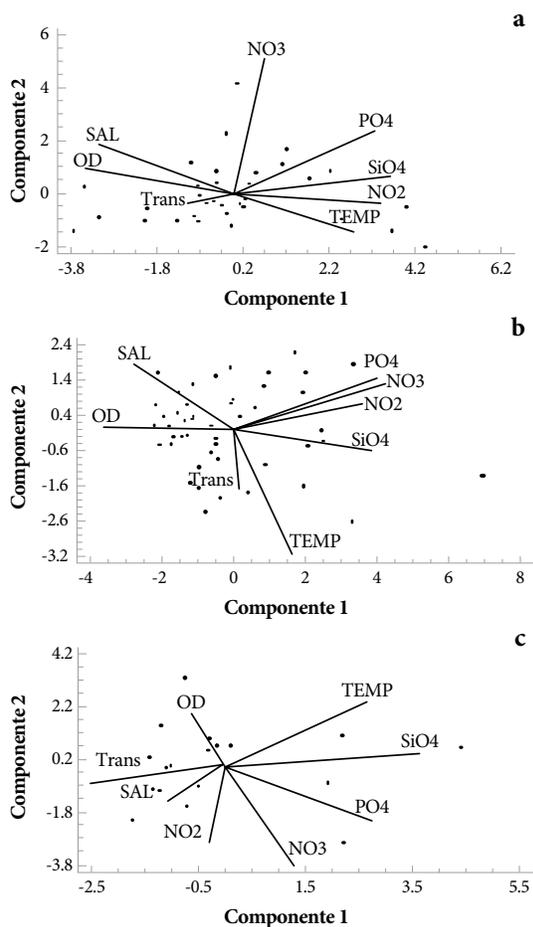


Figura 3. Proyección ortogonal de los dos primeros componentes del ACP de las variables hidrográficas en a) Zona del canal de Jambelí, b) Zona de intercambio marino-costero y c) Zona adyacente a Isla Puná, entre junio y diciembre de 2012.

Niveles tróficos

No se detectaron diferencias significativas mensuales en el nivel trófico en cada uno de los nutrientes, pero sí entre zonas ($p < 0,05$). Los valores promedio más elevados del índice trófico en nitrato y silicato se registraron en el área del canal Jambelí (zona A), de 3,7 y 4,9 respectivamente. Los menores registros se observaron en el área con mayor influencia oceánica (zona B), con un valor promedio en nitrato y silicato de 3,1 y 4,2 respectivamente considerándose un nivel mesotrófico. Con excepción de nitrato en el que el mayor nivel trófico se registró en la zona adyacente a la Isla Puná (zona C) considerada mesotrófica; solo en silicato superó el nivel 5 (eutrófico) para el canal Jambelí (Tabla 2; Figura 4).

No se detectaron diferencias significativas mensuales en el nivel trófico en cada uno de los nutrientes, pero sí entre zonas ($p < 0,05$). En el área del canal Jambelí (zona A) se registraron los valores promedio más elevados del índice trófico para todos los nutrientes. En la zona de intercambio marino costera (B), los valores obtenidos, fueron menores que en la anterior, en tanto que en los alrededores de la isla Puná (zona C), se observaron los menores registros (Tabla 2). Temporalmente, en junio y julio se detectaron elevados valores de índice trófico en silicato, los cuales fueron superiores a 5 en todas las zonas, sin embargo, a partir de agosto no superan valores de 4 (Figura 4).

Tabla 2. Índice trófico de Karydis por nutrientes en tres zonas de la provincia de El Oro entre junio y diciembre del 2012. Donde ITNO₂: índice trófico para nitrito, ITNO₃: índice trófico para nitrato; ITPO₄: índice trófico para fosfato y ITSio₄: índice trófico para silicato.

| Zona | ITNO ₂ | ITNO ₃ | ITPO ₄ | ITSio ₄ |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| A | 3,2 | 3,8 | 3,0 | 4,9 |
| B | 2,5 | 3,4 | 2,9 | 4,6 |
| C | 2,0 | 3,2 | 2,6 | 4,3 |

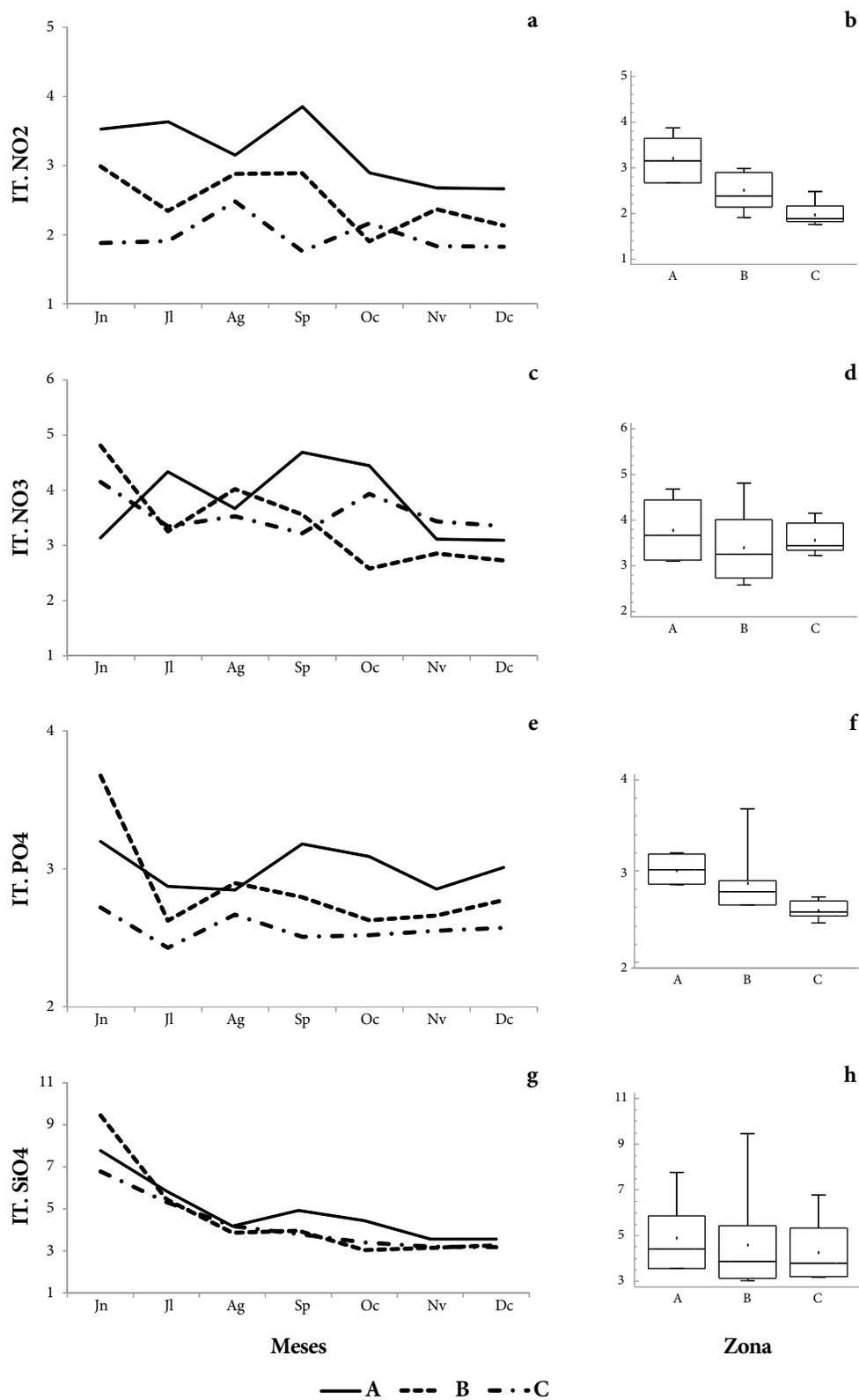


Figura 4. Variación mensual y por zonas del nivel trófico (Karydis) de a y b) nitrito, c y d) nitrato, e y f) fosfato, g y h) silicato, en la provincia de El Oro entre junio y diciembre del 2012.

Microfitoplancton

Se identificaron 183 especies distribuidas en 145 diatomeas (en mayor proporción del grupo Centricae), 33 dinoflagelados, tres silicoflagelados, tres cianobacterias y dos euglenophyceas (Anexo 1). Esta

estructura fue diferente para cada zona, registrándose el mayor número de especies en el canal de Jambelí (Zona A) y la menor en la aldeaña a Isla Puná (Zona C) (Tabla 3). Las diatomeas, además de constituir el grupo con mayor número de especies, también fue el más abundante.

Tabla 3. Distribución de los grupos funcionales del microfitoplancton por zona en la provincia de El Oro entre junio y diciembre del 2012.

| Grupo | Zona A | Zona B | Zona C |
|------------------|------------|------------|------------|
| Diatomeas | 133 | 129 | 84 |
| Dinoflagelados | 33 | 26 | 17 |
| Silicoflagelados | 3 | 3 | 3 |
| Cianobacterias | 3 | 3 | 1 |
| Euglenales | 3 | 2 | 0 |
| Total | 105 | 163 | 105 |

La abundancia promedio de microfitoplancton, no mostró diferencias significativas mensuales pero si entre zonas ($p < 0,05$) con el mayor registro en la zona B (Figura 5 a y b). La riqueza mostró comportamiento similar, con poca variabilidad mensual ($p > 0,05$)

y diferencias significativas por zonas, con mayor promedio en la zona B (Figura 5 c y d). Mientras que la equitatividad no mostró variación significativa ($p > 0,05$) mensual ni por zonas (Figura 5 e y f).

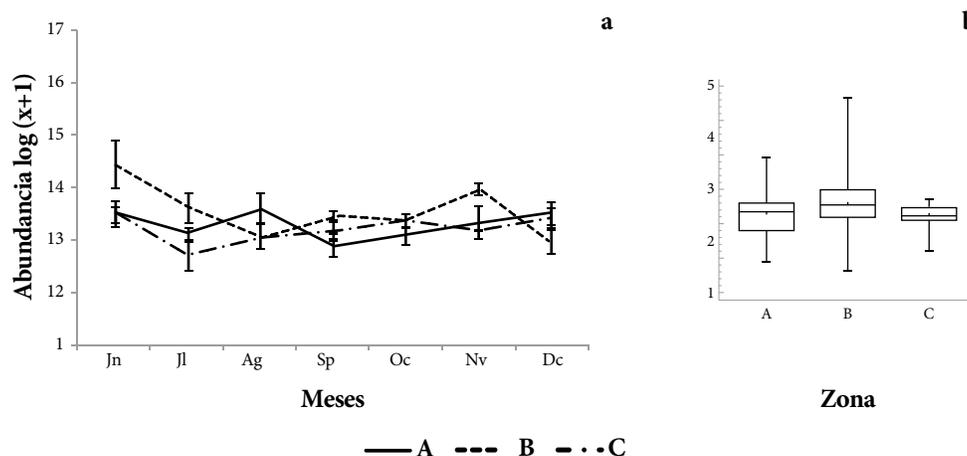
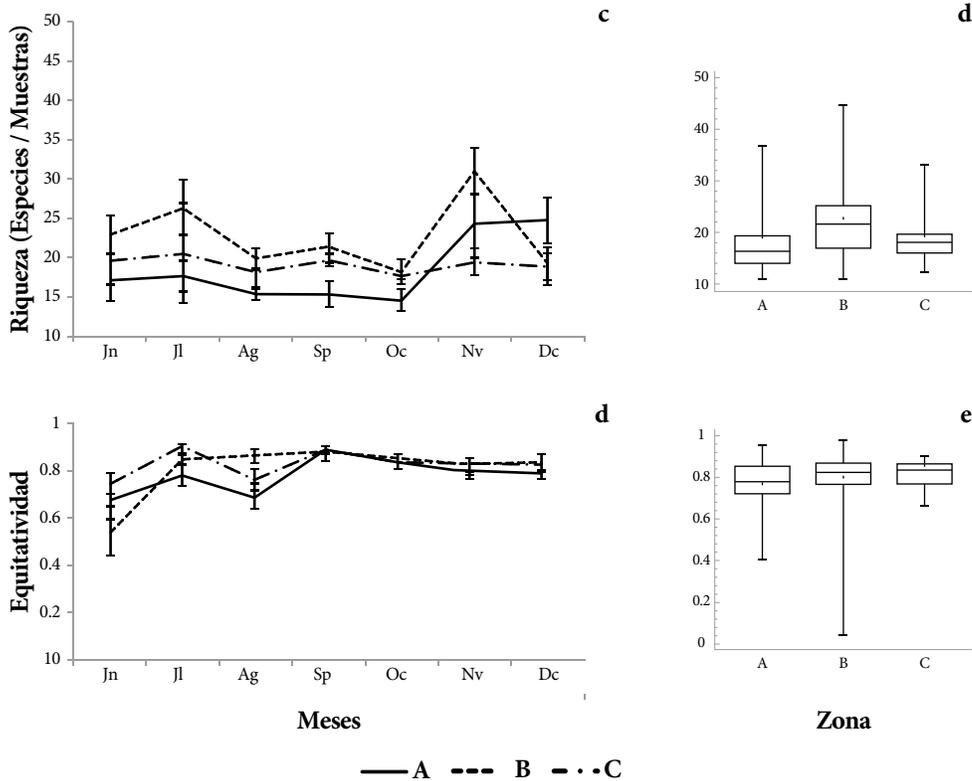


Figura 5. Variación mensual y por zonas de a y b) abundancia, c y d) riqueza, e y f) equitatividad del microfitoplancton en la provincia de El Oro entre junio y diciembre del 2012.



Cont. **Figura 5.** Variación mensual y por zonas de a y b) abundancia, c y d) riqueza, e y f) equitatividad del microfitoplancton en la provincia de El Oro entre junio y diciembre del 2012.

Los registros de diversidad mostraron similar comportamiento, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) mensuales. No obstante, se detectaron diferencias entre zonas ($p < 0,05$) con los menores registros en la

zona del canal de Jambelí (A) y los mayores en la zona B que corresponde al área de intercambio con aguas marino-costeras (Figura 6).

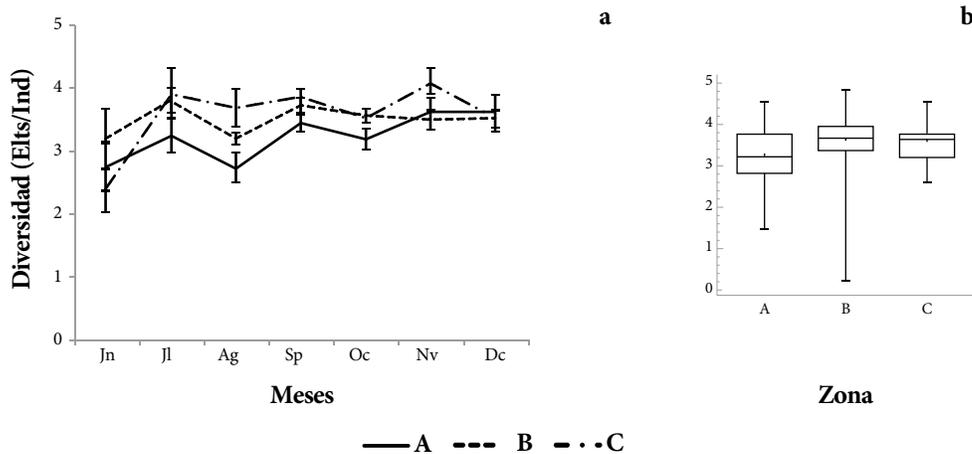
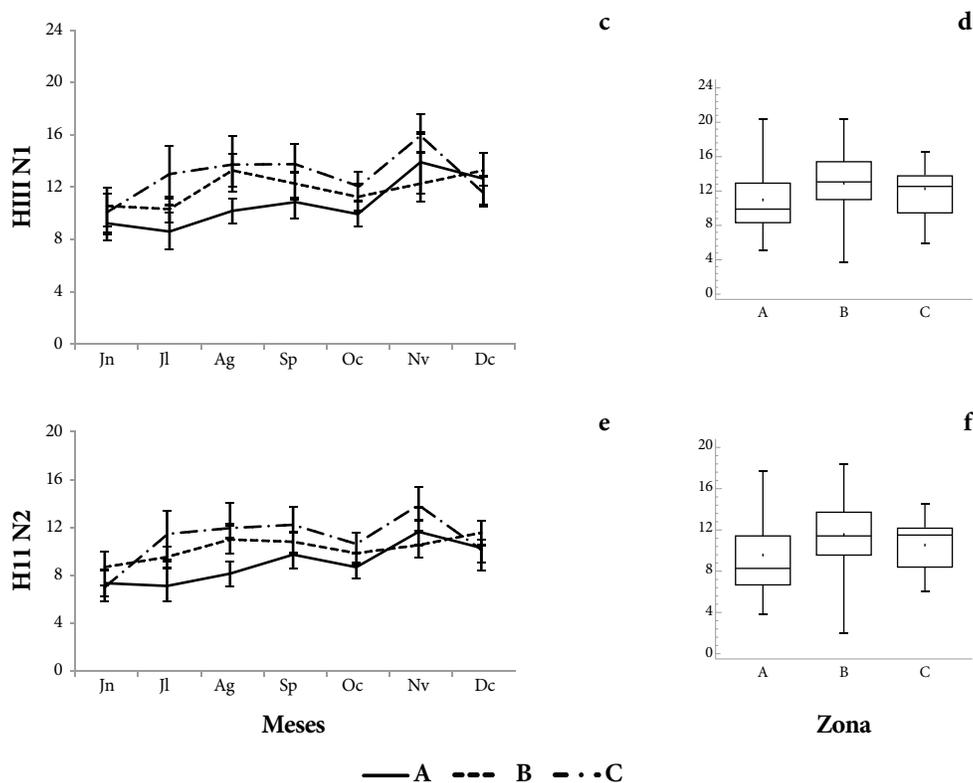


Figura 6. Variación mensual y por zonas de: a y b) diversidad de Shannon, c y d) Índice de Hill N1, e y f) Índice de Hill N2, del microfitoplancton en las zonas A, B y C de la provincia El Oro entre junio y diciembre del 2012.



Cont. **Figura 6.** Variación mensual y por zonas de: a y b) diversidad de Shannon, c y d) Índice de Hill N1, e y f) Índice de Hill N2, del microfitoplancton en las zonas A, B y C de la provincia El Oro entre junio y diciembre del 2012.

En la zona del canal de Jambelí, a través del Análisis de Redundancia (ADR) se observó en el componente 1 la correlación entre *Navicula transitrans*, *Paralia sulcata* y *Pleurosigma normanii* con nitrato, así como *Coscinodiscus oculus-iridis* con oxígeno disuelto y salinidad. Todos ellos, en relación inversa a *Pseudonitzschia delicatissima* que presentó baja relación con nitrito. En el eje 2 *Gyrodinium sp.*, se correlacionó con silicato y fosfato, en relación inversa con *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros decipiens* y *Nitzschia longissima* asociada con transparencia y temperatura (Figura 7).

En la zona de intercambio con aguas marino-costeras, en el componente 1, se correlacionó *P. delicatissima*

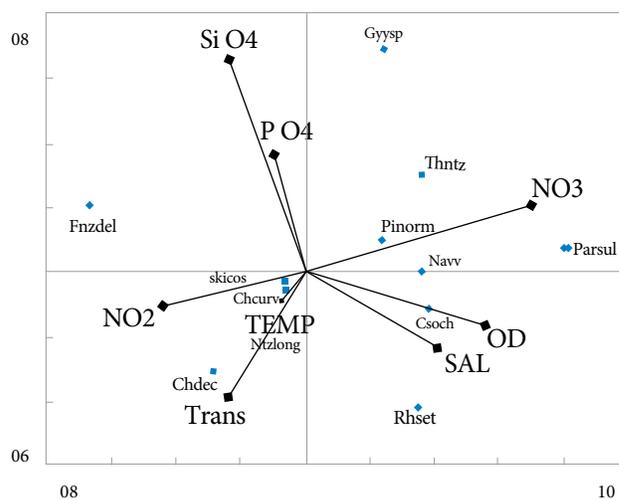


Figura 7. Proyección ortogonal de los dos primeros componentes del Análisis de Redundancia del microfitoplancton y variables hidrográficas en la zona A (Canal de Jambelí) frente a la provincia de El Oro, entre junio y diciembre del 2012.

con silicato, temperatura y fósforo, los cuales se presentaron en relación inversa a *Thalassiosira subtilis*, *N. longissima* y *R. settigera*. En el eje 2, *Leptocylindrus danicus* y *S. costatum* se correlacionaron con nitrato y transparencia, en relación inversa a *Rhizosolenia imbricata* correlacionada con salinidad y oxígeno disuelto (Figura 8).

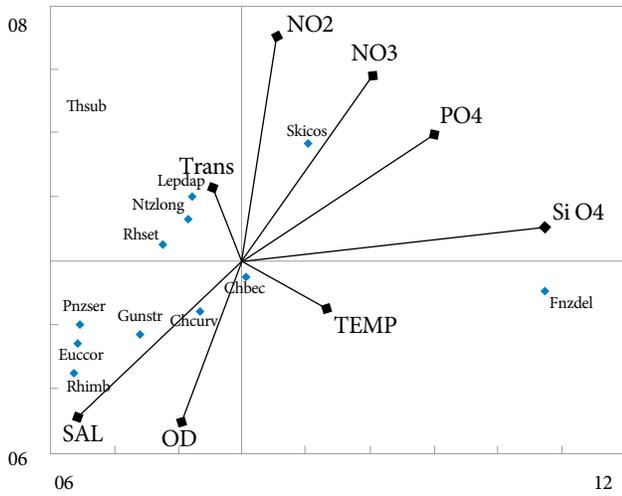


Figura 8. Proyección ortogonal de los dos primeros componentes del Análisis de Redundancia del microfitoplancton y variables hidrográficas en la zona de intercambio con aguas marino-costeras frente a la provincia de El Oro, entre junio y diciembre de 2012.

En la zona anexa a la Isla Puná (zona C), en el eje 1, se correlacionó *Gyrodinium sp.*, con fósforo, y *Chaetoceros decipiens*, *Coscinodiscus radiatus* con silicato y temperatura, en relación inversa a *Coscinodiscus sp.*, *T. subtilis*, *Thalassionema frauenfeldianum* asociados a la salinidad. En el componente 2 *Pleurosigma normanii*, *Navicula transitrans* y *N. longissima* asociadas en mayor grado a la transparencia del agua (Figura 9).

La estructura comunitaria del microfitoplancton por zonas fue analizada a través del índice de similaridad (Anosim), denotando que a pesar que existen diferencias importantes ($R: 0,253; p < 0,01$) entre las tres zonas, también hay muchas especies comunes para toda el área de estudio (Figura 10).

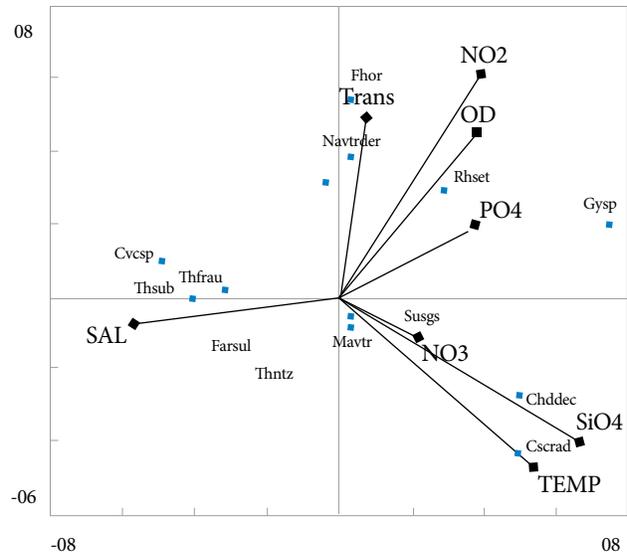


Figura 9. Proyección ortogonal de los dos primeros componentes del Análisis de Redundancia del microfitoplancton y variables hidrográficas en la zona C (isla Puná) frente a la provincia de El Oro, entre junio y diciembre del 2012.

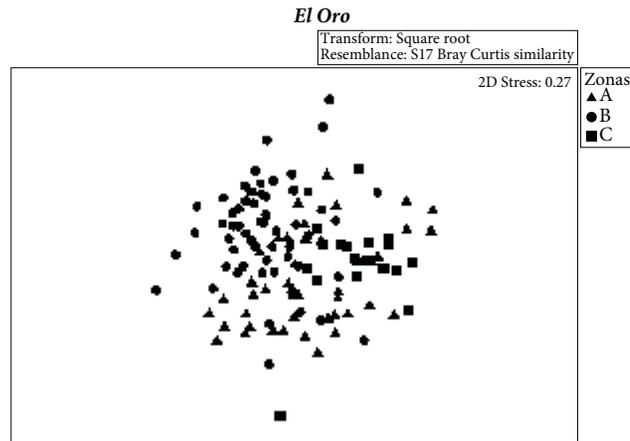


Figura 10. Diagrama MDS de la estructura comunitaria del microfitoplancton frente a la provincia de El Oro entre junio y diciembre del 2012.

Se registró variación en la abundancia de las especies, es así, que en la zona A se encontraron con mayor abundancia *N. longissima*, *S. costatum*, *P. delicatissima*; en la zona B fueron más abundantes las especies *P. delicatissima*, *Guinardia striata*, *L. danicus*, y *N. longissima* y finalmente en la zona C en mayor cantidad se registraron *Paralia sulcata*, *T. nitzschioides*, *S. costatum* y *N. longissima* (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del análisis de Simper del microfitoplancton en la zona costera frente a la provincia de El Oro durante la temporada seca de 2012. Donde Prom=promedio, % Contr=porcentaje de contribución, % Acum=porcentaje de acumulación.

| Zonas %Disimilaridad: 68 | A Prom | B Prom | %Contr | %Acum |
|--|-----------|-----------|--------|-------|
| <i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i> | 197,54 | 317,84 | 9,85 | 9,85 |
| <i>Nitzschia longissima</i> | 330,61 | 287,63 | 6,83 | 16,68 |
| <i>Guinardia striata</i> | 62,61 | 167,22 | 5,48 | 22,16 |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> | 30,18 | 171,13 | 5,45 | 27,61 |
| <i>Skeletonema costatum</i> | 171,34 | 125,71 | 5,43 | 33,03 |

| Zonas %Disimilaridad: 66 | A Prom | C Prom | %Contr | %Acum |
|--|-----------|-----------|--------|-------|
| <i>Paralia sulcata</i> | 71,1 | 306,06 | 9,54 | 9,54 |
| <i>Nitzschia longissima</i> | 330,61 | 207,28 | 8,1 | 17,64 |
| <i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i> | 197,54 | 18,9 | 6,66 | 24,3 |
| <i>Skeletonema costatum</i> | 171,34 | 173,96 | 5,17 | 29,46 |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | 81,96 | 185,5 | 4,94 | 34,41 |

| Zonas %Disimilaridad: 66 | B Prom | C Prom | %Contr | %Acum |
|--|-----------|-----------|--------|-------|
| <i>Paralia sulcata</i> | 33,44 | 306,06 | 9,06 | 9,06 |
| <i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i> | 317,84 | 18,9 | 8,17 | 17,23 |
| <i>Nitzschia longissima</i> | 287,63 | 207,28 | 6,33 | 23,56 |
| <i>Guinardia striata</i> | 167,22 | 52,61 | 4,93 | 28,49 |
| <i>Skeletonema costatum</i> | 125,71 | 173,96 | 4,83 | 33,32 |

Discusión

Al analizar el área de estudio por zonas, se determinó que los alrededores de la isla Jambelí (A), fue la zona más cálida, puesto que los promedios de temperatura fueron mayores en comparación con las otras zonas; esta variable y los nutrientes se correlacionaron significativamente, en especial el silicato que es un elemento conservativo (Day *et al.* 1989). Además se destaca la contribución de nitrito y fosfato en relación inversa al oxígeno disuelto, cuyas concentraciones fueron menores y que sirven de indicadores de actividad en los procesos biogeoquímicos en esa zona (Day *et al.* 1989; Van-Chu *et al.* 2014). Las variaciones en temperatura y salinidad, reflejan el intercambio entre masas de agua que resultan de la combinación entre los aportes fluviales y la zona costera adyacente en el área de estudio; estos intercambios son muy activos en ecosistemas con flujos de mareas significativos como ocurre en Ecuador (Fiedler y Talley 2006).

El gran aporte de nutrientes en esta zona, probablemente es de origen continental, proviniendo de actividades que realizan las poblaciones ubicadas en áreas costeras de las islas. Gualancañay *et al.* (2003), indicaron que la zona sur del golfo de Guayaquil, recibe una mayor carga de nutrientes, debido a la gran actividad agrícola y acuícola que se realiza en este sector. La isla Jambelí actualmente cuenta con aproximadamente 1500 habitantes que realizan diferentes actividades relacionadas principalmente al turismo (e.g. restaurantes, viviendas) y acuicultura (INEC 2013), con el consecuente vertido de aguas residuales sin tratar, directamente al mar.

La zona B, que es de intercambio entre las aguas marino-costeras, en la que se incluye los alrededores de la isla Santa Clara, registra la mayor oxigenación, salinidad y transparencia y menores concentraciones de nutrientes, notándose la influencia de aguas oceánicas que son más transparentes, así mismo, la correlación con el nitrato representa los procesos de oxidación de la zona costera adyacente, esto ha sido manifestado en varios estudios de la costa ecuatoriana, en los que se señala que la corriente de Humboldt, que se intensifica en la época seca, período en el que fue realizado este

estudio, proporciona una elevada carga de nitratos (Macías 1999).

En la zona C, adyacente a la isla Puná, el análisis multivariado determinó una alta correlación entre las concentraciones medias de silicato y fosfato con la menor temperatura y además con valores medios de transparencia. Por su parte el nitrato registró los valores más elevados del área de estudio, debido a la influencia marcada de la corriente de Humboldt, que es fría y rica en nutrientes (Silva *et al.* 2009; Echevin *et al.* 2016). A pesar de ello, el nitrato no constituyó una variable relevante en el análisis de datos, por lo que su presencia no habría sido determinante en esta zona.

Además de la presencia y disponibilidad de nutrientes, es fundamental considerar la luz como factor limitante en el crecimiento del microfitoplancton. En este sentido, aunque las tres áreas fueron turbias, la zona A presentó la menor transparencia (<1 m) durante todo el estudio; Pedersen *et al.* (2014) consideraron la baja transparencia como limitante para el desarrollo de la mayoría de las microalgas, sin embargo, las especies que dominaron como *S. costatum*, *P. sulcata* y *T. nitzschoides* son conocidas por proliferar en zonas con gradiente salino y en aquellas que están adaptadas a la intermitencia en la intensidad de la luz (Mitra *et al.* 2014).

En cuanto a los niveles tróficos, los valores detectados fueron inferiores a tres de acuerdo a la escala de Karydis (1992), para el caso de nitrito, nitrato y fosfato, con excepción del silicato, que en meses específicos como junio y julio superaron valores de 5 como producto del aporte fluvial al golfo de Guayaquil, sin embargo, en promedio este nutriente no supera los niveles de eutrofización en la zona estudiada. Además, la estructura microfitoplanctónica estuvo dominada por diatomeas en aproximadamente el 90 %, lo que es un claro indicativo de la buena calidad del agua y justificaría la disponibilidad de silicato, el cual juega un rol fundamental en la presencia y abundancia de este grupo funcional (Egge y Aksness 1992, Wasmund *et al.* 2013). Al respecto, Lancelot y Muylaert (2011) señalaron la importancia de la relación entre

silicato y fósforo en los estuarios y zonas adyacentes que proporcionan condiciones favorables para el crecimiento de diatomeas.

No se registró abundancia de especies de cianobacterias que son indicadoras de ambientes eutrofizados; sin embargo, es necesario considerar que en la zona A, los valores del índice trófico son mayores que las otras dos localidades, lo que podría ser indicativo de que en esta área la producción de materia orgánica es mayor.

Es importante señalar que en todas las estaciones, los muestreos se realizaron a una milla de la costa, en donde la influencia de las mareas es muy fuerte y por tanto determinante en la dilución de contaminantes orgánicos, sugiriéndose que el nivel trófico sería mayor en áreas cercanas al margen costero. En ese sentido Herrera-Silveira *et al.* (2004) manifiestan la necesidad de determinar el nivel trófico de localidades muy costeras, a distancias menores a una milla, para crear una base ambiental que permita establecer cambios espaciales y temporales del nivel trófico en sitios específicos y sobre todo en áreas de bahías y con poca circulación.

Al asociar las especies de mayor frecuencia con las variables hidrográficas, se detectó la correlación de *P. sulcata* con salinidad y silicato en las zonas de Puná y Jambelí, excepto en el área de intercambio con la zona costera anexa, donde destacaron especies de áreas marino-costeras para Ecuador como *G. striata*, *P. seriata* y *L. danicus* (Coello y Prado 1999).

Al medir la respuesta de la comunidad ante variaciones ambientales, se observaron diferencias significativas entre zonas, registrándose una menor diversidad en la zona A, adyacente a la isla Jambelí. Las especies que dominan en áreas de baja diversidad, son resistentes a estresores (Muylaert *et al.* 2009), y en el área de estudio fueron *S. costatum*, *P. sulcata*, *T. nitzschoides* y *N. longissima* que son organismos de alta tolerancia a cambios de salinidad, lo que las promueven sobre el resto de la comunidad a una alta abundancia, originando menor diversidad (Duarte *et al.*, 2006).

Los Análisis de Redundancia mostraron correlación

significativa de todas las zonas en el primer componente; en la zona A, la relación entre altos valores de nutrientes y los menores registros de salinidad y oxígeno disuelto sugieren actividad en los procesos biogeoquímicos por los aportes fluviales (Howarth *et al.* 2011). Al respecto se ha señalado el papel del silicato al promover el crecimiento de diatomeas del grupo r-estrategas, es decir aquellas que tienen corto tiempo de vida, alta tasa de reproducción y adaptación a variaciones ambientales, como *P. sulcata* y *S. costatum*, forman parte del proceso de eutrofización y como consecuencia se pueden producir bajos valores en las concentraciones de oxígeno disuelto (Officer y Ryther 1980). En ese sentido, es importante señalar que los muestreos fueron diurnos; no obstante, en ambientes estuarinos, en horas de la madrugada se pueden alcanzar valores inferiores a 1 mg/L (Sawabini *et al.* 2015).

Se registraron diferencias estructurales en la comunidad, con mayor heterogeneidad en la zona A, debido posiblemente a la interacción entre las aguas del golfo de Guayaquil y la zona costera adyacente que, durante la temporada seca, tiene influencia marcada de la corriente de Humboldt (Prado *et al.* 2015). En ese sentido, se pudo establecer la contribución de especies relevantes, mostrando una clara diferenciación entre las diatomeas indicadoras de aguas costeras con las especies halotolerantes como *P. sulcata*, *S. costatum*, *N. longissima* y *T. nitzschoides* caracterizadas por tener frústulos gruesos. En tanto, que en la zona B, se presentaron *P. delicatissima*, *G. striata* y *C. curvisetus* que son especies con frústulos delgados y típicas de aguas marino costeras (Dira *et al.* 2014). Mientras que en la zona C (mas interna las especies representativas *P. sulcata*, *T. nitzschoides* y *S. costatum* son especies eurihalinas y características de ambientes estuarinos (Van Chu *et al.* 2014).

Las especies *S. costatum*, *P. sulcata*, *T. nitzschoides* entre otras, han sido asociadas a procesos de eutrofización de ambientes estuarinos y costeros tropicales (Tas *et al.* 2009, Guo *et al.* 2014) por lo que se debe hacer seguimiento de la abundancia y distribución espacial y temporal para poder utilizarlas como indicadoras.

Otro aspecto que se debe considerar, es que la zona de estudio, tiene un margen costero con manglares, que puede jugar un papel importante en los ciclos biogeoquímicos de la zona, funcionando como filtros ante el flujo de nutrientes (Molnar *et al.* 2013, Herbeck *et al.* 2014) por lo que su presencia es fundamental para la salud del ecosistema.

En general, se pudo establecer que de acuerdo a los valores de nivel trófico obtenido, la zona costera del golfo de Guayaquil, a una milla de distancia frente a la provincia de El Oro, es mesotrófica, no alcanzando niveles de eutrofización. Sin embargo, existen diferencias hidrográficas importantes entre zonas dentro del área estudiada, que se refleja en la estructura comunitaria del microfitoplancton y en los valores del índice trófico, el cual fue mayor en la zona A, lo que evidenciaría una mayor influencia de las actividades humanas en la isla Jambelí.

La utilidad de aplicar índices es que si se prueba que funciona en ecosistemas costeros y estuarinos, puede usarse como herramienta para los gestores ambientales en los ámbitos costeros. Por ello se puede dar como ejemplo la utilización del índice Trix (multivariado) propuesto por Vollenweider (1992) y que se aplica en algunos países europeos. El índice Karydis, utilizado en esta zona del golfo de Guayaquil, constituye un aporte a la necesidad de establecer índices y probar su sensibilidad a nivel tropical. Al respecto, las variables para la detección de la calidad del agua son variadas y se pueden enumerar más de 300 a nivel global (Birk *et al.* 2012) y detectar los procesos de eutrofización debido al incremento de las actividades antropogénicas.

Por otra parte, es necesario señalar que, el presente estudio se realizó en la temporada seca por lo que se sugiere determinar los cambios estacionales en el estado trófico y de ser posible generar proyectos que incluyan la variabilidad interanual.

Se recomienda realizar estudios en un área más cercana al margen continental en donde se involucre a los manglares en el área de estudio, puesto que la vegetación juega un papel importante en la filtración y asimilación de contaminantes procedentes de las

escorrentías en tierras altas, además de mejorar la calidad del agua, por lo cual es posible que la presencia de ellos haya sido determinante para que no existan niveles de eutrofización, especialmente en la isla Jambelí donde hay una gran influencia turística.

Agradecimientos

Agradecemos a Willan Revelo, Director del Instituto Nacional de Pesca (INP) por el apoyo al desarrollo del presente trabajo, a Nikita Gaibor por su colaboración en la revisión de la versión preliminar y a Mario Hurtado por la elaboración del mapa de este manuscrito. Este trabajo fue realizado con datos del proyecto “Condiciones biológica-pesqueras y artes de pesca en la franja marino costera dentro la primera milla náutica de la costa ecuatoriana”, del INP, el cual fue financiado por la Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia Tecnología e Innovación (SENESCYT) de Ecuador.

Bibliografía

- Bérnard-Therriault, L., Poulin, M., & Bossé, L. 1999. Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Incluant également certains protozoaires: Ottawa, Canada, CNRCNRC, Publication Espéciale Canadienne des Sciences Halieutiques et Aquatiques, 128. 387 pp.
- Betancourt-Portela, J., Sanchez-Díaz, J., Mejía-Ladino, L., Cantera-Kintz, J. 2011. Calidad de las aguas superficiales de bahía Málaga, pacífico colombiano. *Acta Biológica Colombiana* 16 (2):175-192.
- Birk, S., Bonne, W., Borja, A., Brucet, S., Courrat, A., Poikane, S. y Hering, D. 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: an almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* 18: 31-41.
- Borja, A. y D. M. Dauer. 2008. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: comparing methodologies and indices. *Ecological Indices* 8: 331– 337.
- Boyer, J., J. Fourqrean y R. Jones. 1997. Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: zones of similar influence *Estuaries* 20 (4): 743-758.
- Cajas, de L., D. Coello y C. Domínguez. 1998. Comunidades del fitoplancton y zooplancton en el estuario interior del Golfo de Guayaquil. En: Comportamiento temporal y espacial de las características físicas, químicas y biológicas del Golfo de Guayaquil y sus afluentes Daule y Babahoyo entre 1994-1996. *Boletín Especial del Instituto Nacional de Pesca* 1: 261-284.
- Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-369.

- Chao, A., N. J. Gotelli, T. C. Hsieh, E. L. Sander, K. H. Ma, R. K. Colwell, y A. M. Ellison. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84:45-67.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analyses and interpretation, 2nd ed. Primer-E, Plymouth, UK. 120 pp.
- Cleve, A. 1951. Die diatomeen von Schweden and Finnland. Alqunvist and wikselle boktrycheri A.S. Stockhlm, Sweden. Couvering, J. (ed). Sheridan Press. Hanover, Pensylvania, USA. 251 pp.
- Cloern, J. E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series* 210: 223-253.
- Coello, D. y M. Prado. Variabilidad del fitoplancton y microzooplancton frente a la costa ecuatoriana durante 1995-1999. En: Características oceanográficas y pesqueras en el Ecuador durante 1994-1999. *Instituto Nacional de Pesca, Boletín Especial* 1: 72-108.
- Cucalón, E. 1996. Primera parte: Oceanografía y sistemas físicos. En: Sistemas biofísicos en el Golfo de Guayaquil. *Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República del Ecuador* 1: 7-109.
- Cupp, E. 1943. Marine plankton of the west North America. Bulletin Scripps Institute of Oceanography. *Technical Service* 5:1-238.
- Day, J., Ch. Hall, M. Kemp y A. Yañez-Arancibia. 1989. Estuarine Ecology. New York. John Willey y Sons. 554 pp.
- Drira, Z., J. Elloumi, W. Guermazi, M. B. Hassen, A. Hamza y H. Ayadi, 2014. Seasonal changes on planktonic diatom communities along an inshore-offshore gradient in the Gulf of Gabes Tunisia. *Acta Ecologica Sinica* 34:34-43.
- Duarte, P., M. Macedo y L. Cancela da Fonseca. 2006. The relationship between phytoplankton diversity and community function in a coastal lagoon. *Hydrobiologia* 55:3-18.
- Echevin, V., A. Albert, M. Lévy, M. Graco, O. Aumont, A. Piétri y G. Garric. 2014. Intraseasonal variability of nearshore productivity in the Northern Humboldt Current System: The role of coastal trapped waves. *Continental Shelf Research* 73: 14-30.
- Egge, J. K. y D. L. Aksness. 1992. Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Marine Ecology Progress Series* 832: 281-289.
- Fiedler, P. y L. Talley. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 143-180.
- Flynn, K. J., D. R. Clark, A. Mitra, H. Fabian, P. J. Hansen, P. M. Glibert y C. Brownlee. 2015. Ocean acidification with de eutrophication will alter future phytoplankton growth and succession. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 2821804: 2014-2604.
- Garmendia, M., A. Borja, J. Franco y M. Revilla. 2013. Phytoplankton composition indicators for the assessment of eutrophication in marine waters: present state and challenges within the European directives. *Marine Pollution Bulletin* 66:1: 7-16.
- Gualancañay, E., M. E. Tapia y C. Naranjo. 2003. Composición y variación estacional del fitoplancton, zooplancton y microbentos, en el estuario interior del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 121: 103-128.
- Guo, P. Y., H. T. Shen y J. H. Wang. 2014. Species diversity, community structure and distribution of phytoplankton in the Changjiang estuary during dry and flood periods. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 94 (03): 459-472.
- Hasle, G. 1978. The inverted microscope method. En: Sournia (Ed). *Phytoplankton manual*. SCOR-UNESCO. Paris, Francia. 344 pp.
- Herbeck, L. S., M. Sollich, D. Unger, M. Holmer y T. Jennerjahn. 2014. Impact of pond aquaculture effluents on seagrass performance in NE Hainan, tropical China. *Marine Pollution Bulletin* 85 (1): 190-203.
- Herrera-Silveira, J., F. Comín, N. Aranda-Cyrerol, L. Troccoli, L. Capurro. 2004. Coastal water quality assessment in the Yucatan Peninsula: management and implications. *Ocean y Coastal Management* 47: 625-639.
- Howarth, R., F. Chan, D. J. Conley, J. Garnier, S. C. Doney, R. Marinoy G. Billen. 2011. Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9:1: 18-26.
- INEC. 2013. Anuario estadístico 2013. Gobierno de Ecuador. 1-40.
- Jiménez, R. 1983. Diatomeas y Silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 22: 193-281.
- Johnson, R. y D. Wichern. 1992. Applied multivariate statistical analysis. New Jersey. USA. Prentice-Hall Int. 3th ed. 312 pp.
- Karydis, M., Ignatiades, L. y Moschopoulou, N. 1983. An Index associated with Nutrient Eutrophication in the Marine Environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 16: 339-344
- Karydis, M. 1992. Scaling methods in assessing environmental quality and methodological approach to eutrophication. *Environmental Monitoring Assessment* 22:123-136.
- Krebs, C. 1999. Ecological methodology. California: Benjamin/Cumming. 760 pp.
- Lancelot, C. y K. Muylaert. 2011. Trends in estuarine phytoplankton ecology. *Treatise Estuarine and Coastal Shelf Science* 7 (2): 5-15.
- Legendre, P. y L. Legendre. 1998. Numerical Ecology. Amsterdam: Elsevier. 870 pp.
- Livingston, R. 2003. Trophic organization in coastal systems. Boca Raton. Fla. CRC Press. 418 pp.
- Macías, P. 1999. Condiciones hidroquímicas frente al Ecuador en el período 1995-1999. *Boletín Especial INP* 1: 39-71.
- Medina-Gómez, I. y J. A. Herrera-Silveira. 2003. Spatial characterization of water quality in a karstic coastal lagoon without anthropogenic disturbance: A multivariate approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58:3: 455-465.
- Mitra, A., S. Zaman, S. Sett, A. K. Raha y K. Banerjee. 2014. Phytoplankton cell volume and diversity in Indian Sundarbans. *International Journal of Marine Science* 43: 208-215.
- Molnar, N., D. T. Welsh, C. Marchand, J. Deborde y T. Meziane, T. 2013. Impacts of shrimp farm effluent on water quality, benthic metabolism and N-dynamics in a mangrove forest (New Caledonia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 117: 12-21.
- Muylaert, K., K. Sabbe, y W. Vyerman. 2009. Changes in phytoplankton diversity and community composition along the

- salinity gradient of the Schelte estuary Belgium/The Netherlands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82: 335–340.
- Nixon, S.W. 1995. Coastal eutrophication: A definition, social causes, and future concerns. *Ophelia* 41: 199-220.
- Officer, C. y H. Ryther. 1980. The possible importance of silicon in marine eutrophication. *Marine Ecology Progress Series* 3: 83-91.
- Parsons, T., Y. Maita y C. Lally. 1984. A manual of chemical and biological methods of seawater analysis. Oxford Pergamon Press. 173 pp.
- Pedersen, T. M., Sand-Jensen, K., Markager, S., y Nielsen, S. L. 2014. Optical changes in a eutrophic estuary during reduced nutrient loadings. *Estuaries and Coasts* 37 (4): 880-892.
- Prado, M., L. Troccoli y E. Moncayo. 2015. Cambios estructurales del microfitoplancton en la zona costera de la provincia El Oro-Ecuador en temporada seca. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 54 (2): 139-152.
- Sawabini, A. M., Schlezinger, D. R., Sundermeyer, M. A., y Howes, B. L. 2015. Regional forcing by light on dissolved oxygen levels in shallow temperate estuaries. *Estuaries and Coasts* 38 (3): 1062-1076.
- Sheskin, D. 2004. Parametric and nonparametric statistical procedures. Boca Raton, Fla. Chapman y Hall. 423 pp.
- Schiller, J. 1971. Dinoflagellate (Peridinae) in monographischer Behandlung. 2 Teil. Kriptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York. 316 pp.
- Silva, N., Rojas, N. y Fedele, A. 2009. Water masses in the Humboldt Current System: Properties, distribution, and the nitrate deficit as a chemical water mass tracer for Equatorial Subsurface Water off Chile. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 56 (16): 1004-1020.
- Tapia-Gonzalez, F., J. Herrera-Silveira y L. Aguirre-Macedo. 2008. Water quality variability and eutrophic trends in karstic tropical coastal lagoons of the Yucatan Peninsula. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76: 418-430.
- Tas, S., I. N. Yilmaz, E. Okus. 2009. Phytoplankton as an indicator of improving water quality in the Golden Horn Estuary. *Estuaries and Coasts* 32 (6): 1205-1224.
- ter Braak, C. y P. Verdonschot. 1995. Canonical Correspondence Analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Science* 57: 255–289.
- Tomas, C. 1997. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, New York, USA. 265 pp.
- Tsirtsis, G. y M. Karydis. 1998. Evaluation of phytoplankton community indices for detecting eutrophic trends in the marine environment. *Environmental Monitoring Assessment* 50: 255–269.
- Turcios, A. E. y J. Papenbrock. 2014. Sustainable treatment of aquaculture effluents -what can we learn from the past for the future? *Sustainability* 6 (2): 836-856.
- Twilley, R. R., W. Cárdenas, V. H. Rivera-Monroy, J. Espinoza, R. Suescum, M. M. Armijos y L. Solórzano. 2001. The Gulf of Guayaquil and the Guayas river estuary, Ecuador. Pp. 245-263. In: Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Springer Berlin Heidelberg.
- Van-Chu, T., Torreton, J. P., Mari, X., Nguyen, H. M. T., Pham, K. T., Bouvier, T y Rochelle-Newall, E. 2014. Nutrient ratios and the complex structure of phytoplankton communities in a highly turbid estuary of Southeast Asia. *Environmental monitoring and assessment*. 186(12): 8555-8572.
- Vollenweider, R. A. 1992. Coastal marine eutrophication: principles and control. In: Vollenweider, R. A., R. Marchetti, R. Viviani (Eds). Marine Coastal Eutrophication. The Response of Marine Transitional Systems to Human Impact: Problems and Perspectives Coastal Eutrophication. Problems and Perspectives for Restoration. Science of the Total Environment Supplement.
- Wasmund, N., G. Naush y R. Feistel. 2013. Silicate consumption: an indicator for long-term trends in spring diatom development in the Baltic Sea. *Journal of Plankton Research* 35 (2): 393-406.
- Zar, J. 1996. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. New Jersey. USA.940 pp.

Anexo 1. Listado de especies del Microfitoplancton identificado frente a la Provincia EL Oro entre junio y diciembre del 2012.

DIATOMEAS PENNADAS

Achnanthes sp.

Amphora ovalis (Kützing) Kützing

Amphora sp.

Asterionellopsis glacialis (Castracane) F. E. Round

Asterionellopsis kariana (Grunow) F. E. Round

Bacillaria paxillifer (O.F.Müller) Hendey CC

Climacosphenia moniligera Ehrenberg

Cocconeis placentula Ehrenberg

Cocconeis sp.

Cylindrotheca closterium (Ehrenberg)

Diploneis bombus Ehrenberg

Diploneis bombus var. *bombiformis* (Cleve) Hustedt

Diploneis sp.

Diploneis splendida Cleve

Entomoneis alata (Ehrenberg) Ehrenberg

Fragilariopsis doliolus (Wallich) Medlin & Sims

Gyrosigma balticum (Ehrenberg) Rabenhorst

Gyrosigma fasciola (Ehrenberg) J. W. Griffith & Henfrey

Lioloma delicatulum (Cupp) Hasle

Lioloma pacificum (Cupp) Hasle

Navicula brasiliensis Grunow

Navicula cruciculoides C. Brockmann

Navicula directa (W. Smith) Ralfs

Navicula distans (W. Smith) Ralfs

Navicula exigua (Gregory) Grunow

Navicula lanceolata Ehrenberg

Navicula sp.

Navicula transitrans var. *derasa* (Grunow) Cleve

Navicula transitrans var. *derasa* f. *delicatula* Heimdal

Nitzschia acicularis (Kützing) W. Smith

Nitzschia bicapitata Cleve

Nitzschia cf. *sigma*
Nitzschia longissima (Brébisson) Ralfs
Nitzschia navicularis (Brébisson ex Kutzing) Grunow
Nitzschia obtusa W. Smith
Nitzschia pacifica Cupp
Nitzschia palea (Kutzing) W. Smith
Nitzschia recta Hantzsch ex Rabenhorst
Nitzschia sigma (Kutzing) W. Smith
Nitzschia sp.
Placoneis gastrum (Ehrenberg) Mereschkovsky
Pleurosigma acuminatum (Kutzing) Grunow
Pleurosigma angulatum (Queckett) W. Smith
Pleurosigma angulatum var. *genuinum* (Queckett) W. Smith
Pleurosigma delicatulum W. Smith
Pleurosigma elongatum W. Smith
Pleurosigma nicobaricum Grunow
Pleurosigma normanii Ralfs
Pleurosigma sp.
Pseudo-nitzschia cf. *delicatissima*
Pseudo-nitzschia pungens (Grunow ex Cleve) Hasle
Pseudo-nitzschia seriata Cleve
Thalassionema frauenfeldii (Grunow) Hallegraeff
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkovsky
Ulnaria ulna (Nitzsch) P. Compere

DIATOMEAS CENTRICAS

Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg
Bacteriastrum delicatulum Cleve
Bacteriastrum furcatum Shadbolt
Bacteriastrum hyalinum Lauder
Biddulphia alternans (J. W. Bailey) Van Heurck
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendeny
Chaetoceros affinis Lauder
Chaetoceros borealis Bailey
Chaetoceros brevis F. Schütt
Chaetoceros coarctatus Lauder
Chaetoceros compressus Lauder
Chaetoceros curvisetus Cleve
Chaetoceros debilis Cleve
Chaetoceros decipiens Cleve
Chaetoceros denticulatus Lauder
Chaetoceros didymus Ehrenberg
Chaetoceros didymus var. *protuberans* (H. S. Lauder)
Chaetoceros eibenii Grunow in Van Heurck
Chaetoceros lacinosus Schütt
Chaetoceros laevis G. Leuduger-Fortmorel
Chaetoceros lorenzianus Grunow
Chaetoceros pendulus Karsten
Chaetoceros peruvianus Brightwell
Chaetoceros radicans Schütt
Chaetoceros socialis H. S. Lauder
Chaetoceros sp.
Chaetoceros teres Cleve
Chaetoceros tortissimus Gran
Coscinodiscus asteromphalus Ehrenberg
Coscinodiscus centralis Ehrenberg
Coscinodiscus concinnus W. Smith
Coscinodiscus curvatulus Grunow ex A. Schmidt
Coscinodiscus granii Gough
Coscinodiscus marginatus Ehrenberg
Coscinodiscus oculus-iridis (Ehrenberg) Ehrenberg
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg
Coscinodiscus sp.

Coscinodiscus wailesii Gran y Angst
Cyclotella bodanica Eulenstein ex Grunow
Cyclotella comta (Ehrenberg) Kützing
Cyclotella meneghiniana Kützing
Cyclotella sp.
Cyclotella striata (Kutzing) Grunow
Dactyliosolen fragilissimus (Bergon) Hasle
Dactyliosolen phuketensis G. R. Hasle
Detonula pumila (Castracane) Gran
Ditylum brightwellii (T. West) Grunow
Eucampia cornuta (Cleve) Grunow
Eucampia zodiacus Ehrenberg
Guinardia cylindrus (Cleve) Hasle
Guinardia flaccida (Castracane) H. Peragallo
Guinardia striata (Stolterfoth) Hasle y Syvertsen
Hemiaulus hauckii Grunow ex Van Heurck
Hemiaulus indicus Karsten
Hemiaulus membranaceus Cleve
Hemiaulus sinensis Greville
Lauderia annulata Cleve
Leptocylindrus danicus Cleve
Leptocylindrus mediterraneus (H. Peragallo) Hasle
Leptocylindrus minimus Gran
Lithodesmium undulatum Ehrenberg
Melosira moniliformis (O. F. Muller) C. Agardh
Odontella aurita (Lyngbye) C. Agardh
Odontella dubia (Brightwell) Cleve
Odontella longicruris (Greville) Hoban
Odontella mobiliensis (Bailey) Grunow
Odontella sinensis (Greville) Grunow
Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve
Planktoniella sol (Wallich) Schutt
Proboscia alata (Brightwell) Sundström
Pseudosolenia calcar-avis (Schutze)
Rhizosolenia bergonii H. Peragallo
Rhizosolenia hebetata J. W. Bailey
Rhizosolenia hyalina Ostefeld
Rhizosolenia imbricata Brightwell
Rhizosolenia ostefeldii B. G. Sundstrom
Rhizosolenia robusta G. Norman ex Ralfs
Rhizosolenia setigera Brightwell
Rhizosolenia styliformis Brightwell
Skeletonema costatum (Greville) Cleve
Stephanopyxis palmeriana (Greville) Grunow
Stephanopyxis turris (Greville) Ralfs
Thalassiosira angulata (W. Gregory) Hasle
Thalassiosira eccentrica (Ehrenberg) Cleve
Thalassiosira lineata Jousé
Thalassiosira sp.
Thalassiosira subtilis (Ostefeld) Gran

CYANOBACTERIAS

Anabaena sp.
Leptolyngbya sp.
Oscillatoria sp.

DINOFLAGELADOS

Ceratium dens Ostefeld & Schmidt
Ceratium falcatiforme E. G. Jorgensen
Ceratium furca (Ehrenberg)
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve
Ceratium massiliense (Gourret)

Ceratium teres Kofoid
Corythodinium sp.
Dinophysis acuminata Claparede
Dinophysis caudata Saville-Kent
Diplopelta asymmetrica (Mangin) Balech
Gonyaulax polyedra Stein
Gonyaulax polygramma Stein
Gonyaulax sp.
Gymnodinium catenatum Graham
Gyrodinium sp.
Gyrodinium spirale Kofoid & Swezy
Noctiluca scintillans Kofoid & Swezy
Ornithocercus sp.
Ornithocercus steinii Schutt
Oxyphysis oxytoxoides Kofoid
Oxytoxum sp.
Prorocentrum gracile Schutt
Prorocentrum micans Ehrenberg
Protoperidinium conicum (Gran) Balech

Protoperidinium depressum (Bailey) Balech
Protoperidinium elegans (Cleve) Balech
Protoperidinium latispinum (Mangin) Balech
Protoperidinium pentagonum (Gran) Balech
Protoperidinium sp.
Protoperidinium spirale (Gaarder) Balech

DINOFLAGELADOS

Pyrocystis noctiluca Murray ex Haeckel
Pyrophacus steinii (Schiller) Wall & Dale

EUGLENOPHYTA

Phacus sp.
Phacus suecicus Lemmermann

SILICOFLAGELADOS

Dictyocha fibula Ehrenberg
Ebria antiqua var. *simplex* Schultze
Octactis octonaria (Ehrenberg) Hovasse

Luis Troccoli-Ghinaglia
 Instituto Nacional de Pesca
 Guayaquil, Ecuador
luis.troccoli@gmail.com

Mónica Prado-España
 Instituto Nacional de Pesca
 Guayaquil, Ecuador
mprado@institutopesca.gob.ec

Estado trófico y estructura comunitaria del microfitoplancton en un sector del golfo de Guayaquil, Ecuador

Citación del artículo: Troccoli-Ghinaglia, L. y M. Prado España. 2017. Estado trófico y estructura comunitaria del microfitoplancton en un sector del golfo de Guayaquil, Ecuador. *Biota Colombiana* 18 (2): 145 – 163. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a09.

Recibido: 31 de octubre de 2016

Aprobado: 03 de agosto de 2017

Biodiversidad de simúlidos (Diptera: Simuliidae) de Colombia: estado del conocimiento

Biodiversity of Blackflies (Diptera: Simuliidae) in Colombia: state of knowledge

Ligia I. Moncada-Álvarez, Luz A. Cuadrado-Argel y Gabriel A. Pinilla-Agudelo

Resumen

Se hace una revisión de especies de la familia Simuliidae reportadas en Colombia, se consultaron bases de datos, publicaciones con los descriptores Colombia y Simuliidae y descripciones de especies. Se encontró que el país posee una alta riqueza del grupo, se han reportado 20 especies pertenecientes al género *Gigantodax* y 54 al género *Simulium*. Esta riqueza se puede explicar por la variedad de ecosistemas que se encuentran a lo largo del territorio, debido a la presencia de las tres cordilleras y de diferentes sistemas acuáticos continentales, lo que ofrece diversos hábitats para el desarrollo de estos insectos. El género *Gigantodax* está presente en regiones con altitudes superiores a los 1300 m s.n.m. Se resalta la presencia de especies que solo han sido descritas para el país y el posible aumento de la diversidad, proporcionalmente con el número de hábitats muestreados, ya que se pueden compartir especies que se han informado en los países vecinos, como Venezuela, Ecuador, Panamá y Brasil. En el caso del subgénero *Psilopelmia*, Colombia posee 74 % de las especies descritas del grupo *Bicoloratum*. Comparando la proporción de la riqueza en relación al área del país, Colombia superaría en riqueza a países como Brazil y los países Bolivarianos.

Palabras clave. Ambientes lóticos. Dermatitis. Jejenes. Salud pública. Vectores.

Abstract

A review of reported species of blackflies (family Simuliidae) in Colombia was made undertaken the consultation of databases, publications with “Colombia” and “Simuliidae” keywords, and species descriptions. A high species richness for the country was found, for 20 species from the genus *Gigantodax* and 54 species of *Simulium* were found to be reported for the country. Such richness may be explained due to the variety of ecosystems present in the territory as a result of the presence of three mountain ranges and a diversity of aquatic continental systems. This ecosystem variety translates into a diversity of habitats for blackflies. Species of *Gigantodax* genus occur above 1,300 m a.s.l. It must be highlighted that this genus contains several endemic species, and there will probably be an increase in species richness as more locations are sampled. In fact, some species may be shared with neighboring countries such as Venezuela, Ecuador, Panama, and Brazil. In the case of the subgenus *Psilopelmia*, 74% of described species in the *Bicoloratum* group are found in Colombia. If species richness for blackflies is corrected by area, Colombia’s richness may even surpass that of countries such as Brazil, Venezuela, Panama, Peru, and Ecuador.

Key words. Dermatitis. Lotic environments. Public health. Transmission of pathogen agents.

Introducción

Los insectos de la familia Simuliidae son importantes en salud humana y animal por ser vectores de varios agentes patógenos para el hombre (Tidwell *et al.* 1980a, b, c) y para los animales vertebrados, tanto mamíferos como aves (Lombardi *et al.* 1992, Lotta *et al.* 2016). Además, los estadios inmaduros cumplen un papel trófico fundamental en los ecosistemas lóticos, al participar en la producción de alimento para otros invertebrados y vertebrados que viven en estos ambientes. Los simúlidos pueden ser valiosos como indicadores de calidad del agua, dada su preferencia por condiciones oxigenadas y oligo a mesotróficas en los ríos (Feld *et al.* 2002, Lautenschläger y Kiel 2005, Docile *et al.* 2015).

La familia Simuliidae Newman, 1834, pertenece al orden Diptera, suborden “Nematocera”, el cual es denominado como Dípteros inferiores, en la literatura más reciente (Friedemann *et al.* 2014); infraorden Culicomorpha, y junto con Thaumadelidae forman la superfamilia Chironomoidea (Bertone *et al.* 2008). Las familias más cercanas son Ceratopogonidae, Chironomidae y Thaumadelidae (Bertone *et al.* 2008, Currie y Adler 2008).

La familia Simuliidae tiene representantes en todo el mundo con excepción de la Antártica y algunas islas oceánicas (Adler *et al.* 2004, Reeves y Adler 2011) y su distribución altitudinal va desde 0 hasta 5000 m s.n.m. (Coscarón y Coscarón-Arias 2007). La presencia y la distribución se restringen por dos factores: ausencia de fuentes de agua o porque éstas han sido contaminadas y no permiten el desarrollo de las formas inmaduras. La familia se subdivide en dos subfamilias: Parasimuliinae con un solo género, *Parasimulium* y Simuliinae, en la cual se ubican los demás géneros (Grenier y Regeau 1960, Adler y Crosskey 2016). Esta subfamilia a su vez está conformada por las tribus Prosimuliini, que se encuentra en el holártico, y Simuliini distribuida en el resto del mundo.

Según el inventario de simúlidos de 2017, publicado por Adler y Crosskey, existen 12 registros fósiles y 2232 especies vivas distribuidas en 26 géneros.

En el Neotrópico se han encontrado ocho géneros: *Araucnephia*, *Cnesia*, *Gigantodax*, *Lutzimulium*, *Paraustrosimulium*, *Pedrowygomia*, *Simulium* y *Tlalocomyia* (Coscarón y Coscarón-Arias 2012, Adler y Crosskey 2017). Pessoa *et al.* (2012) describieron la especie *Araucnephia cearensis* con localidad tipo en el estado de Ceará en la región nororiental de Brasil, con lo cual se amplió la distribución de este género hacia el norte de Sur América; su origen se ha postulado en la Gondwana. Al respecto Coscarón y Coscarón-Arias (2002) consideran que los Andes son un límite para la presencia de algunos géneros y subgéneros de *Simulium*. En Colombia solamente se han encontrado dos géneros (Wolf *et al.* 2016 y Adler y Crosskey 2017), pero estos autores reportan para el país diferentes números de especies.

En el país, estos insectos se conocen generalmente con el nombre vulgar de jejenes, pringadores, borrachudos, rodadores o polvorines; aunque con estas denominaciones, se pueden reconocer en algunas regiones todos los nematóceros hematófagos (Muñoz de Hoyos 1990). Según Adler *et al.* (2004) en otros países de habla hispana como Costa Rica son llamados moscas del café. Todos los estadios inmaduros, huevos, larvas y pupas, son acuáticos. Los huevos son depositados sobre sustratos flotantes como vegetación, rocas o materiales de desecho como plástico, o también pueden ser lanzados sobre la superficie del agua como ocurre en *Cnephia pecuarum*, los cuales se hunden y van al sedimento. La información que existe sobre los huevos proviene en su mayoría de ejemplares de zonas templadas y especialmente de Norte América (Adler *et al.* 2004). En Colombia se han descrito los huevos de *Simulium cormonsi* (Moncada *et al.* 2013) y *Simulium dinellii* (Mantilla *et al.* 2015).

Ubicación biogeográfica de Colombia

Según Morrone (2006), una región geográfica es un área que comparte procesos históricos y ecológicos, que incluyen los componentes bióticos. Es decir, las regiones albergan conjuntos de taxones espacio-temporalmente relacionados que caracterizan un área biogeográfica, Colombia forma parte principalmente

de la región neotropical que comprende los trópicos del Nuevo Mundo. Esta región corresponde al este de la antigua Gondwana desde los 30° N a los 30° S, esto es el sur de La Florida (Estados Unidos), las islas del Caribe, el sur de México, América Central y gran parte de América del Sur. El Neotrópico se subdivide en varias subregiones: Caribe, Amazonas, Chocó y Paraná, Colombia tiene territorio en las tres primeras. Es necesario aclarar que estas subregiones no incluyen el área andina de Sur América, la cual está clasificada como la región de los Andes, en la que se ubica parte del territorio colombiano y corresponde a la alta montaña por encima de los 3000 m s.n.m., desde el norte de Chile y la región central de Argentina hasta el occidente de Venezuela, pasando por Perú, Ecuador y Colombia.

Contexto orográfico e hidrográfico

En el Plioceno, hace aproximadamente entre cinco y 2,5 millones de años, se levantaron las cordilleras hasta su altitud actual. En este período se formó el bosque andino, por encima de los 2000 m s.n.m., a partir de una evolución y adaptación de especies presentes en cotas inferiores y por inmigración y adaptación desde la región austral andina de Sur América y después desde la región holártica y mesoamericana (Van der Hammen y Otero 2007). En el Cuaternario hubo varias glaciaciones y en ese período los glaciares bajaron hasta los 2600 m s.n.m., en algunos casos (Guhl 1982, Van der Hammen y Otero 2007). Esta secuencia de períodos de glaciación-interglaciación pudo contribuir al proceso de especiación de la biota alto andina, incluidos representantes de la familia Simuliidae.

Los bosques alto andinos y andinos son biomas muy importantes como generadores de agua. Se localizan entre los 2100 y los 3800 m s.n.m. y se dividen en tres categorías: bosque andino bajo o inferior, que se encuentra aproximadamente entre los 2100 y 2800 m s.n.m., con temperatura promedio entre 15 y 17 °C; bosque andino alto o superior entre 2800 y 3300 m s.n.m. donde la temperatura oscila entre 11 y 12 °C; y páramo, entre 3300 y 3800 m s.n.m., con temperaturas que se encuentran en un rango entre 6 y 8 °C.

Los insectos de la familia Simuliidae se desarrollan

en corrientes de agua (sistemas lóticos), la velocidad y el transporte de nutrientes, sedimentos y materia orgánica constituyen características fundamentales de su funcionamiento. Los estadios inmaduros de los simúlidos toman parte muy activa en las cadenas tróficas dulceacuícolas (Adler *et al.*, 2004), por lo cual se hace énfasis en la riqueza hídrica de Colombia. En palabras de García *et al.* (2001), “La ubicación geográfica, la variada topografía y el régimen climático que caracterizan al territorio colombiano han determinado que posea una de las mayores ofertas hídricas del planeta, aunque esta oferta no se distribuye uniformemente en todo el territorio nacional, hay zonas donde se presenta déficit de agua y otras donde se presentan inundaciones periódicas de duración considerable”. Otras características como la geología y la geomorfología de algunas regiones favorecen el almacenamiento de aguas subterráneas y la presencia de lagos y lagunas, tanto naturales como artificiales. Sin embargo, muchas fuentes están siendo afectadas por factores antropogénicos, en especial por la alteración de los componentes biofísicos que influyen sobre el ciclo hidrológico (deforestación, erosión), y primordialmente por la contaminación generalizada que modifica drásticamente la calidad del agua (Marques *et al.* 2014).

Son estas razones las que motivan la búsqueda y organización de la información disponible sobre la diversidad de especies de la familia Simuliidae, puesto que el conocimiento sobre la riqueza de este grupo de organismos puede ser de gran utilidad para establecer prioridades de investigación y conservación de algunos ecosistemas acuáticos colombianos.

Materiales y métodos

Se hizo una revisión de bases de datos, descripciones de especies y artículos que mencionan la biodiversidad de simúlidos en el país: ICN, colecciones en línea, <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/invertebrates/>; Antunes (1937), Barreto (1969), Bueno *et al.* (1979), Moncada *et al.* (1981), Muñoz de Hoyos *et al.* (1982), Muñoz de Hoyos (1990), Muñoz de Hoyos (1995), Muñoz de Hoyos y Miranda-Esquível (1997), Muñoz de Hoyos y Coscarón (1999), Coscarón y Coscarón-Arias (2007), Coscarón *et al.* (2008), Wolf

et al. (2016). A partir de esta información se reportaron o calcularon las elevaciones mínima y máxima sobre el nivel del mar. En esta revisión se usó la nomenclatura citada por Adler y Crosskey (2016) y Wolff *et al.* (2016).

Resultados y discusión

En este trabajo se registran 74 especies de insectos de la familia Simuliidae en Colombia: 20 especies del

género *Gigantodax* y 54 del género *Simulium*. En la tabla 1 y anexo 1 se resume la composición taxonómica de esta familia.

En la figura 1 se observa la riqueza de especies informada para cada departamento de Colombia, la mayor riqueza, en su orden, ha sido reportada para Cundinamarca, Tolima, Valle del Cauca y Risaralda y 9 departamentos en los que no existen reportes de la familia.

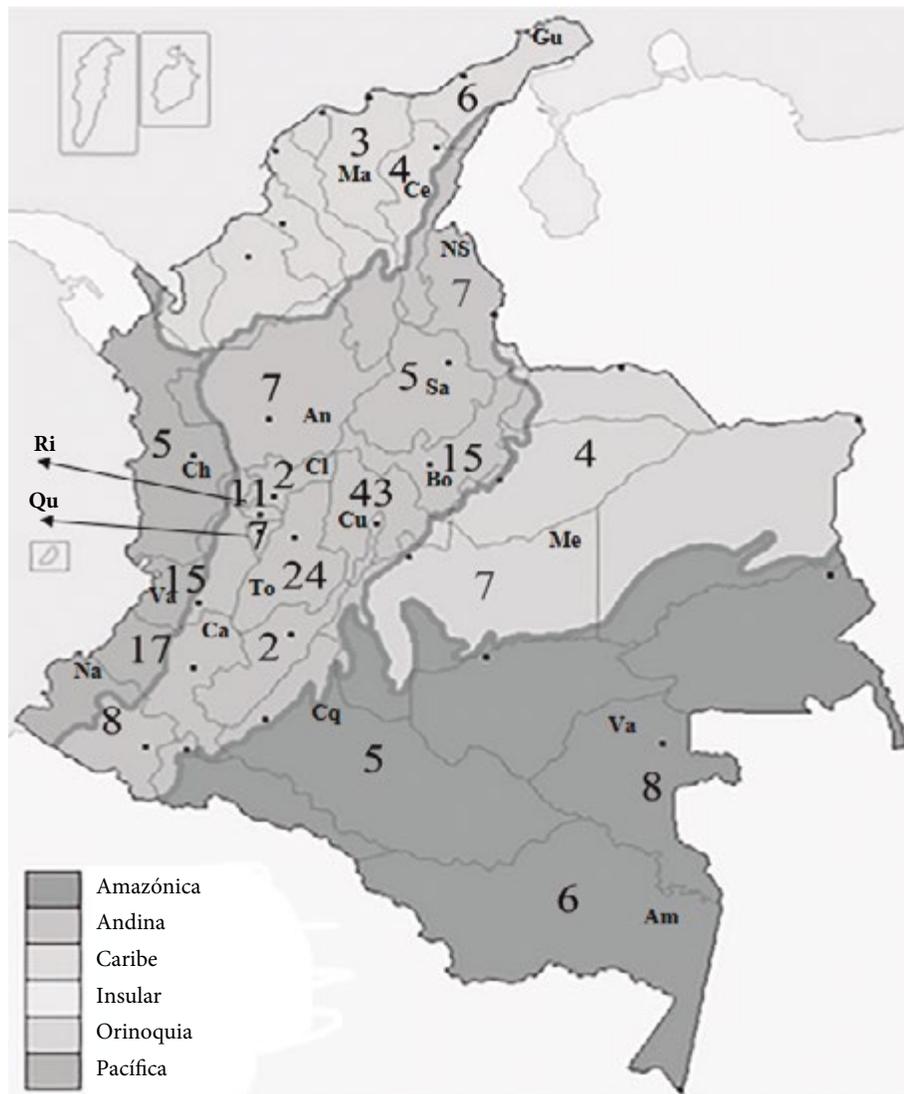


Figura 1. Especies la familia Simuliidae registradas en los departamentos de Colombia. Am=Amazonas, An=Antioquia, Bo=Boyacá, Ca=Cauca, Ce=Cesar, Cl=Caldas, Cq=Caquetá, Cu=Cundinamarca, Ch=Chocó, Gu=Guajira, Ma=Magdalena, Me=Meta, Na=Nariño, NS=Norte de Santander, Qu=Quindío, Ri=Risaralda, Sa=Santander, To=Tolima, Va=Valle, Va=Vaupés. Modificado de: <http://socialesjaiensec.blogspot.com.co/2010/07/relieve-colombiano.html>

El género *Gigantodax* se encuentra distribuido desde Estados Unidos hasta la región más austral de Sur América, pero la mayor área de distribución se encuentra en la región norte de Sur América, coincidiendo con la cordillera de los Andes, es importante mencionar que este género no se ha reportado en Brasil. En Colombia se han hecho registros del género en las tres cordilleras. Sin embargo, esta distribución tiene el sesgo de colecta, ya que la mayor cantidad de especies halladas en el país se encuentra cerca de las principales ciudades, y especialmente de Bogotá, que está ubicada a 2600 m s.n.m., en una meseta en la cordillera Oriental. La altura

más elevada a la cual se habían reportado las especies *G. basinflatus* y *G. nasutus* era de 3700 m s.n.m. (Muñoz de Hoyos 1995). Por el contrario, la menor altitud en la que se ha encontrado el género es 1150 m s.n.m., para esta misma especie. Recientemente, Mantilla *et al.* (2013) ubicaron a *G. basinflatus*, *G. arrarteorum* y *G. misitu* a 3950 m s.n.m., y a *G. arrarteorum* y *G. basinflatus* a 4000 m s.n.m. en la cordillera Central, en las inmediaciones de la Laguna del Otún, registro que se constituye en el más alto para el género en el país (Tabla 1).

Tabla 1. Especies del género *Gigantodax* presentes en Colombia. **a.** Error de identificación; **b.** Un solo registro; **c.** Se modifica la altura registrada; **d.** Altura buscada en google earth; **e.** No se encontró información; **f.** Únicos datos.

| Grupo/porcentaje de diversidad | Especies | Altura mínima | Altura máxima (m s.n.m.) |
|--|---|--|--|
| "Brophi" 6 de 19; 31,58 % | <i>G. chilensis</i> | ^a error de identificación | |
| | <i>G. multituberculatus</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 2270, carretera Sibaté-La Aguadita | 3500, Río Chisacá, Páramo Sumapaz, Cundinamarca, Páramo de los Valles, quebrada La Mna, Anime, Cajamarca, Tolima |
| | <i>G. ortizi</i> Wygodzinsky, 1973 | 2750, Río San Francisco, Bogotá | 3500, Río Chisacá, Páramo Sumapaz, Cundinamarca |
| | <i>G. osornorum</i> Muñoz de Hoyos, Martínez, Mejía & Bueno, 1994 | 3150, Río Chisacá, Cundinamarca | 3410, Quebrada Del Oso, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | <i>G. paranorum</i> Muñoz de Hoyos, Martínez, Mejía & Bueno, 1994 | 2265, quebrada Garbanzal, Albán, Cundinamarca | 3410, Quebrada del Oso, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | <i>G. zumbahue</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 3285, quebrada Potosí, Páramo de los Valles, Anaime, Cajamarca, Tolima | 3410, Quebrada La Brecha, Anaime, Cajamarca, Tolima |
| "Cilicinus" 3 de 11; 27,27 % | <i>G. arrarteorum</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | | ^b 3950, Laguna del Otún, PNN Los Nevados |
| | <i>G. basinflatus</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 3235, Quebrada Salada, Santander | 3700, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | <i>G. destitutus</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 1745, Piquetadaero, Campo Alegre, Gachalá, Cundinamarca | 2095, Vía Albán-Sasaima km 90, Cundinamarca |
| "Cormonsi" 7 de 10; 70 % | <i>G. brevis</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 2700, Vetas, Santander | 3300 carretera Usma- Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | <i>G. gracilis</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1987 | | ^b 3014 Quebrada Aguas Caientes, Pupiales, Nariño |
| | <i>G. leonorum</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 1300 Querrenal, Valle del Cauca | 3130, El Crucero Sogamoso, Boyacá |

Cont. **Tabla 1.** Especies del género *Gigantodax* presentes en Colombia. **a.** Error de identificación; **b.** Un solo registro; **c.** Se modifica la altura registrada; **d.** Altura buscada en google earth; **e.** No se encontró información; **f.** Únicos datos.

| Grupo/porcentaje de diversidad | Especies | Altura mínima | Altura máxima (m s.n.m.) |
|--------------------------------------|--|--|--|
| “Cormonsi” 7 de 10; 70 % | <i>G. misitu</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 3100, Carretera Bogotá-Choachí | 3590 Río Chisacá, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | <i>G. siberianus</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 3050, La Siberia W de la Calera, Cundinamarca | 3590, Río Chisacá, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | <i>G. vulcanicus</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1987 | | ^b 3014 Quebrada Aguas Calientes, Pupiales, Nariño |
| | <i>G. wygodzinskyi</i> Moncada, Muñoz de Hoyos & Bueno, 1981 | ^c 2416 Pamplona, Norte de Santander | 3590, Quebrada Hoya Honda, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| “Multifilis” 1 de 1; 100 % | <i>G. multifilis</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 2970, Quebrada Pozos, Aquitania, Boyacá | 3500 Quebrada Potosí, Reserva Anaime, Tolima |
| “Wrighti” 4 de 18; 22,22 % | <i>G. cervicornis</i> Wygodzinsky, 1973 | 2270, carretera Sibaté-La Aguadita, Cundinamarca | 3950, Laguna del Otún, PNN Los Nevados |
| | <i>G. cypellus</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 1850, Salto de Tequendama, Cundinamarca | 3500, Quebrada la Nina, Reserva de Anaime, Tolima |
| | <i>G. nasutus</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 1150, La Vega, río San Francisco, Cundinamarca | 3700, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | <i>G. septenarius</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1989 | 2265, quebrada Garbanzal, Albán, Cundinamarca | 2400, 2Km al SW de Albán |

En el género *Simulium* la distribución más alta conocida en Colombia correspondía a *S. sumapazense* a 3700 m s.n.m., (Muñoz de Hoyos y Coscarón 1999). No obstante, Mantilla *et al.* (2013) hallaron a *S. quimbayium* a 3950 m s.n.m. (Anexo 1). Esta especie pertenece al subgénero *Pternaspatha*, el cual fue reportado por primera vez para el país por estos autores, ampliando los registros de distribución, porque anteriormente se creía que este subgénero se distribuía desde la región austral de Suramérica hasta Ecuador (Coscarón y Wygodzinsky 1972). Las especies del género *Simulium* con el menor registro altitudinal informado, corresponden a *S. lutzianum* y *S. callidum*, con 250 m s.n.m. en el departamento del Tolima (ICN, Colecciones en línea: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/>). Aunque se carece de información detallada sobre algunos sitios de colecta, es muy probable que existan lugares de muestreo con alturas menores, como es el caso de lo informado para el departamento de Amazonas, o del departamento de Nariño, en los

cuales las localidades de recolección están por debajo de los 150 m s.n.m., aunque los autores no reportan la elevación específica para cada género. Otro tanto se puede decir de las especies *S. oyapockense* y *S. quadrifidum*, que fueron colectadas en Santa Marta (Vaupés), que está localizada a 69 m s.n.m., según una aproximación de elevación tomada de Google Earth, a partir del lugar de colecta que existe en las bases de datos o la literatura consultada.

De las especies registradas, las que tienen una distribución más amplia en el territorio nacional son *S. exiguum*, que se ha colectado en 17 departamentos, y *S. metallicum* que se ha registrado en 13 departamentos y en alturas que van de los 1600 hasta los 2040 m s.n.m. (Anexo 1). Hay varias especies con reporte único por departamento, como es el caso de *S. quimbayium* (*Pternaspatha*) y *S. cormonsi*, entre otras, pero que podrían tener una distribución más amplia si se intensifica el esfuerzo de muestreo (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Especies de la familia Simuliidae y su respectivo número (ver Tabla 3).

| Número de la especie | Especies de simúlidos | Número de la especie | Especies de simúlidos |
|----------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | <i>G. multituberculatus</i> | 38 | <i>S. bicoloratum</i> |
| 2 | <i>G. ortizi</i> | 39 | <i>S. bicornutum</i> |
| 3 | <i>G. osornorum</i> | 40 | <i>S. callidum</i> |
| 4 | <i>G. paranomorum</i> | 41 | <i>S. cormonsi</i> |
| 5 | <i>G. zumbahue</i> | 42 | <i>S. furcillatum</i> |
| 6 | <i>G. arrarteorum</i> | 43 | <i>S. ignescens</i> |
| 7 | <i>G. basinflatus</i> | 44 | <i>S. pautense</i> |
| 8 | <i>G. destitutus</i> | 45 | <i>S. pifanoi</i> |
| 9 | <i>G. brevis</i> | 46 | <i>S. tolimaense</i> |
| 10 | <i>G. gracilis</i> | 47 | <i>S. tunja</i> |
| 11 | <i>G. leonorum</i> | 48 | <i>S. dinellii</i> |
| 12 | <i>G. misitu</i> | 49 | <i>S. ochraceum</i> |
| 13 | <i>G. siberianus</i> | 50 | <i>S. shewellianum</i> |
| 14 | <i>G. vulcanicus</i> | 51 | <i>S. rorotaense</i> |
| 15 | <i>G. wygodzynskyi</i> | 52 | <i>S. albánense</i> |
| 16 | <i>G. multifilis</i> | 53 | <i>S. anaimense</i> |
| 17 | <i>G. cervicornis</i> | 54 | <i>S. escomeli</i> |
| 18 | <i>G. cypellus</i> | 55 | <i>S. gabaldoni</i> |
| 19 | <i>G. nasutus</i> | 56 | <i>S. haematopotum</i> |
| 20 | <i>G. septenarius</i> | 57 | <i>S. lutzianum</i> |
| 21 | <i>S. matteabanchium</i> | 58 | <i>S. machetorum</i> |
| 22 | <i>S. metallicum</i> | 59 | <i>S. romanai</i> |
| 23 | <i>S. exiguum</i> | 60 | <i>S. samboni</i> |
| 24 | <i>S. gonzalezi</i> | 61 | <i>S. quimabyium</i> |
| 25 | <i>S. amazonicum</i> | 62 | <i>S. chinguazaense</i> |
| 26 | <i>S. argentiscutum</i> | 63 | <i>S. lahillei</i> |
| 27 | <i>S. oyapockense</i> | 64 | <i>S. muisorum</i> |
| 28 | <i>S. sanguineum</i> | 65 | <i>S. nigrimanum</i> |
| 29 | <i>S. schmidtmummi</i> | 66 | <i>S. orbitale</i> |
| 30 | <i>S. subnigrum</i> | 67 | <i>S. scutistriatum</i> |
| 31 | <i>S. incrustatum</i> | 68 | <i>S. sumapazense</i> |
| 32 | <i>S. jujuyense</i> | 69 | <i>S. townsendi</i> |
| 33 | <i>S. limbatum</i> | 70 | <i>S. paynei</i> |
| 34 | <i>S. cauchense</i> | 71 | <i>S. pulverulentum</i> |
| 35 | <i>S. quadrifidum</i> | 72 | <i>S. rubrithorax</i> |
| 36 | <i>S. quadrivittatum</i> | 73 | <i>S. tarsatum</i> |
| 37 | <i>S. arcabucense</i> | 74 | <i>S. virgatum</i> |

Tabla 3. Especies de la familia Simuliidae reportadas en los departamentos de Colombia.
* Los números corresponden a la especie según la Tabla 3.

| Departamentos de Colombia | Especies de simúlidos* |
|---------------------------|---|
| Amazonas | 22, 25, 26, 40, 49, 71 |
| Antioquia | 22, 23, 28, 33, 40, 49, 70 |
| Boyaca | 1,2, 11, 15, 22, 23, 29, 37, 38, 39, , 42, 43, 47, 70, 73 |
| Caldas | 43, 71 |
| Caquetá | 25, 26, 49, 51, 65 |
| Casanare | 23, 33, 34, 57 |
| Cauca | 1, 12, 17, 18, 22, 23, 28, 31, 32, 36, 38, 40 ,43, 49, 57, 59, 70 |
| Cesar | 22, 23, 25, 55 |
| Choco | 23, 28, 36, 54, 57 |
| Cundinamarca-Bogotá | 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 49, 50, 52, 57, 59, 62, 63, 64, 68, 69, 70, 71, 74 |
| Guajira | 23, 31, 32, 59, 60, 65 |
| Huila | 22, 43 |
| Magdalena | 22, 23, 70 |
| Meta | 23, 30, 31, 32, 49, 57, 72 |
| Nariño | 10, 14, 23, 24, 36, 49, 57, 70 |
| Norte Santander | 2, 15, 17, 23, 43, 57, 64 |
| Putumayo | |
| Quindio | 2, 22, 23, 49, 57, 59, 70 |
| Risaralda | 6, 7, 12, 17, 38, 43, 48, 49, 58, 61, 70 |
| Santander | 22, 23, 33, 43, 71 |
| Tolima | 1, 2, 5, 7, 12, 15, 16, 17, 22, 23, 28, 33, 38, 39, 43, 46, 49, 53, 57, 58, 59, 60, 70, 71 |
| Valle del Cauca | 2, 11, 22, 23, 31, 32, 38, 40, 43, 49, 50, 55, 57, 59, 70 |
| Vaupés | 25, 27, 28, 34, 35, 51, 65, 70 |

En este trabajo se informan 74 especies y se actualizan los datos obtenidos en la revisión hecha por Wolf *et al.* (2016) quienes informan 71 especies, pero no se incluyeron *S. chinguazaense* (Díaz *et al.*, 2015) y *Simulium cauchense*, pero en esta revisión figura *Gigantodax chilensis* que fue una identificación errada. Y en el inventario de simúlidos del mundo de Adler y Crosskey de 2017, faltan las especies *G. arrarteorum*, que se reporta en el artículo de Mantilla *et al.* (2013) compartiendo hábitat con *S. maechetorum*,

G. basinflatus y *G. misitu*, *Simulium virgatum*, una especie presente en varios departamentos de Colombia y que Adler y Crosskey (2017), la reportan para Estados Unidos, México, Guatemala, El Salvador y Panamá; *S. limbatum* que ha sido registrada en Antioquia, Casanare, Cundinamarca, Tolima y Santander y en América del Sur se encuentra en Guyana, Brazil y Venezuela (Adler y Crosskey 2017); *S. cauchense*, informada para los departamentos de Vaupés y Casanare, y para Brazil, Guayana, Guayana Francesa, Surinam y Venezuela y *S.*

gonzalezi, presente en el departamento de Nariño. (ICN <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/result/species/Simulium%20gonzalezi/?page=4>) la distribución para América es México, Guatemala, Belize, Costa Rica y Ecuador (Adler y Crosskey 2017)

Debido a la geografía montañosa del país por la presencia de las cordilleras, a la posición con respecto a la línea ecuatorial y a la gran riqueza hídrica, es altamente probable que al aumentar el esfuerzo de recolección en regiones donde el registro de simúlidos es ausente o muy bajo, se incremente la cantidad de especies conocidas. Este podría ser el caso de grandes ríos como los que corren en las regiones de la Orinoquia y de la Amazonia, donde en departamentos como Arauca, Guaviare, Guainía, Putumayo no se ha informado su presencia. Otro tanto se puede decir de los territorios insulares como San Andrés y Providencia.

Adler *et al.* (2010), sugieren la hipótesis que los simúlidos se originaron en zonas montañosas frías, lo cual daría origen al fenómeno de vicarianza en algunas especies que se encuentran en alta montaña. Este es el caso de las especies de *Gigantodax*, en las que los reportes corresponden a zonas de bosque andino o superiores. En Colombia el menor registro de altitud corresponde a la especie *G. nasutus*, en el río San Francisco, municipio La Vega, Cundinamarca, que a pesar del sitio de muestreo estar localizado en una región de piso térmico medio, pero se desconoce la temperatura del agua. y el mayor registro altitudinal corresponde a *G. cervicornis* a 3950 m s. n. m., en la Laguna del Otún. Teniendo en cuenta la hipótesis que los simúlidos se originaron en zonas montañosas frías explica la diversidad encontrada para el género.

En este género se encuentran las especies *Gigantodax multituberculatus*, *G. zumbahaue*, *G. basinflatus*, *G. gracilis*, *G. leonorum*, *G. vulcanius*, *G. misitu*, *G. multifilis*, *G. cervicorne*, *G. cypellus*, que son compartidas con alta montaña entre Ecuador y Colombia, al igual que *G. ortizi*, *G. destitutus*, que se comparten con Venezuela y *Gigantodax cervicorne* que se encuentra en los tres países (Adler y Crosskey 2017).

Es de resaltar el caso del subgénero *Psilopelmia*, grupo

bicoloratum, de las 23 especies reconocidas para el grupo, 17 de ellas (el 74 %) se han encontrado en el país y algunas como *S. jaimeramirezi*, cuya presencia se ha informado en Venezuela y en Ecuador, podría encontrarse en el país. De acuerdo con lo establecido por Morrone (2006), la entomofauna de las zonas de transición muestra una sobreposición de taxones de insectos de las regiones neotropicales y de los Andes.

La posición de Colombia en la esquina norte de Sur América favorece la presencia de algunas especies de *Simulium* que se encuentran en el hemisferio norte, como es el caso de *S. matteabanchium*, *S. sanguineum*, *S. callidum*, *S. ochraceum*, *S. haematopotum*, *S. samboni* y *S. pulverulentum*. También comparten con especies que se encuentran especialmente en la región amazónica como *S. amazonicum*, *S. argentiscutum*, *S. oyapockense*, *S. subnigrum* y *S. rorotaense*. Es de resaltar que hay especies como *S. paynei* que se encuentra en toda Latinoamérica y *S. exiguum* que tiene una amplia distribución en el territorio colombiano y en Sur América.

Colombia comparte 29 especies de simúlidos con Venezuela, pero hay 27 especies que no muestran la distribución común. Algunas de estas últimas son *S. (Psilopelmia) jaimeramirezi*, *G. bettyae* y *G. conviti*, que se han encontrado en Mérida en la rama de la cordillera Oriental que entra a Venezuela. No obstante, con esa localidad se comparten especies como *S. cormonsi*, por lo que es posible que las especies de Venezuela mencionadas se encuentren también en Colombia, en la cordillera Oriental, a altitudes similares a las de su distribución en Mérida.

De igual manera, en el departamento del Cauca, donde estaba ubicado el foco de Oncocercosis en Colombia (Barreto 1969, Barreto *et al.* 1970, Tidwell *et al.* 1980a) hay dos posibles fuentes de recolección que podrían contribuir a una mayor riqueza reportada de estos dípteros. La primera se debe a la presencia de las especies que pudieran estar implicadas en la transmisión de la oncocercosis (*Onchocerca volvulus*) y la segunda al páramo de Puracé (Tidwell *et al.* 1980b), en estas localidades hay un mayor esfuerzo de muestreo.

De otro lado, debido a la presencia de complejos de especies en la familia, a medida que se vayan implementando otras técnicas para su reconocimiento como Citogenética y Biología Molecular, la riqueza también puede aumentar, es el caso de los complejos *Simulium ignescens* y *Simulium tunja*, los autores plantean dos citoformas llamadas D y B y sugieren que pueden ser dos diferentes taxones, cercanos a las especies antes mencionadas (Colorado *et al.* 2017). Esta misma situación se ha encontrado en otros países como Tailandia, y en los vectores de *Onchocerca volvulus* tanto de África, el complejo *Simulium damnosum* (Post *et al.* 2011), *Simulium metallicum*, para Venezuela, en este complejo según Grillet *et al.* (1995), se han encontrado al menos 11 citotipos y para Colombia diferentes citoformas de la especie *Simulium exiguum* (Charalambous *et al.* 1993), las cuales fueron propuestas como variaciones intraespecíficas. En la medida en que se incrementa el estudio de las especies con nuevas herramientas, se pueden aclarar los diferentes complejos (Shelley 1991). En este artículo se sigue la nomenclatura usada por Porka *et al.* (2017) quienes definen a una citoforma como organismos que comparten un patrón distintivo de inversiones cromosómicas, el cual puede ser una citoespecie, cuando se encuentran inversiones homocigotas, pero no heterocigotas, lo que se entiende como evidencia de aislamiento reproductivo o un citotipo que son un conjunto de poblaciones que comparten un perfil distintivo de inversiones cromosómicas, pero su status taxonómico es todavía incierto y aún no han sido consideradas especies diferentes.

Conclusión

Con los datos hasta ahora conocidos, la riqueza actual de especies de simúlidos por unidad de área en Colombia ubicaría al país como el más biodiverso de Suramérica en este grupo de insectos. Mientras que en Colombia se han encontrado 74 especies en un área continental de 1.141.746 m², en Brasil, con una extensión mayor a 8,5 millones de m², se han registrado 91 especies de los géneros *Auracnephia*, *Lutzsimulium* y *Simulium* (Hamada *et al.* 2002, Adler y Crosskey 2016). El contraste es aún mayor con los otros países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela), a pesar

que en esos países también se encuentran ejemplares de los dos géneros presentes en Colombia: *Simulium* y *Gigantodax*, y con Panamá, en donde únicamente se han colectado especies del género *Simulium*.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, por su apoyo, al grupo de Infecciones y Salud en el Trópico, al grupo de Limnología, departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia. A Camilo Prado, Carolina Cubides, John Fredy Barriga. Financiación: Este artículo hace parte de un proyecto financiado por COLCIENCIAS, según código 110165944176.

Bibliografía

- Adler, P. H., D. C. Currie y D. M. Wood. 2004. The black flies (Simuliidae) of North America. A ROM Publication. 941 pp.
- Adler, P. H., R. A. Cheke y R. J. Post. 2010. Evolution, epidemiology and population genetics of Black Flies (Diptera: Simuliidae). *Infection Genetics and Evolution* 10: 845-865.
- Adler, P. y R. W. Crosskey. 2016. World blackflies (Diptera: Simuliidae): A comprehensive revision of the taxonomic and Geographical inventory. <http://www.clemson.edu/cafls/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf>(accessed 13 December 2016)
- Antunes, P. C. A. 1937. Informe sobre una investigación entomológica realizada en Colombia. *Revista Facultad de Medicina*. 6(2): 65-87.
- Barreto P. 1969. The species of Black Flies found in Colombia. *Journal of the New York Entomological Society* 77 (1):31-35.
- Barreto, P., H. Trapido y V. H. Lee. 1970. Onchocerciasis in Colombia. Colombia Entomological findings in the first observed focus. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 13 (5): 837- 841
- Bertone, M. A., G. W. Courtney, B. M. Wiegmann. 2008. Phylogenetics and temporal diversification of the earliest true flies (Insecta: Diptera) based on multiple nuclear genes. *Systematic Entomology* 33: 668 – 687.
- Briceño-Iragorri, L. 1946. Breve nota acerca de simúlidos colombianos. *Revista Facultad de Medicina* 15 (3): 209-210.
- Bueno, M. L., L. I. Moncada y P. Muñoz-de Hoyos. 1979. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. I. Nueva especie de *Simulium* (Hemicneta). *Caldasia* 12 (60): 581-592
- Castaño-Urbe, C. (Editor). Páramos y sistemas alto andinos de Colombia en condición *hot-spot* & *Global Climatic Tensor*. IDEAM. 25pp.
- Colorado-Garzón, F. A., P. H. Adler, L. F. García, P. Muñoz de Hoyos, M. L. Bueno, N. E. Matta. 2017. Estimating diversity of Black Flies in the *Simulium ignescens* and *Simulium tunja* Complexes in Colombia. Chromosomal rearrangements as the core of Integrative Taxonomy. *Journal of Heredity* 108 (1): 12-24.

- Coscarón, S. y C. L. Coscarón-Arias. 2002. *Araucnephia iberensis* n. sp., a Neotropical black fly with a peculiar distribution (Diptera-Simuliidae). *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 97 (1): 81-87.
- Coscarón, S. y C. L. Coscarón-Arias. 2007. Neotropical Simuliidae (Diptera: Simuliidae). En: Adis, J., J. R. Arias, y G. Rueda-Delgado (Editores). *Aquatic Biodiversity in Latin America*. Vol. 3. Pensoft Sofia-Moscow, 685 pp.
- Coscarón, S., C. L. Coscarón-Arias y N. Papavero. 2008. Catalogue of Neotropical Diptera Simuliidae. *Neotropical Diptera* 2: 1-90.
- Coscarón, S. y C. L. Coscarón-Arias. 2012. *Araucnephia iberensis* n. sp. A neotropical black fly with a peculiar distribution (Diptera: Simuliidae). *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 17 (1): 81-87.
- Coscarón, S. y P. Wygodzinsky. 1972. Taxonomy and distribution of the black fly subgenus *Simulium* (Pternaspatha) Enderlein (Simuliidae, Diptera, Insecta). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 147: 201-240.
- Crosskey, R. W. 1991. The fossil pupa *Simulimima* and the evidence it provides for the Jurassic origin of the Simuliidae (Diptera). *Systematic entomology* 16: 401-406.
- Currie, D. C. y P. H. Adler. 2008. Global diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in freshwater. *Hydrobiologia* 595 (1): 469-475.
- Charalambous, M., P. D. Ready, A. J. Shelley, M. Arzube y L. A. Lowry. 1993. Cytological and isoenzyme analysis of the Bucay and Quevedo cytotypes of the Onchocerciasis vector *Simulium exiguum* in Ecuador. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 88 (1): 39-48.
- Díaz, S. A., L. I. Moncada, C. H. Murcia, I. A. Lotta, N. E. Matta, P. H. Adler. 2015. Integrated taxonomy of a new species of Black Fly in the subgenus *Trichodagnia* (Diptera: Simuliidae) from the Páramo region of Colombia. *Zootaxa* 3914 (5): 541-557.
- Docile, T. N., R. Figueiró, L. H. Gil-Azevedo y J. L. Nessimian. 2015. Water pollution and distribution of the black fly (Diptera: Simuliidae) in the Atlantic Forest, Brazil. *Revista de Biologia Tropical* 63 (3): 683-693.
- Feld, C. K., E. Kiel y M. Lautenschläger. 2002. The indication of morphological degradation of streams and rivers using Simuliidae. *Limnologica* 32: 273-288.
- Forka, L. C., M. A., J. C. Adeleke, J. C. Anikwe, W.B. Hardy, D. K. Mathias, W. A. Mankanjuola, H. Y. Fadamiro. 2017. Poor genetic differentiation but clear cytoform divergence among cryptic species in *Simulium damnosum* complex (Diptera: Simuliidae). *Systematic Entomology*. Doi:10.1111/syen.12256.
- Friedemann, K., K. Schneeberg y R. B. Beutel. 2014. Fly on the wall – attachment structures in lower Diptera. *Systematic Entomology* 39: 460-473
- García, M., F. D. Sánchez, R. Martín, H. Guzmán, N. Verdugo, E. Domínguez, S. O. Varga, L. Panizzo, N. Sánchez, J. Gómez y G. Cortés. 2001. Pp: 114-189. El agua. En: Leyva, P. (Ed). *El Medio Ambiente en Colombia*. 2ª. Edición.
- García, A. 2011. Colombia país Maravilloso. Libro Breviario de Colombia, Corporación autónoma regional para el desarrollo sostenible del Chocó. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Disponible en: <http://www.todacolombia.com/geografia/vertientescolombia.html>, consultado: 25 de agosto de 2012.
- Grenier, P. y J. Rageau. 1960. Simulies (Dipt: Simuliidae) de Tahiti. Remarques sur a classification des Simuliidae. *Bulletin Society Pathology Exotic* 53: 727-742.
- Grillet, M. E., R. Barrera y J. Conn. 1995. 9: *Simulium metallicum* cytotypes E larval habitat characterization in the Altamira focus of Onchocerciasis, Northern Venezuela. *Medical and Veterinary Entomology*. 9: 195-201.
- Guhl, E. 1982. Los páramos circundantes de la sabana de Bogotá. Bogotá, Jardín Botánico José Celestino Mutis. Litografía Arco. 127 pp.
- Hamada, N., J. W. McCreadie y P. H. Adler. 2002. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. *Freshwater Biology* 47 (1): 31-40.
- Lautenschläger, M. y E. Kiel. 2005. Assessing morphological degradation in running waters using Blackfly communities (Diptera, Simuliidae): Can habitat quality be predicted from land use? *Limnologica* 35: 262-273.
- Lombardi, C., P. C. Borges, A. Chaul, S. A. Sampaio, E. A. Rivitti, H. Friedman, C. R. Martínez, J. A. Jr. Sanches, P. R. Cunha, R. G. Hoffmann y L. A. Díaz. 1992. Environmental risk factors in the endemic pemphigus foliaceus (Fogo selvagem). *Journal of Investigative Dermatology* 98 (6): 847-850.
- Londoño, C. 2001. Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales-caracterización planificación-administración. Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal. Trabajo de año sabático. Disponible en: http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_8459.pdf (Accedido el 27 de octubre de 2012).
- Lotta, I. A., M. A. Pacheco, A. A. Escalante, A. D. González, J. S. Mantilla, L. I. Moncada, P. Adler y N. E. Matta. 2016. Leucocytozoon Diversity and Possible Vectors in the Neotropical highlands of Colombia. *Protist* 167 (2): 185-204.
- Mantilla, J. S., L. I. Moncada, N.E. Matta y P. H. Adler. 2013. Two new species of black flies (Diptera: Simuliidae) from the High Andes of Colombia. *Zootaxa* 3700 (3): 423-434.
- Mantilla, J. S., L. I. Moncada, N.E. Matta y P. H. Adler. 2015. Comportamiento de oviposición y caracterización de la microestructura coriónica de los huevos de *Simulium dinellii* Joan (Diptera: Simuliidae). *Acta Biológica Colombiana* 20 (1): 217-220.
- Moncada, L. I., P. Muñoz de Hoyos y M. L. Bueno. 1981. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. III. Descripción de una nueva especie de *Gigantodax* Enderlein, 1925. *Caldasia* 13 (62): 301-311.
- Moncada, L. I., J. S. Mantilla, I. A. Lotta, N. E. Matta, P. H. Adler. 2013. *Simulium cormonsi* Wygodzinsky (Diptera: Simuliidae) in Colombia: First record, egg and larval description and bionomics. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 115 (1): 103-106.
- Morrone, J. J. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology* (51): 467-494.
- Muñoz de Hoyos, P. 1990. La importancia de los cromosomas politénicos en la determinación taxonómica de los Simúlidos. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 16 (66): 511-520.

- Muñoz de Hoyos, P. 1995. Género *Gigantodax* (Diptera: Simuliidae) en Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 19 (74): 607-629.
- Muñoz de Hoyos, P., M. L. Bueno y L. I. Moncada. 1982. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. II. Especies de Simúlidos registradas en Colombia. *Scientiae* 1 (2):142-146.
- Muñoz de Hoyos, P. y S. Coscarón. 1999. Claves para la identificación de simúlidos (Diptera: Simuliidae) presentes entre las vertientes magdalenense y Orinocense, en un sector al centro de Colombia. *Revista Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* (23): 181-214.
- Muñoz de Hoyos, P. y D. R. Miranda-Esquivel, 1997. Simúlidos (Diptera: Simuliidae) presentes en las vertientes Magdalenense y Orinocense, en un sector al centro de Colombia. *Caldasia* 19 (1-2): 297-310.
- Pessoa, F. A. C., C. M. Ríos-Velásquez y V. Py-Daniel. 2012. A new species of *Araucnephia* (Diptera: Simuliidae) from the Northeast Region of Brazil. *Zootaxa* 3343(1): 31-44.
- Posada, E. y L. Cárdenas. 2007. Generalidades de Colombia. *En*: Morales M, Otero J, Van der Hammen T, Torres A, Cadena C, Pedraza C, Rodríguez N, Franco C, Betancourth JC, Olaya E, Posada E y Cárdenas L. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.
- Post R. J., E. Onyenwe, S. A. E. Somiari, H. B. Mafuyai, J. L. Crainey, P. O y Ubachukwu 2011. A guide to the *Simulium damnosum* complex (Diptera: Simuliidae) in Nigeria, with a cytotoxic key for the identification of the sibling species. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 105 (4): 277-297.
- Reeves, W. K. y P. H. Adler. 2011. Colonization of Pacific Islands by Black Flies (Diptera: Simuliidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 113 (3): 371-376.
- Shelley A. J. 1991. Simuliidae and the Transmission and Control of Human Onchocerciasis in Latin America. *Cadernos de Saude Publica* 7 (3): 310-327.
- Tidwell, M. A., B. V. Peterson, J. Ramírez Pérez, M. Tidwell y L. A. Lacey. 1980a. Notas y claves preliminares de los jevenes neotropicales pertenecientes a los grupos *Simulium amazonicum* y *Simulium sanguineum* (Diptera: Simuliidae) incluyendo los vectores de *Onchocerca volvulus* y *Mansonella ozzardi*. *Boletín de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental* 22 (2): 78-89.
- Tidwell, M. A., M. A. Tidwell, P. Muñoz de Hoyos y A. Corredor. 1980b. *Simulium exiguum*, the vector of *Onchocerca volvulus* on the Rio Micay, Colombia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 29 (3): 377-381.
- Tidwell, M. A., M. A. Tidwell, P. Muñoz de Hoyos, A. Corredor y P. Barreto. 1980c. Vectores de *Onchocerca volvulus* y *Mansonella ozzardi* en Colombia. *Colombia Medica* 11 (4): 119-27.
- UNESCO 2003. Water for people, water for life. Executive summary fo the UN World water development report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO, París, France. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf> (Accedido el 29 septiembre 2012).
- Van der Hammen T. y J. Otero. 2007. Los páramos archipiélagos terrestres en el norte de los Andes. Pp: 25-32. *En*: Morales, M., J. Otero, T. Van der Hammen, A. Torres, C. Cadena, C. Pedraza, N. Rodríguez, C. Franco, J. C. Betancourth, E. Olaya, E. Posada E y L. Cárdenas. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Wolff, M. I., D. R. Miranda-Esquivel y L. I. Moncada-Álvarez. 2016. Family simuliidae. *Zootaxa* 4122 (1): 154-177. *En*: Wolff, M., S. S. Nihei y C. J. De Carvalho. Catalogue of Diptera of Colombia: an introduction. *Zootaxa* 4122 (1): 8-14.

Anexo 1. Especies del género *Simulium* presentes en Colombia. **a.** Error de identificación; **b.** Un solo registro; **c.** Se modifica la altura registrada; **d.** Altura buscada en google earth; **e.** No se encontró información; **f.** Únicos datos.

| Subgéneros | Grupo | Especies | Altura mínima | Altura máxima |
|---|---|---|--|---|
| Porcentaje presente en Colombia | Porcentaje presente en Colombia | | | |
| <i>Aspathia</i> | <i>Aspathia</i> , Enderlein: 2 de 26; 7,69 % | <i>S. matteabanchium</i> Anduze, 1947 | 1100, Quimbaya, Quindío | 2400, Vía Albán-Sasaima Km 90, Cundinamarca |
| | | <i>S. metallicum</i> Bellardi, 1859 | 650, Minca, Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena ^b | 2300, Vía Medellín, -Las Palmas, Antioquia |
| <i>Notolepria</i> | <i>Notolepria</i> , Enderlein: 2 de 9; 22,22 % | <i>S. exiguum</i> Roubaud, 1906 | 250, Quebrada Bengala, Río Carbonero, Melgar, Tolima0 *Río Arquía, Puerto Palacio, Chocó | 2100, Jenezano, Boyacá |
| | | <i>S. gonzalezi</i> Vargas y Díaz Nájera | 15, Río Mataje Tumaco | ^d 1185, Cundinamarca |
| <i>Psaroniocompsa</i> | <i>Amazonicum</i> 4 de 18; 22,2 % | <i>S. amazonicum</i> Goeldi, 1905 | ^d 228 Araracuara, Santa Helena | |
| | | <i>S. oyapokense</i> Floch & Abonnec, 1946 | Caquetá, Araracuara, | ^c 228, Araracuara, Santa Helena |
| | | <i>S. argentiscutum</i> Shelley & Dias, 1980 | ^d 17, Mitú, Vaupés | |
| | | <i>S. sanguineum</i> Knab, 1915 | 300, Río Magdalena, Honda, Tolima | 2054 Río Magdalena, Honda, Tolima |
| | <i>Auristriatum</i> 1 de 5; 20 % | <i>S. schmidtummi</i> Wygodzinsky, 1973 | 2610, Vía Sibaté-Aguadita, Cundinamarca | 3300, Garagoa, Boyacá |
| | <i>Inaequale</i> 1 de 10; 10 % | <i>S. subnigrum</i> Lutz, 1910 | ^e | |
| | <i>Incrustatum</i> 3 de 5; 60 % | <i>S. incrustatum</i> Lutz, 1910 | | ^b 1260, El Hatillo, Barbosa, Antioquia |
| | | <i>S. jujuyense</i> Paterson & Shannon, 1928 | | ^b 1575, Fusagasugá, Cundinamarca |
| | | <i>S. limbatum</i> Knab, 1915 | 1260, Río Valderrama, El Hatillo, Antioquia | 1300, Icononzo, Tolima |
| | <i>Quadrifidum</i> 2 de 6; 33,33 % | <i>S. cauchense se Floch & Abonnenc, 1946</i> | | ^d 183. Mitú, Mituseño |
| <i>S. quadrifidum</i> Lutz, 1917 | | | ^{b,d} 171, Santa Martha, Vaupés | |
| <i>Quadrivittatum</i> 1 de 1; 100 % | <i>S. quadrivittatum</i> Loew, 1862 | | ^{b,d} 67, Río Yuyero, Tumaco, Nariño | |
| <i>Psilopelmia</i> | <i>Bicoloratum</i> 11 de 23; 47,83 % | <i>S. arcabucense</i> Coscarón, 1990 | Boyacá | |
| | | <i>S. bicoloratum</i> Malloch, 1912 | 2600, Duitama, Boyacá | 3925, Risaralda, Río Otún |

Cont. **Anexo 1.** Especies del género *Simulium* presentes en Colombia. **a.** Error de identificación; **b.** Un solo registro; **c.** Se modifica la altura registrada; **d.** Altura buscada en google earth; **e.** No se encontró información; **f.** Únicos datos.

| Subgéneros | Grupo | Especies | Altura mínima | Altura máxima |
|---|---|---|---|--|
| <i>Psilopelmia</i> | Bicoloratum 11 de 23; 47,83 % | <i>S. bicornutum</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1982 | 3150, Río Chisacá, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca | 3590, Las Ruinas, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | | <i>S. callidum</i> Dyar & Shannon, 1927 | 250, Río Carbonero, Melgar, Tolima | 2100, Jenesano, Boyacá |
| | | <i>S. cormonsi</i> Wygodzinsky, 1971 | 2975, PNN Chingaza, Cundinamarca | 3100, PNN Chingaza, Cundinamarca |
| | | <i>S. furcillatum</i> Wygodzinsky & Coscarón, 1982 | 2100, vía Bogotá, Chipaque, Cundinamarca | 3590, Las Ruinas, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | | <i>S. ignescens</i> Roubaud, 1906 | 1300, El Gallinazo, Ibagué, Tolima | 3590, Río Chisacá, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | | <i>S. pautense</i> Coscarón & Takaoka, 1989 | 2975, Bosque Palacio, PNN Chingaza, Cundinamarca | 3100, Río Chuza, Diamante, PNN Chingaza, Cundinamarca |
| | | <i>S. pifanoi</i> Ramírez Pérez, 1971 | | e |
| | | <i>S. tolimaense</i> Coscarón, 1984 | 3100, Tolima | 3500 Quebrada Potosí, Reserva Anaime, Tolima |
| | | <i>S. tunja</i> Coscarón, 1990 | 1950, Río Barro Blanco, Aguadita, Cundinamarca | 3410, Quebrada del Oso, Santa Helena, Páramo Sumapaz, Cundinamarca |
| | | <i>S. dinellii</i> Joan, 1912 | | ^b 1885, El Cedral, Risaralda |
| | | <i>S. ochraceum</i> Walker, 1861 | 1412, Quebrada La Ruidosa, Viotá, Cundinamarca | |
| | | <i>S. shewellianum</i> Coscarón, 1984 | 1540, El descanso, Vía Guaduas, Villeta, Cundinamarca | |
| | | <i>S. rorotaense</i> Floch & Abonnenc, 1946 | | ^b 840, Chiribiquete, Caquetá |
| | | <i>S. albánense</i> Coscarón, 1990 | 1760, río Palmar, vía Ubaque-Chipaque | 2400, Vía Albán-Sasaima, Km 90, Cundinamarca |
| | | <i>S. anaimense</i> Coscarón & Muñoz de Hoyos, 1995 | 2330, Quebrada Potosí, Anaime, Tolima | 3285, Quebrada Potosí, Anaime, Tolima |
| Romanai 9 de 22; 40,91 % | <i>S. escomeli</i> Roubaud, 1909 | | e | |
| <i>S. gabaldoni</i> Ramírez Pérez, 1971 | | | e | |
| <i>S. haematopotum</i> Malloch, 1914 | | | e | |

Cont. **Anexo 1.** Especies del género *Simulium* presentes en Colombia. **a.** Error de identificación; **b.** Un solo registro; **c.** Se modifica la altura registrada; **d.** Altura buscada en google earth; **e.** No se encontró información; **f.** Únicos datos.

| Subgéneros | Grupo | Especies | Altura mínima | Altura máxima |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| Porcentaje presente en Colombia | Porcentaje presente en Colombia | | | |
| <i>Psilopelmia</i> | Romanai 9 de 22; 40,91 % | <i>S. lutzianum</i> Pinto, 1931 | 250, Quebrada Bengala, Finca Carbonero, Melgar, Tolima | 2650, vía Sibaté-Aguadita |
| | | <i>S. machetorum</i> Mantilla, Moncada, Matta & Adler, 2013 | | ^b 3590, Laguna del Otún, PNN Los Nevados |
| | | <i>S. romanai</i> Wygodzinsky, 1991 | 1100, Quimbaya, Quindío | 2900, Sibaté (Muña), Basurero |
| | | <i>S. samboni</i> Jennings, 1915 | | ^b 470, quebrada Padilla, Honda Tolima |
| <i>Pternaspatha</i> | Nigrimanum 1 de 12; 8,33 % | <i>S. quimabyium</i> Mantilla, Moncada, Matta & Adler, 2013 | | ^b 3590, Laguna del Otún, PNN Los Nevados |
| <i>Trichodagnia</i> | Orbitale 8 de 18; 44,44 % | <i>S. chinguazaense</i> Díaz, Moncada, Lotta, Matta, & Adler, 2015 | 2975, Bosque Palacio, PNN Chingaza, Cundinamarca | 3100, Río Chuza, El Diamante, PNN Chingaza, Cundinamarca |
| | | <i>S. lahillei</i> (Peterson & Shannon, 1927) | | e |
| | | <i>S. muiscorum</i> Bueno, Moncada & Muñoz de Hoyos, 1979 | 1950, Río Barro Blanco, Vía Aguadita-Pasca | 3590, Río Chisacá, Las Ruinas, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | | <i>S. nigrimanum</i> Macquart, 1838 | | e |
| | | <i>S. orbitale</i> Lutz, 1910 | | e |
| | | <i>S. scutistriatum</i> Lutz, 1909 | | e |
| | | <i>S. sumapazense</i> Coscarón & Py-Daniel, 1989 | 2240, Vía Bogotá. Choachí, Cundinamarca | 3700, Páramo de Sumapaz, Cundinamarca |
| | | <i>S. townsendi</i> Malloch, 1912 | | e |
| | | <i>S. paynei</i> Vargas, 1942 | 1100, Buena Vista, Quimbaya, Quindío | 2050, Zoológico Santa Cruz, Cundinamarca |
| | | <i>S. pulverulentum</i> Knab, 1915 | 525, Quebrada Gualanday | 630, La Victoria, Amazonas y El Águila, Lebrija Santander |
| Tarsatum 5 de 19; 26,32 | <i>S. rubrithorax</i> Lutz, 1909 | | ^{b,d} 451, Restrepo, Meta | |
| | <i>S. tarsatum</i> Macquart, 1846 | | ^{b,d} 840, Muzo, Boyacá | |
| | <i>S. virgatum</i> Coquillet, 1902 | | e | |

Ligia Inés Moncada-Álvarez
Laboratorio de Entomología Medica (LEMUN),
Facultad de Medicina
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
limoncadaa@unal.edu.co

Luz Angélica Cuadrado-Argel
Laboratorio de Entomología Medica (LEMUN),
Facultad de Medicina
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
lacuadradoa@unal.edu.co

Gabriel Antonio Pinilla-Agudelo
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
gapinillaa@unal.edu.co

Biodiversidad de simúlidos (Diptera: Simuliidae) de Colombia: estado del conocimiento

Citación del artículo: Moncada-Álvarez, L. I., L. A. Cuadrado Argel y G. A. Pinilla-Agudelo. 2017. Biodiversidad de simúlidos (Diptera: Simuliidae) de Colombia: estado del conocimiento. *Biota Colombiana* 18 (2): 164 – 179. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a10.

Recibido: 25 de abril de 2017
Aprobado: 05 de septiembre de 2017

Mariposas-polilla gigantes (Lepidoptera: Castniidae: Castniinae) en la Colección Entomológica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Giant butterfly-moths (Lepidoptera: Castniidae: Castniinae) in the entomology collection of the Research Institute of Biological Resources Alexander von Humboldt

Dumar A. Parrales-R. y Sergio A. Vargas-Fonseca

Resumen

Se realizó la revisión de los ejemplares de mariposa-polilla gigantes (Castniidae: Castniinae) depositados en la colección entomológica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia. Se encontraron 13 ejemplares pertenecientes a 7 especies en 4 géneros. Se presentan comentarios generales acerca de la biología y presencia en Colombia de los ejemplares examinados. Se incluye una breve historia de la colección entomológica del Instituto Alexander von Humboldt.

Palabras clave. Biodiversidad. Castniidae. Colección de Lepidoptera. Colombia. Neotrópico.

Abstract

A revision of the giant butterfly-moths (Castniidae: Castniinae) of deposited specimens in the entomological collection of the Alexander von Humboldt Institute was made. 13 specimens belonging to 7 species within 4 genera were found. General comments of the biology and presence in Colombia of the specimens are presented. Also, a brief history of the entomological collection of the Alexander von Humboldt Institute is included.

Key words. Biodiversity. Castniidae. Colombia. Lepidoptera collection. Neotropics.

Introducción

La colección entomológica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-E) fue creada en el año 1995 como parte del programa de Inventarios de la Biodiversidad (IAvH 2000). A finales de los años 90 se establece el Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental GEMA, quienes realizaron un importante inventario de la flora y fauna colombiana, principalmente de la vertiente este de la cordillera Oriental (IAvH 2000, Villareal *et al.* 2006), aunque también incluyeron otras regiones como la Amazonia, cordillera Central, la Orinoquia y el Caribe (Pulido *et al.* 2003, Acosta-Galvis *et al.*

2009, Higuera-Díaz y Ospina-Correa 2009). GEMA realizó registros de escarabajos coprófagos, hormigas y mariposas principalmente, pero también incluyó otros grupos faunísticos (IAvH 2000). Estos registros evidenciaron la riqueza biológica de las regiones estudiadas, permitiéndoles de igual manera, realizar análisis de su uso como indicadores de biodiversidad (Villareal *et al.* 2006).

En el año 2001, el IAvH-E recibe en donación la colección de mariposas del Dr. Ernesto W. Schmidt-Mumm por parte de su familia. El Dr. Schmidt-Mumm, óptico colombiano, dedicó una gran parte de su vida

a la recolecta de mariposas, llegando a tener una de las mayores colecciones de mariposas diurnas en el país (Salazar 1999a). Con la inclusión de esta colección, el IAvH-E pasa a tener más de 10.000 ejemplares representativos de unas 1.200 especies (Henaó 2005).

Actualmente, la colección de mariposas cuenta con 20.000 ejemplares y hace parte de los 165.000 insectos catalogados, además de contener aproximadamente 15 millones de ejemplares en alcohol (Medina *et al.* 2016). Entre las familias de mariposas y polillas presentes en el IAvH-E se encuentra Castniidae, un grupo de lepidópteros diurnos de distribución pantropical con aproximadamente 150 especies, cuya sub-familia Castniinae alcanza una gran diversidad en el Neotrópico con 16 géneros y 88 especies (Moraes y Duarte 2014). Se estima que en Colombia se encuentran aproximadamente 22 especies (Hernández-Baz *et al.* 2012, Salazar *et al.* 2013). Algunas de estas especies revisten importancia agrícola ya que sus larvas son barrenadoras de tallos que pueden afectar cultivos de plátano (*Musa* sp., Musaceae), piña (*Ananas* sp., Bromeliaceae) y palmas (Arecaceae) entre otras monocotiledóneas (Miller 1986).

A excepción de las especies de importancia agrícola, los Castniidae son poco frecuentes en colecciones de insectos debido a que presentan características ecológicas como su rareza y rangos de distribución restringidos limitando el estudio de su diversidad y distribución (González 1996, González *et al.* 2010, Salazar *et al.* 2013). Con la intención de aportar al conocimiento de los Castniidae en Colombia, se presenta una lista anotada de las especies y ejemplares depositados en la colección entomológica del IAvH-E

Material y métodos

Se realizó una revisión de los ejemplares de mariposas-polilla gigantes de la subfamilia Castniinae (Lepidoptera: Castniidae) depositados en la colección entomológica del Instituto Alexander von Humboldt. Para la identificación de los géneros se siguió a Moraes y Duarte (2014) y el arreglo taxonómico de Lamas (1995). Para la identificación de las especies se siguió a Houlbert (1918) y Strand (1913) y, se presentan los

datos de las etiquetas en verbatim de cada uno de los ejemplares. Las fotografías de los ejemplares fueron tomadas con una cámara Canon EOS 5D Mark II con lente Canon Macro EF100mm, caja de luz photo e-box 1419. Se utilizó el software photoshop versión 6cs para la edición de las imágenes (Adobe 2012).

Resultados

Lista de taxones estudiados.

Castniidae Blanchard, 1840

Castniini Blanchard, 1840

1. *Eupalamides guyanensis* (Houlbert, 1917) (Figuras 1-9)

Material examinado: 1♂. Colombia, Casanare, Tauramena, Rastrojo, 05°01'30.3" N 72°45'14.3" W. WGS84, 483 m., trampa de luz, 12.ix.2015. Rougerie R., Barbut J. Legs. IAvH-E-163305.

Comentarios: Lamas (1995) reporta esta especie para Guyana Francesa y Brasil, sin embargo, su rango de distribución es más amplio y también abarca la región de los llanos orientales entre los países de Colombia y Venezuela (González 1999, González y Salazar 2003).

La especie es considerada de interés agrícola de algunas palmas (Arecaceae), por lo que algunos aspectos de su ecología y ciclo de vida son conocidos (Miller 1986). González (1999) describe algunos aspectos de la larva de esta especie en plantas de palma cocotera (*Cocos nucifera* L.). *Eupalamides guyanensis* se desarrollaba tradicionalmente en varias palmas silvestres de la América tropical, pero en un periodo relativamente corto, logró adaptarse rápidamente a las condiciones de agroecosistemas donde se encuentra actualmente plantaciones de palma de aceite (Korytkowski y Ruiz 1979). En muchos estudios se refieren a esta especie como "Barrenador gigante de la Palma" *Castnia daedalus*, *C. dedalus* [sic] o *Cyparissias daedalus*, sinónimos de *Eupalamides cyparissias* de la cual se distingue por tener escamas pequeñas y aplanadas cubriendo más de la mitad de la cara ventral del

ala anterior (Korytkowski y Ruiz 1979, González y Fernández 1993, Lamas 1993, Aldana y Calvache 2002, Aldana *et al.* 2004, Bustillo *et al.* 2013).



Figura 1. Macho, *Eupalamides guyanensis* (IAvH-E-163305). A la izquierda vista dorsal, a la derecha vista ventral.

2. *Castnia invaria volitans* Walker, 1854

(Figuras 2-3-9)

Material examinado: 1 ♀. Colombia, Vichada, Cumaribo, PNN El Tuparro, Mata de monte 04°36' 03"N 67°51'52"W 300 m s.n.m. 07-abril-2004 I. Quintero Leg., sobre *Ananas*, 1:45pm-soleado. IAvH-E-41494. / 1 ♂. Colombia, Vichada, Parque Nacional Natural El Tuparro, Base Cerro Tomás 05°21'00"N 67°51'00"W, 140 m s.n.m. 09-Jul-2000-

Malaise #17 W. Villalba Leg. IAvH-E-108856.

Comentarios: Esta subespecie está ampliamente distribuida en el norte de Suramérica hasta la Amazonia y se encuentra asociada a plantas de la familia Bromeliaceae, siendo considerada de interés agrícola ocasional en el cultivo de la piña (González y Fernández 1993, González *et al.* 2013). Esta especie puede presentar variación en cuanto a coloración y tamaño (González 2003).



Figura 2. Hembra, *Castnia invaria volitans* (IAvH-E-41494). A la izquierda vista dorsal, a la derecha vista ventral.



Figura 3. Macho *Castnia invaria volitans* (IAvH-E-108856). A la izquierda vista dorsal, a la derecha vista ventral.

3. *Prometheus ecuadoria* (Westwood, 1877)
(Figuras 4-9)

Material examinado: 1 ♀. Colombia. Cundinamarca Medina 04°31'00"N 73°23'00"W 1000 m s.n.m. 12. ii.1992 J. Salazar, Leg. SM [Schmidt-Mumm] - 2808; IAvH-E-6639.

Comentarios: Esta especie se encuentra en la cuenca occidental amazónica, desde Colombia hasta el norte del Perú (Lamas 1995). Para Colombia se

registra en los departamentos de Boyacá, Guaviare, Meta, Cauca y Putumayo (Salazar 1999, González y Salazar 2003). No se conocen sus plantas hospederas (Vinciguerra y Racheli 2006), presenta varios fenotipos y 8 subespecies (Lamas 1995). Además, tiene una amplia variación en el patrón de coloración de esta especie, su marcado dimorfismo sexual y la escasez de ejemplares en colecciones biológicas impiden la correcta identificación subespecífica (Miller 1986).



Figura 4. Hembra, *Prometheus ecuatoria* (IAvH-E-6639). A la izquierda vista dorsal, a la derecha vista ventral.

4. *Prometheus zagraea* (Westwood, 1877)
(Figuras 5-9)

Material examinado: 1 ♀. Colombia. Boyacá, Otanche 05°39'40"N, 74°11'07"W 1500 m s.n.m. viii.1983 E.

Schmidt-Mumm, Leg. SM [Schmidt-Mumm]-181, IAvH-E-3977. 1 ♀. Colombia Boyacá. Otanche 05°39'40"N 74°11'07"W, 1500 m s.n.m. viii.1983 E. Schmidt-Mumm, Leg. SM [Schmidt-Mumm]-181; IAvH-E-3978.

Comentarios: *Prometheus zagraea* es una especie policromática (Miller 1986). Lamas (1995) agrupó todos los fenotipos en 2 subespecies sin embargo, las variaciones en patrones de coloración de las alas son muy variables más aún entre fenotipos que se consideran pertenecientes a la misma subespecie. Se encuentra desde Costa Rica hasta Colombia (Lamas 1995). En Colombia se encuentra en los valles de los ríos Cauca y Magdalena, en el Chocó y en la cordillera Oriental (Salazar 1999, Vicinguerra 2008, Salazar *et al.* 2013).

Existe una estrecha relación de mimetismo batesiano

entre la especie *P. zagraea* y su potencial modelo *Pterourus zagreus* (Doubleday, 1847) (Papilionidae) (Miller 1986). El papilionido *P. zagreus* tiene un rango de distribución parcialmente similar al castnido *P. zagraea* y, además presenta una significativa variabilidad intraespecífica en cuanto a sus patrones de coloración alar (Le Crom *et al.* 2002, Racheli *et al.* 2012). Lo anterior puede explicar la significativa variabilidad en cuanto al patrón de coloración alar presentado por *P. zagara*, ya que al cambiar la morfología de una especie modelo según una distribución geográfica, también podría cambiar la presentada por la especie mimo (Hernández-Baz *et al.* 2012).



Figura 5. Hembra *Prometheus zagraea* (IAvH-E-3978). A la izquierda vista dorsal, a la derecha vista ventral.

5. *Telchin atymnius* (Dalman, 1824)

(Figuras 6-9)

Material examinado: 1 ♂. Colombia, Magdalena, Santa Marta, Parque Nacional Natural Tayrona Cañaveral 11°20'00" N 72°04'00" W 30 m s.n.m., 08. viii. 1976, Leg. F. Martínez. IAvH-E-109616. 1 ♂. Colombia, Cesar, Valledupar, Sierra nevada de Santa Marta-Donachui 25-abr-2011, H. Pulido-B., Leg. 10°42'27" N 73°27'50" W, 1460 m s.n.m. HP-6396; BMC3273; IAvH-E-153776.

Comentarios: Esta especie es de amplia distribución, aunque se registra principalmente para Brasil (Lamas 1995). Miller (1986) establece que su distribución se presenta en la región andina y en zonas de la cuenca

amazónica (Salazar 1999b, González y Salazar 2003). Es posible que su distribución en el país sea aún más amplia (Gallego 1940). Las larvas de la especie han sido registradas en Colombia alimentándose de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L., Poaceae), Heliconias (*Heliconia* L, Heliconiaceae) y banano (*Musa* spp.; Musaceae) (Gallego 1940). Se han descrito 8 subespecies (Lamas 1995).

6. *Telchin evalthe* (Strand, 1913)

(Figuras 7-9)

Material examinado: 1 ♀. Colombia, Amazonas, San Martín Parque Nacional Natural Amacayacu 03°46'00" S 70°18'00" W, Malaise, 16-24. Viii. 2000,



Figura 6. Macho *Telchin atymnius* (IAvH-E-153776). A la izquierda vista dorsal, a la derecha vista ventral.

150 msnm, B. Amado. Leg. M.842. IAvH-E-153401.

Comentarios: Se encuentran en la región neotropical desde el sur de México hasta Bolivia y Brasil (Lamas 1995, Miller 1986). En Colombia Houlbert (1918) y Rothschild (1919) registran ejemplares de Cananche y Pizarro (Cundinamarca) respectivamente; Salazar (1999) registró la presencia de esta especie en el río Dagua, bajo Calima y alto Anchicayá en el Valle del Cauca y en Santa Cecilia en Risaralda. Salazar *et al.* (2013) presenta ejemplares de Santa María (Boyacá), Mocoa (Putumayo), Mitú (Vaupés) y Amalfi (Antioquia).

Según Rothschild (1919), esta especie puede dividirse en 3 subespecies de acuerdo con características de coloración alar como la presencia o ausencia de la banda transversal subapical del ala anterior, la forma de la banda amarilla media del ala posterior y la banda marginal de puntos rojos en las alas posteriores.

7. *Telchin licus* (Drury 1773) (Figuras 8-9)

Material examinado: 1 ♂. Colombia, Meta, Villavicencio, Universidad de los Llanos. 04°09'N, 73°38' W, 467 m s.n.m. 13-Abr-2012 J. Cómbita Leg. IAvH-E-153773. 1 ♂. Colombia, Meta, Villavicencio,



Figura 7. Hembra, *Telchin evalthe* (IAvH-E-153401). A la izquierda vista dorsal, a la derecha vista ventral.

Bosque de Bavaria. 651 m s.n.m. 01-Abr-2011 C. Gómez Leg. HP-5926; IAvH-E-153775. 1♀. Colombia, Meta, Villavicencio, Jardín Botánico. 08°19'27.1"N 73°24'34.5"W 651 m s.n.m. 28-Mar-2011 W. Bravo Leg. HP-5698; IAvH-E-153774. 1♂. Colombia, Meta, Villavicencio, Jardín Botánico. 08°19'27.1"N 73°24'34.5"W 651 m s.n.m. 28-Mar-2011 W. Bravo Leg. HP-5503; IAvH-E-153402.

Comentarios: Esta especie está ampliamente distribuida en Sudamérica y es la más comúnmente encontrada en colecciones biológicas (González 2003, Moraes y

Duarte 2009). Es reconocida por su interés agrícola en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.: Poaceae) aunque puede tener un rango relativamente amplio de plantas hospederas (González y Stünning 2007, González *et al.* 2013). *Telchin licus* cuenta con 12 subespecies definidas por variaciones mínimas de los patrones de coloración y localidad tipo (Lamas 1995, Moraes y Duarte 2014). La identificación a nivel subespecífico de *T. licus* es confusa y amerita estudios más completos que incluyan caracteres moleculares (Silva-Brandão *et al.* 2013). Por lo anterior, se decide no ubicar los ejemplares en alguna de las subespecies.



Figura 8. Macho, *Telchin licus* IAvH-E-153402. A la izquierda vista dorsal, a la derecha vista ventral.

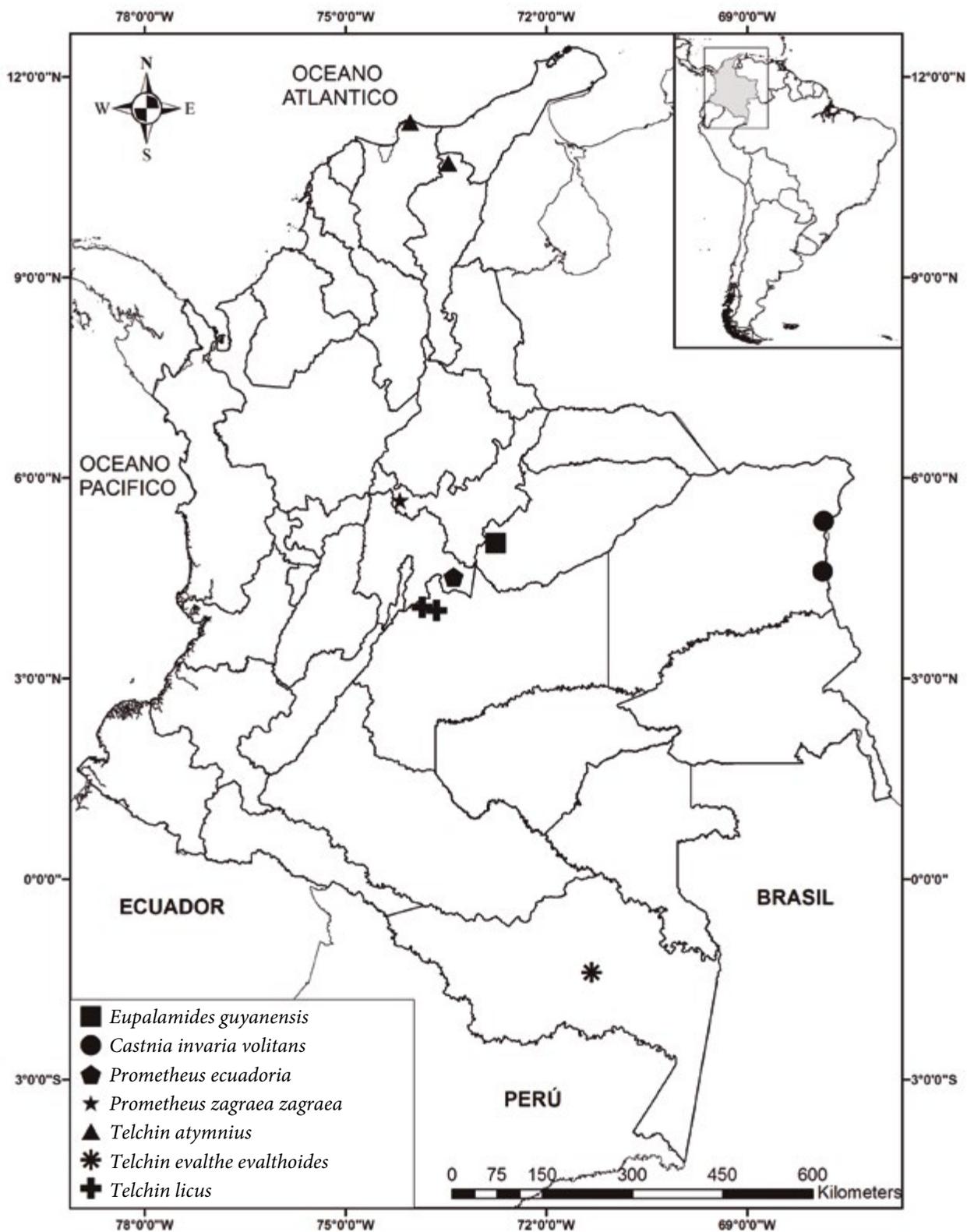


Figura 9. Ubicación de los registros de castnidos de la colección IAvH en Colombia.

Conclusiones

Al poseer siete de las 22 especies de castnidos conocidas para el país (un tercio de la riqueza), la colección del IAvH representa un importante un testigo de la biodiversidad de Castniidos de Colombia y un referente de especímenes para futuros estudios de taxonomía, ecología o distribución para el grupo Castnidae. Además, se espera que este trabajo brinde información que incentive la búsqueda de otros registros de polillas gigantes en el país.

Agradecimientos

Deseamos agradecer al Instituto Alexander von Humboldt por permitir el ingreso y apoyo en el desarrollo de este trabajo. También agradecer especialmente a Jorge M. González por los comentarios y sugerencias. A Claudia Medina y el equipo de las colecciones Biológicas del Instituto Humboldt por su entusiasmo y colaboración, a Jean F. LeCrom y Dimitri Forero por el aporte de información y algunas discusiones sobre la biología y distribución de este grupo de mariposas. También deseamos expresar nuestro reconocimiento a la labor de los revisores anónimos, cuyos comentarios y observaciones permitieron enriquecer este manuscrito.

Bibliografía

- Adobe. 2012. Photoshop CS6: versión 13.0. x64 extended.
- Acosta-Galvis, A. R., M. B. Álvarez-Rebolledo, M. B. Álvarez Guerrero, J. C. Bogotá-Gregory, J. C. Farfán-Camargo, M. Higuera-Díaz, A. M. Umaña-Villaveces y H. F. Villarreal-Leal. 2009. Caracterización de la biodiversidad y de los sistemas de uso en áreas de influencia de la corporación autónoma regional de Sucre. Informe interno. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 324 pp.
- Aldana, R. y H. Calvache. 2002. Biología, hábitos y manejo de *Cyprissius daedalus* Cramer. Boletín No. 16. Cenipalma, Colombia, 30 pp.
- Aldana, R., H. Calvache y O. Higuera. 2004. Manejo integrado de *Cyprissius daedalus* Cramer en los Llanos Orientales. *Palmas* 25 (núm. especial): 249-258.
- Bustillo, A., R. Aldana y F. Serna. 2013. Corrección en la identificación de la especie del barrenador gigante de la palma de aceite (Lepidoptera: Castniidae). *Palmas* 34 (4): 21-22.
- Gallego, F. 1940. Una nueva plaga en nuestros cultivos de plátano y un posible enemigo para la caña de azúcar. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 2 (4-5): 377-385.
- Medina, C. A., E. Arbeláez-Cortés, K. G. Borja, F. A. González, C. L. DoNascimento, A. R. Acosta-Galvis, H. Mendoza y Espitia-Reina. 2016. Las colecciones biológicas del Instituto Humboldt. Pp: 102-103. En: Gómez, M. F., L. A. Moreno, G. I Andrade, C. Rueda (Eds.). Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- González, J. M. y F. Fernández. 1993. Lista preliminar de las especies de Castniinae (Lepidoptera: Castniidae) del Parque Nacional "Henri Pittier", Venezuela. Diagnósis y comentarios. *Memoria de la sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 53 (139): 47-53.
- González, J. M. 1996. Castniinae (Lepidoptera: Castniidae) de Venezuela, I: Clave para los géneros conocidos en el país. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 4 (2): 1-10.
- González, J. M. 1999. Castniinae (Lepidoptera: Castniidae) from Venezuela. III: Genera represented by only one known species. Diagnósis and comments. *Ciencia* (Maracaibo) 7 (3): 229-235.
- González, J. M. 2003. Castniinae (Lepidoptera: Castniidae) from Venezuela. V: *Castnia* Fabricius and *Telchin* Hübner. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 37: 191-201.
- González, J. M. y J. Salazar. 2003. Adición a la lista de Castnidos (Lep. Castniidae) conocidos de Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas* 7: 47-56.
- González, J. M. y D. Stünning. 2007. The Castniinae at the Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig, Bonn (Lepidoptera: Castniidae). *Entomologische Zeitschrift* 117: 89-93.
- González, J. M., J. Boone y G. Brilmyer. 2010. The giant butterfly-moths of the Field Museum of Natural History, Chicago with notes on the Herman Strecker collection (Lep. Castniidae). *SHILAP Revista de Lepidopterología* 38 (152): 385-409.
- González, J. M., P. Domagala y A. Larysz. 2013. The Giant Butterfly-Moths (Lepidoptera Castniidae) of the Upper Silesian Museum (Muzeum Górnośląskie) in Bytom, Poland, with notes on the history of the Museum. *Biodiversity Journal* 4 (1): 219-228.
- Heno, E. 2005. Curaduría de la colección lepidopterológica del IAvH-E con énfasis en los ejemplares colectados por Dr. Ernesto Schmidt-Mumm. Informe técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C., 28 pp.
- Hernández-Baz, F., F. Serna, E. Vergara, G. Lamas y J. M. González. 2012. New records of giant butterfly-moths (Lepidoptera: Castniidae) from Colombia with general notes on natural history. *Revista Colombiana de Entomología* 38 (1): 162-163.
- Higuera-Díaz, M. y M. Ospina-Correa. 2009. Insectos. Pp: 115- 141. En: Villarreal-Leal, H., M. Álvarez-Rebolledo, M. Higuera-Díaz, J. Aldana-Domínguez, J. D. Bogotá-Gregory, F. A. Villa-Navarro, v. P. Hildebrandt, A. Prieto-Cruz, J. A. Maldonado-Ocampo, A. M. Umaña-Villaveces, S. Sierra y F. Forero (Eds.). Caracterización de la biodiversidad de la selva de Matavén (sector centro-oriental) Vichada, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Asociación de Cabildos y Autoridades Tradicionales Indígenas de la selva de Matavén (Acatistema), Bogotá.
- Houlbert, C. 1918. Revision monographique de la sous-familie des Castniinae. *Etudes de Lepidopterologie Comparee* 15: 1-730.

- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 2000. Colombia megadiversa. Cinco años explorando la riqueza de un país biodiverso. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt Humboldt. Bogotá, 295 pp.
- Korythowski, C. y E. Ruiz. 1979. El Barreno de los racimos de la palma aceitera *Castnia daedalus* (Cramer) en la plantación de Tocache (Perú). *Revista Peruana de Entomología* 22: 49-62.
- Lamas, G. 1993. Bibliografía de los Castniidae (Lepidoptera) americanos. *Revista Peruana de Entomología* 35: 13-23.
- Lamas, G. 1995. A critical review of J. Y. Miller's Checklist of the Neotropical Castniidae (Lep.). *Revista Peruana de Entomología* 37: 73-87.
- Le Crom, J., L. Constantino y J. Salazar. 2002. Mariposas de Colombia. Tomo 1 Papilionidae. Carlec Ltda., Bogotá D.C., 112 pp.
- Miller, J. 1986. The taxonomy, phylogeny, and zoogeography of the Neotropical Castniinae (Lepidoptera: Castnioidea: Castniidae). Ph.D. Thesis, University of Florida, Gainesville, USA, 571 pp.
- Moraes, S. S. y M. Duarte. 2009. Morfología externa comparada das tres especies do complexo *Telchin licus* (Drury) (Lepidoptera, Castniidae) com uma sinonímia. *Revista Brasileira de Entomologia* 53: 245-265.
- Moraes S. S. y M. Duarte. 2014. Phylogeny of Neotropical Castniinae (Lepidoptera: Cossioidea: Castniidae): testing the hypothesis of the mimics as a monophyletic group and implications for the arrangement of the genera. *Zoological Journal of the Linnean Society* 170 (2): 362-399.
- Pulido, L. A., R. Riveros, F. G. Harders y P. von Hildebrand. 2003. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Parque Nacional Natural "Serranía de Chiribiquete", Caquetá, Colombia (Parte I). Escarabeidos de Latinoamérica: Estado del conocimiento. *Monografías Tercer Milenio. Sociedad Entomológica Aragonesa* 3: 51-58
- Racheli, L., M. Bollino, T. Racheli. 2012. A new taxón of the *Pterourus zagraeus* species-group from easter andes (Lepidoptera: Papilionidae). *Notes on Butterflies* Vol 6: 1-4.
- Rothschild, L. W. 1919. Supplementary notes to the review of Houlbert and Oberthur's monograph of Castniidae by Talbot and Prout. *Novitates Zoologicae* 26 (1): 1-27.
- Salazar, J. 1999a. Notas Biográficas a una historia de la lepidopterología en Colombia durante el siglo XX. *Boletín Científico del Centro de Museos de Historia Natural Universidad de Caldas* 3: 71-102.
- Salazar, J. 1999b. Datos de recolección para 16 especies de castnidos colombianos (Insecta: Castniidae). *Boletín Científico del centro de Museos de Historia Natural Universidad de Caldas* 3: 43-51
- Salazar, J., G. Rodríguez y C. Rodríguez. 2013. Datos adicionales sobre castnidos colombianos (lepidoptera: castniidae). *Boletín del museo entomológico Francisco Luís Gallego* 5: 7-17.
- Silva-Brandao, K. L., L. C. Almeida, S. S. Moraes y F. F. Cõnsoli. 2013. Using population genetic methods to identify the origin of an invasive population and to diagnose cryptic subspecies of *Telchin licus* (Lepidoptera: Castniidae). *Bulletin of Entomological Research* 103: 89-97.
- Strande, E. 1913. Castniidae. Pp 5-19. *En: Seitz, A. (Eds.). The macrolepidoptera of the American Region. 6. Bombyces and SpHINGES. Al fred Kernen Verlag, Stuttgart.*
- Vinciguerra, R. 2008. Osservazioni su alcuni taxa dei generi: *Corybantes* Hübner, [1819], *Athis* Hübner, [1819], *Zegara* Oiticica, 1955, *Mirocastnia* Miller, 1980 e *Insigniocastnia* Miller, 2007 (Lepidoptera: Castniidae). *Shilap Revista de Lepidopterologia* 36: 491-499.
- Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá D.C., 236 pp.

Dumar Ariel Parrales-R.

Grupo de Investigación Ciencias de la Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Laboratorio de Entomología, Departamento de Biología
Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
dumar7@gmail.com

Sergio Andrés Vargas-Fonseca

Laboratorio de Entomología, Departamento de Biología
Pontificia Universidad Javeriana
vargas.sergio020@gmail.com

Mariposas-polilla gigantes (Lepidoptera: Castniidae: Castniinae) en la Colección Entomológica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Citación del artículo: Parrales-R., D. A. y S. A. Vargas-Fonseca. 2017. Mariposas-polilla gigantes (Lepidoptera: Castniidae: Castniinae) en la Colección Entomológica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. *Biota Colombiana* 18 (2): 180 – 189. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a11

Recibido: 07 de julio de 2017

Aprobado: 09 de octubre de 2017

Lista de los peces de la cuenca del río Mira, vertiente Pacífico, Colombia

Checklist of fishes from the Mira River basin, Pacific slope, Colombia

José I. Mojica, Cristian C. Martínez-González, Astrid G. Acosta-Vela, Edgar Larrarte-Rivera, William González-Daza, Fábel L. Ávila-Rojas, Estephania Martínez-Aguirre y Julián D. Forero-Cano

Resumen

El río Mira nace en Ecuador y desemboca en el Océano Pacífico en territorio colombiano. Su ictiofauna había sido muy poco estudiada y los registros disponibles indicaban una muy baja riqueza de especies. El aumento en el esfuerzo de muestreo a nivel temporal y espacial a lo largo de la cuenca del Mira en comparación con inventarios pasados, permitió incrementar el conocimiento de las especies de este río. Se reporta aquí la diversidad íctica regional encontrada en seis expediciones de campo realizadas entre 2009 y 2016, se documentan 39 especies, 29 dulceacuícolas nativas, una introducida y nueve de origen marino que remontan la cuenca baja; el material recolectado se encuentra depositado en la Colección de Peces del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN-MHN). Las actividades antrópicas que se desarrollan en la cuenca, principalmente la tala de bosques nativos y los monocultivos (lícitos e ilícitos), implican a una severa alteración del hábitat, que pone en riesgo esta diversidad biológica.

Palabras clave. Chocó biogeográfico. Inventario íctico. Peces dulceacuícolas. Río Rosario.

Abstract

The Río Mira flows from Ecuador into the Pacific Ocean in Colombia. Its ichthyofauna had been poorly studied and the few existing records indicated a very low richness of freshwater species. An incremented sampling effort in temporal and spatial scales along the basin of the Mira River in comparison with past inventories, allowed an increase in knowledge regarding the species of this River. This study reports the regional fish species diversity of six sampling expeditions conducted between 2009 and 2016. 37 species, 27 native freshwater fishes, one invasive species and nine that move upstream from the sea were recorded. The gathered material is deposited in the *Colección de Peces del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia ICN-MHN* (Museum Collection of Fishes of the Natural Sciences Institute of the National University of Colombia). Existing anthropic activities in the zone may generate a detriment to the habitat, placing biological diversity at risk.

Key words. Biogeographic Chocó. Freshwater fishes. Fish inventory. Rosario River.

Introducción

El río Mira nace en Ecuador a 3000 m s.n.m. y tiene una longitud aproximada de 400 km, de los cuales sus últimos 193 km los recorre en territorio colombiano, hasta desembocar al océano Pacífico en la zona de Cabo Manglares, en inmediaciones de la población de Tumaco (Marín 1992). En su recorrido en territorio ecuatoriano recibe las aguas de los ríos Chota, Lita y en Colombia, su principal tributario es el río Güiza que recoge las aguas de la vertiente del sur-occidente del país.

La cuenca del río Mira se localiza en el extremo sur de Colombia en el departamento de Nariño, región del Chocó Biogeográfico (Rangel-Ch *et al.* 1995), con una superficie total de 10 901 km² (Marín 1992). De acuerdo con el régimen hidrológico regional, sus niveles máximos ocurren durante la temporada de lluvias que se extiende de enero a junio, y los mínimos de julio a diciembre (Guzmán *et al.* 2014). Su caudal medio anual se ha estimado en 989 m³.s⁻¹ (Marín 1992), máximo de 1 105 m³.s⁻¹ y mínimo de 533 m³.s⁻¹ (Restrepo 2006).

Durante las últimas décadas la cuenca ha sido sometida a un intenso y permanente proceso de deforestación, para cultivos de coca en el piedemonte y monocultivo de palma africana en la planicie aluvial. Para el departamento de Nariño se registraron 28000 ha de palma cultivada (Arboleda 2008), las cuales aumentaron a 33800 ha para el 2015 (FEDEPALMA, com. pers. 2016), mientras que los cultivos de coca se incrementaron en el departamento de 17300 ha en 2014 a 29800 ha en 2015 (UNODC-Gobierno de Colombia 2016). Los efectos sobre la ictiofauna regional derivados de esta intensa deforestación, las prácticas de cultivo, uso de agroquímicos y el empleo de glifosato para el control de cultivos de coca, aún no han sido evaluados.

Antes de este estudio la ictiofauna de la cuenca del río Mira había sido muy poco explorada y los escasos registros en colecciones biológicas indicaban una baja riqueza: 10 especies (Mojica 1999), 19 especies (Mojica *et al.* 2004), 17 especies (Rodríguez-Olarte *et al.* 2011, Maldonado-Ocampo *et al.* 2012) y 33

especies para la parte alta de la cuenca en el territorio ecuatoriano (Jimenez-Prado *et al.* 2015). En cualquier caso, esta diversidad de peces dulceacuícolas resulta baja comparada con otras cuencas del Pacífico colombiano, como las de los ríos Patía, Dagua, San Juan y Baudó, que sobrepasan las 40 especies (Usma 2001, Mojica *et al.* 2004, Rodríguez-Olarte *et al.* 2011, Maldonado-Ocampo *et al.* 2012).

En este contexto, la investigación se orientó al levantamiento de información primaria con el objeto de documentar en detalle la riqueza de peces de la cuenca del río Mira. Se incluyó la ictiofauna del río Rosario, un pequeño cauce que nace en inmediaciones de la población de Llorente y desemboca al norte de Tumaco, pero que en ocasiones recibe aguas de desborde del río Mira y mantiene un intercambio de especies, de manera que aquí son tratadas como una misma unidad biogeográfica.

Material y métodos

El inventario de especies se obtuvo a partir de muestreos intensivos de campo y de la revisión del material depositado previamente en la Colección de Peces del Instituto de Ciencias Naturales ICN-MHN. Se realizaron muestreos que cubrieron diferentes gradientes altitudinales a lo largo de la cuenca, así como diferentes momentos del ciclo hidrológico anual. Cada expedición tuvo una intensidad de colecta de 10 a 12 días, y se efectuaron entre los años 2009 a 2016, de la siguiente manera: septiembre 2009 y marzo 2010; donde se hizo énfasis en el muestreo de pequeños ríos y cuerpos de agua tributarios en la parte alta de la cuenca a lo largo de la carretera Pasto-Tumaco, teniendo como base la población de Altaquer, departamento de Nariño; marzo 2015 y septiembre 2015; febrero 2016 y septiembre 2016; donde se muestrearon cuerpos de agua de la parte baja, teniendo como base la población de Tumaco.

En cada localidad se seleccionaron tramos de ríos en función del ancho del cauce, facilidad de acceso y de operación de las artes de pesca. Se muestrearon tramos con longitudes entre 20 y 200 m. Para la colecta de los peces se empleó una combinación de artes de pesca que

incluyó el uso de atarrayas de 2 m de diámetro y 1 cm de distancia entre nudos, redes de arrastre de 6 a 10 m de longitud y trama de 1 mm, redes de mano de 70 cm de diámetro y trama de 1 mm. En la última expedición se realizaron capturas en algunas localidades con un equipo portátil de electro-pesca. Todos los muestreos se efectuaron durante horas del día y en ningún caso se realizaron muestreos nocturnos, por razones de orden público.

Todos los peces fueron recolectados, anestesiados con eugenol y fijados en una solución de formol al 10 %, para su posterior traslado al laboratorio de Ictiología del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá. Los especímenes se preservaron en etanol al 70 % y fueron determinados e incluidos en la Colección de Peces del ICN-MHN. Adicionalmente se realizó la revisión taxonómica de todos los lotes previamente depositados en el ICN-MHN. Aquellos especímenes que requerían análisis

de sus estructuras óseas, fueron transparentados mediante la técnica de Song y Parenti (1995). Para la presentación de las especies se sigue la propuesta de órdenes y familias de Nelson *et al.* (2016), y dentro de ellas, las especies siguen orden alfabético. La validez y sinonimias de las especies fueron verificadas en la página web Catálogo de Peces de la Academia de Ciencia de California (<http://calacademy.org/>), consultada en noviembre de 2016.

Resultados

Se muestrearon 26 localidades distribuidas en 14 cursos de agua que comprendieron un gradiente de altitud desde los 10 hasta 1500 m s.n.m. (Figura 1) y en total se colectaron 10.354 ejemplares. Para la revisión del material depositado en la colección del ICN-MHN se analizaron 36 lotes con un total de 227 ejemplares, correspondientes a colectas realizadas por Saulo Usma en 1994 y Germán Galvis y Mauricio Camargo en 1995.

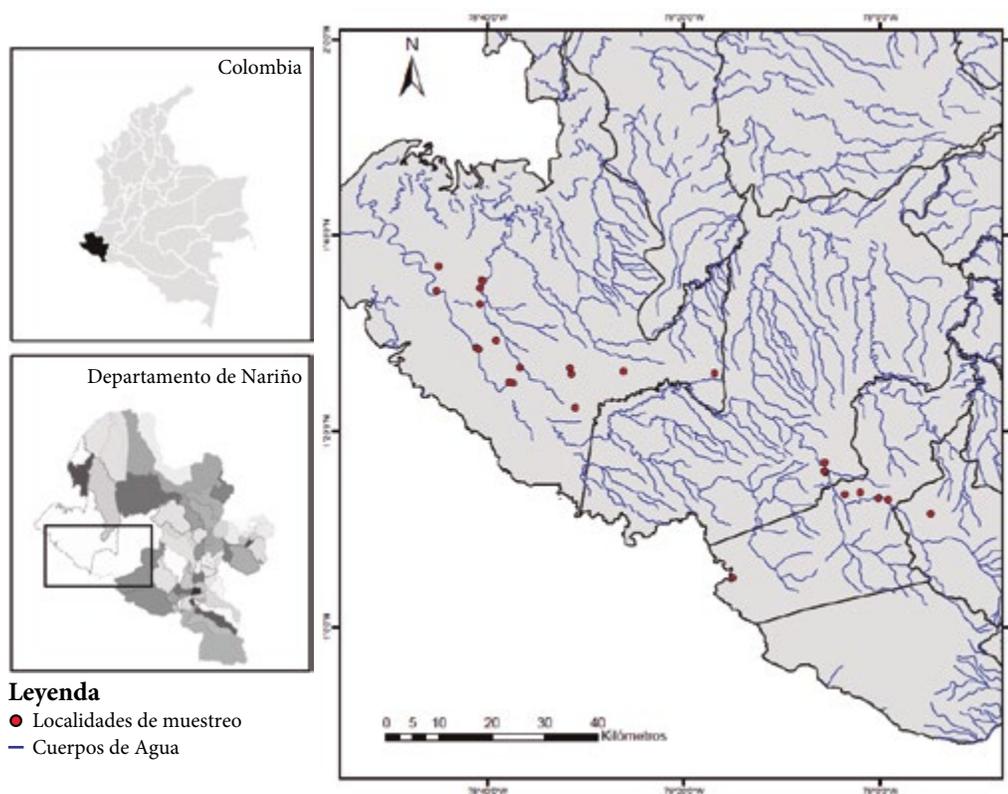


Figura 1. Mapa de las localidades muestreadas en la cuenca del río Mira, departamento de Nariño, Colombia (escala 1:750.000).

La ictiofauna de la cuenca aquí documentada está compuesta por 39 especies, distribuidas en 10 órdenes, 20 familias y 32 géneros. Del total, 30 especies corresponden a dulceacuícolas primarias (29 nativas y una introducida) y nueve de origen marino que remontan las aguas dulces de la cuenca. En la tabla 1 presenta el resumen por órdenes y el listado de las especies en el anexo 1.

Tabla 1. Resumen por órdenes y número de familias, géneros y especies de los peces de la cuenca del río Mira en Colombia.

| Orden | Nº de familias | Nº de géneros | Nº de especies |
|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| Characiformes | 5 | 9 | 12 |
| Siluriformes | 5 | 7 | 11 |
| Gymnotiformes | 2 | 2 | 2 |
| Gobiiformes | 2 | 5 | 5 |
| Mugiliformes | 1 | 1 | 1 |
| Cichliformes | 1 | 3 | 3 |
| Beloniformes | 1 | 1 | 1 |
| Cyprinodontiformes | 1 | 2 | 2 |
| Pleuronectiformes | 1 | 1 | 1 |
| Syngnathiformes | 1 | 1 | 1 |
| Total | 20 | 32 | 39 |

Discusión

Este estudio incrementa a 29 el número de especies dulceacuícolas primarias nativas documentadas y se adicionan las siguientes 17 especies a las listas publicadas para la cuenca del río Mira en Colombia: *Hoplias malabaricus* (Bloch 1794); *Pseudocurimata lineopunctata* (Boulenger 1911); *Lebiasina narinensis* Ardila Rodríguez 2002; *Ctenolucius beani* (Fowler 1907); *Brycon argenteus* Meek & Hildebrand 1913; *Eretmobrycon dahli* (Román-Valencia 2000); *Roebooides occidentalis* Meek & Hildebrand 1916; *Astroblepus chotae* (Regan 1904); *Astroblepus grixalvii* Humboldt 1805; *Chaetostoma marginatum* Regan 1904; *Rineloricaria jubata* (Boulenger 1902); *Pimelodella eutaenia* Regan 1913; *Pimelodella grisea*

(Regan 1903); *Rhamdia guatemalensis* (Günther 1864); *Sternopygus macrurus* (Bloch & Schneider 1801); *Andinoacara biseriatus* (Regan 1913) y *Poecilia caucana* (Steindachner 1880).

Adicionalmente, se documentan como primeros registros para el río Mira las siguientes nueve especies dulceacuícolas secundarias: *Eleotris picta* Kner 1863; *Gobiomorus maculatus* (Günther 1859); *Hemieleotris latifasciata* (Meek & Hildebrand 1912); *Awaous transandeanus* (Günther 1861); *Sicydium rosenbergii* (Boulenger 1899); *Agonostomus monticola* (Bancroft 1834); *Strongylura fluviatilis* (Regan 1903); *Achirus mazatlanus* (Steindachner 1869) y *Pseudophallus starksi* (Jordan & Culver 1895).

Por otra parte, las siguientes cinco especies no fueron colectadas durante las expediciones, no obstante haber sido incluidas en listados previos (Mojica 1999, Mojica *et al.* 2004, Maldonado-Ocampo *et al.* 2012): *Lebiasina multimaculata* Boulenger 1911; *Pseudochalceus kyburzi* Schultz 1966; *Bryconamericus guizae* Román-Valencia 2003; *Brycon henni* Eigenmann 1913 y *Astroblepus rosei* Eigenmann 1922.

Así mismo, se considera que las especies: *Eretmobrycon peruanus* (Müller & Troschel 1845); *Bryconamericus emperador* (Eigenmann & Ogle 1907); *Rhamdia quelen* (Quoy y Gaimard 1824) y *Synbranchus marmoratus* Bloch 1795, corresponden a registros equivocados de Mojica (1999) y Mojica *et al.* (2004), las cuales se excluyen de la lista por carecer de evidencia física de ellas en colecciones científicas.

Se incluye en la lista la tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758), especie introducida y colectada en el río Rosario. La cachama *Colossoma macropomum* (Cuvier 1816) transplantada a la cuenca del río Mira (Gutiérrez 2006), no se incluyó en la lista debido a que no fue colectada en ninguna de las expediciones, aunque los habitantes de la región señalan su presencia en los ríos Mira y Rosario, en ambos casos con capturas poco frecuentes.

Durante la expedición realizada en septiembre de 2009, se colectaron en el río Mira en la localidad

de La Variante, a una altitud de 20 m s.n.m., dos ejemplares del género *Trichomycterus* y dos del género *Cruciglanis*, los cuales se tratan de especies nuevas, para ser descritas formalmente para la ciencia.

Conclusiones

La información ictiológica y listas taxonómicas disponibles de la cuenca del río Mira denotaban una muy baja riqueza de especies. Sin embargo, con los resultados obtenidos, se concluye que la riqueza reducida de especies se debía a la carencia de exploraciones en la zona, más que a un fenómeno biogeográfico. Esto permite recalcar la importancia de realizar muestreos a escalas temporales y espaciales amplias, a fin de recoger la variabilidad y diversidad regional.

Finalmente se destaca que los procesos de alteración de hábitat con efectos en los ecosistemas acuáticos regionales son preocupantes. Los impactos antrópicos de la actual minería de oro, los constantes derrames de crudo del Oleoducto Transandino, el cultivo, procesamiento y control de la coca con glifosato, junto con la tala y sustitución de extensas áreas de bosque nativo por cultivos de palma africana en la planicie aluvial, deben tener consecuencias negativas en la diversidad de peces de la cuenca, que aún no han sido evaluadas.

Agradecimientos

Expresamos nuestros agradecimientos a todas aquellas personas que con su ayuda y participación nos permitieron hacer esta investigación, en particular a Mauricio y Cristian Flórez de la Fundación Reserva Natural Río Ñambi. Al señor Elpidio Orobio, auxiliar de campo en la región de Tumaco. A los estudiantes de la asignatura taxonomía animal que participaron en los muestreos de campo y separación de especímenes en laboratorio. A los profesores Yaneth Muñoz y Fernando Fernández del Instituto de Ciencias Naturales por la coordinación de las actividades de campo, y al profesor Juan Edilberto Rincón, del Instituto de Investigaciones del Pacífico, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Tumaco.

Bibliografía

- Arboleda M., N. 2008. La palma africana en el pacífico colombiano: su ilegalidad, consecuencias y violación de derechos territoriales. *Luna Azul* 27: 113-126.
- Fowler, H. W. 1942. Lista de peces de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 17: 128-138
- Gutiérrez, F. 2006. Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Bogotá, D.C. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 156 pp.
- Guzmán, D., J. F. Ruiz y M. Cadena. 2014. Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través de Análisis de Componentes Principales. Informe Técnico. IDEAM. Bogotá D.C. 34 pp.
- Jiménez-Prado, P. W., P. W. Aguirre, E. Laaz-Moncayo, R. Navarrete-Amaya, F. Nugra-Salazar, E. Rebolledo-Monsalve, E. Zárate-Hugo, A. Torres-Noboa y J. Valdiviezo-Rivera. 2015. Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Universidad del Azuay y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad. Esmeraldas. Ecuador. 416 pp.
- Marín, R. 1992. Estadísticas sobre el recurso agua en Colombia. 2a Edición. Ministerio de Agricultura, HIMAT. Bogotá, 412 pp.
- Maldonado-Ocampo, J. A., J. S. Usma, F. A. Villa-Navarro, A. Ortega-Lara, S. Prada-Pedreiros, L. F. Jiménez, U. Jaramillo-Villa, A. Arango, T. Rivas y G. C. Sánchez. 2012. Peces dulceacuícolas del Chocó Biogeográfico de Colombia. WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C. 400 pp.
- Mojica, J. I. 1999. Lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 23 (Suplemento Especial): 547-566.
- Mojica, J. I., J. S. Usma y G. Galvis. 2004. Peces dulceacuícolas del Chocó Biogeográfico: 725-743. *En*: Rangel-Ch., J. O. (Ed.) Colombia Diversidad Biótica IV. Chocó Biogeográfico. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá
- Nelson, J. S., T. C. Grande, M. V. Wilson. 2016. Fishes of the world. Fifth Edition. Wiley. Acid-free paper. John Wiley y Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 752 págs.
- Rangel-Ch, J. O., M. Aguilar, H. Sánchez y P. Lowy. 1995. Región costa pacífica. *En*: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia, Diversidad Biótica I. de Ciencias Naturales, Inderena, Fondo FEN. Bogotá. 443 págs.
- Restrepo, J. C. 2006. Aporte de caudales de los ríos Baudó, San Juan, Patía y Mira a la cuenca pacífica colombiana. *Boletín científico CCCP*. 13: 17-32.
- Rodríguez-Olarte, D., J. I. Mojica y D. Taphorn. 2011. Northern South America. Magdalena and Maracaibo Basins. Pp. 243-257. *En*: Albert, J. y R. Reis. (Eds). Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. University of California Press. Berkeley.

Song, J. y L. R. Parenti. 1995. Clearing and staining whole fish specimens for simultaneous demonstration of bone, cartilage, and nerves. *Copeia*. 1:114-118.

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) y Gobierno de Colombia. 2016. Colombia, Monitoreo de territorios afectados

por cultivos ilícitos 2015. Informe técnico. Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito UNODC. Bogotá, D. C. 146 pp.

Usma, J. S. 2001. Peces de la cuenca media del río Patía y el río Güiza, Nariño, Colombia. *Cespedesia* 24 (75-78): 7-25.

Anexo 1. Lista taxonómica de las especies de la cuenca del río Mira en Colombia.

| Taxa | Marina | Dulceacuícola | ICN-MHN |
|---|--------|---------------|---|
| Orden Characiformes | | | |
| Familia Erythrinidae | | | |
| <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794) | | X | 17466, 19286, 19684 |
| Familia Curimatidae | | | |
| <i>Pseudocurimata lineopunctata</i> (Boulenger, 1911) | | X | 17555, 19530 |
| <i>Pseudocurimata patiae</i> (Eigenmann, 1914) | | X | 19107, 19144, 19296, 19300, 19529, 19551, 19635 |
| Familia Lebiasinidae | | | |
| <i>Lebiasina narinensis</i> Ardila Rodríguez, 2002 | | X | 17468 |
| Familia Ctenoluciidae | | | |
| <i>Ctenolucius beani</i> (Fowler, 1907) | | X | 19349, 19357, 19581, 19654, 19658, 19661, 19662, 19683 |
| Familia Characidae | | | |
| <i>Brycon argenteus</i> Meek & Hildebrand, 1913 | | X | 2350, 4966 |
| <i>Brycon dentex</i> Günther, 1860 | | X | 19192, 19211, 19212, 19292, 19293, 19294, 19297, 19298, 19302 |
| <i>Brycon posadae</i> Fowler, 1945 | | X | 19223, 19324, 19337, 19338 |
| <i>Eretmobrycon dahlí</i> (Román-Valencia, 2000) | | X | 19290, 19299, 19301, 19308, 19310, 19311, 19087, 19113 |
| <i>Hyphessobrycon</i> sp. Durbin, 1908 | | X | 17525, 17531, 17534, 17539 |
| <i>Pseudochalceus longianalis</i> Géry, 1972 | | X | 17545, 17557, 17559, 17561, 19204 |
| <i>Roeboides occidentalis</i> Meek & Hildebrand, 1916 | | X | 19563, 19571, 19582, 19592, 19656, 19660, 19668, 19672, 19673 |
| Orden Siluriformes | | | |
| Familia Trichomycteridae | | | |
| <i>Trichomycterus latidens</i> (Eigenmann, 1917) | | X | 17462, 17464, 17461, 17463 |
| <i>Trichomycterus</i> sp. Valenciennes, 1832 | | X | 21787 |
| Familia Astroblepidae | | | |
| <i>Astroblepus cirratus</i> (Regan, 1912) | | X | 2316 |
| <i>Astroblepus grixalví</i> Humboldt, 1805 | | X | 2348 |
| <i>Astroblepus longifilis</i> (Steindachner, 1882) | | X | 2341 |
| Familia Loricariidae | | | |
| <i>Chaetostoma marginatum</i> Regan, 1904 | | X | 17584, 19347, 19348 |

Cont. **Anexo 1.** Lista taxonómica de las especies de la cuenca del río Mira en Colombia.

| Taxa | Marina | Dulceacuicola | ICN-MHN |
|--|--------|---------------|--|
| Orden Siluriformes | | | |
| Familia Loricariidae | | | |
| <i>Rineloricaria jubata</i> (Boulenger, 1902) | | X | 17454, 17456, 19148, 19149, 19367, 19368 |
| Familia Heptapteridae | | | |
| <i>Pimelodella eutaenia</i> Regan, 1913 | | X | 19206 |
| <i>Pimelodella grisea</i> (Regan, 1903) | | X | 19568, 19570, 19596, 19599, 19622, 19664, 19665, 19692 |
| <i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther, 1864) | | X | 19244, 19323, 19325, 19327, 19345 |
| Familia Pseudopimelodidae | | | |
| <i>Cruciglanis</i> sp. Ortega-Lara & Lehmann, 2006 | | X | 21786 |
| Orden Gymnotiformes | | | |
| Familia Hypopomidae | | | |
| <i>Brachyhypopomus occidentalis</i> (Regan, 1914) | | X | 2345 |
| Familia Sternopygidae | | | |
| <i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider, 1801) | | X | 19358, 19359, 19360, 19361, 19362, 19363 |
| Orden Gobiiformes | | | |
| Familia Eleotridae | | | |
| <i>Eleotris picta</i> Kner, 1863 | X | | 19218, 19248, 19322, 19365, 19567 |
| <i>Gobiomorus maculatus</i> (Günther, 1859) | X | | 19245, 19217, 19326, 19331, 19334, 19535, 19536 |
| <i>Hemieleotris latifasciata</i> (Meek & Hildebrand, 1912) | X | | 19093, 19131, 19234, 19235, 19271 |
| Familia Oxudercidae | | | |
| <i>Awaous transandeanus</i> (Günther, 1861) | X | | 19161, 19190, 19625 |
| <i>Sicydium rosenbergii</i> (Boulenger, 1899) | X | | 19091 |
| Orden Mugiliformes | | | |
| Familia Mugilidae | | | |
| <i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft, 1834) | X | | 17571 |
| Orden Cichliformes | | | |
| Familia Cichlidae | | | |
| <i>Andinoacara biseriatus</i> (Regan, 1913) | | X | 17544, 17547, 17554, 19287, 19364, 19637 |
| <i>Mesoheros ornatus</i> (Regan, 1905) | | X | 19225, 19243, 19315, 19316, 19317, 19332, 19340, 19341 |
| <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) | | X | 19143, 19366 |
| Orden Beloniformes | | | |
| Familia Belonidae | | | |
| <i>Strongylura fluviatilis</i> (Regan, 1903) | X | | 19185, 19230, 19321 |

Cont. **Anexo 1.** Lista taxonómica de las especies de la cuenca del río Mira en Colombia.

| Taxa | Marina | Dulceacuícola | ICN-MHN |
|---|--------|---------------|----------------------------|
| Orden Cyprinodontiformes | | | |
| Familia Poeciliidae | | | |
| <i>Poecilia caucana</i> (Steindachner, 1880) | | X | 17471, 17472, 17548, 17593 |
| <i>Pseudopoecilia fria</i> (Eigenmann & Henn, 1914) | | X | 19681 19579 19628 19639 |
| Orden Pleuronectiformes | | | |
| Familia Achiridae | | | |
| <i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1869) | X | | 19103 |
| Orden Syngnathiformes | | | |
| Familia Syngnathidae | | | |
| <i>Pseudophallus starksii</i> (Jordan & Culver, 1895) | X | | 19156, 19157, 19229 |

José Iván Mojica

Universidad Nacional de Colombia,
Instituto de Ciencias Naturales,
Bogotá, Colombia
jimojicac@unal.edu.co

Cristian Camilo Martínez-González

Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
ccmartinezg@unal.edu.co

Astrid Gisela Acosta-Vela

Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
agacostav@unal.edu.co

Edgar Larrarte-Rivera

Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
elarrarter@unal.edu.co

William González-Daza

Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
wgonzalezd@unal.edu.co

Fábel Leonardo Ávila-Rojas

Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
flavilar@unal.edu.co

Estephania Martínez-Aguirre

Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
estmartinezagu@unal.edu.co

Julián David Forero-Cano

Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
judforeroca@unal.edu.co

Lista de los peces de la cuenca del río Mira, vertiente Pacífico, Colombia

Citación del artículo: Mojica, J. I., C. C. Martínez-González, A. G. Acosta-Vela, E. Larrarte-Rivera, W. González-Daza, F. L. Ávila-Rojas, E. Martínez-Aguirre y J. D. Forero-Cano. 2017. Lista de los peces de la cuenca del río Mira, vertiente Pacífico, Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 190–198. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a12

Recibido: 06 de diciembre de 2016

Aprobado: 18 de mayo de 2017

Ichthyofauna of piedmont and savannah environments in the Casanare River drainage, Orinoco Basin, Colombia

Ictiofauna de los ambientes de piedemonte y sabana en el drenaje del río Casanare, cuenca del Orinoco, Colombia

Jhon Zamudio, Alexander Urbano-Bonilla, Vicente Preciado-Silva, Daniel Rodríguez-Cubillos and Edgar E. Herrera-Collazos

Abstract

Currently, only 20 fish species have been recorded from the Casanare River, which is one of the main tributaries of the Meta River drainage. To characterize the fish assemblages of this river, samplings were carried out at 35 collecting stations in low and high water seasons of 2015. The results obtained, raised the number of fish species of the Casanare River drainage to 180, of which 41 are exclusive to the piedmont, 83 to the savannah and 56 are shared between both units; 19 species are endemic, 11 are migratory, and three are classified in one of the national threat categories. Three species were found to be undescribed and one represents a new record for the Orinoco River Basin in Colombia. This study fills the lack of information for the Casanare River drainage, highlights its importance as a potential area for biodiversity conservation and facilitates the decision-making process related to the management planning and conservation of the hydrographic basin.

Key words. Composition. Fishes. Inventory. Neotropical ichthyology. Richness.

Resumen

Actualmente, sólo se han registrado 20 especies de peces para el río Casanare, uno de los principales afluentes de la cuenca del río Meta. Con el fin de caracterizar los ensamblajes de peces de este río, se realizaron muestreos en 35 estaciones de colecta en los períodos de aguas bajas y altas del 2015. Los resultados obtenidos incrementaron el número de especies de peces de la cuenca del río Casanare a 180, de las cuales 41 son exclusivas del piedemonte, 83 de la sabana y 56 son compartidas entre ambas unidades; 19 especies son endémicas, 11 son migratorias y tres están clasificadas en una de las categorías de amenaza nacional. Se encontraron tres especies no descritas y una representa un nuevo registro para la cuenca del río Orinoco en Colombia. Este estudio llena el vacío de información para la cuenca del río Casanare, destaca su importancia como área potencial para la conservación de la biodiversidad y facilita el proceso de toma de decisiones relacionado con la planificación de manejo y conservación de la cuenca hidrográfica.

Palabras clave. Ictiología Neotropical. Composición. Inventario. Peces. Riqueza.

Introduction

The Orinoco River Basin, with an area of 981,446 km², shared between Venezuela (65 %) and Colombia (35 %) (Lasso *et al.* 2016), harbors 1002 fish species (Reis *et al.* 2016), from which more than 66 % (663 spp.) are found in Colombia (DoNascimento *et al.* 2017), in different aquatic systems of the Andean Orinoco, piedmont and savannahs natural ecoregions (Abell *et al.* 2008).

The tributaries of the Orinoco River in Colombia are the Arauca, Guaviare, Vichada, Inírida, Tomo, Bitá and Meta rivers, where the sampling effort and the level of knowledge are low (scores 1 or 2 on a scale of 1 to 4) and the information gap is high (scores 3 and 4 on a scale of 1 to 4) (Lasso *et al.* 2016). The Meta River is the main Colombian Orinoco tributary with an area of 10830,4 km² (Machado-Allison *et al.* 2010), medium to high fish species richness and important levels of endemism (of 577 species recorded, 10 or more are endemics), and high importance for local human communities with 298 economically important species (Usma *et al.* 2016). However, part of this richness is currently threatened with 15 species classified as Endangered (Mojica *et al.* 2012), mainly as an effect of several anthropic impacts such as land conversion and habitat loss, especially in the piedmont and savannah regions (Barletta *et al.* 2010, 2016, Reis *et al.* 2016).

In the last few years, the increase in the ichthyological knowledge has been significant for the principal tributaries of the Meta River (Mojica 1999, Urbano-Bonilla *et al.* 2009, 2014, Villa-Navarro *et al.* 2011, Maldonado-Ocampo *et al.* 2013, Usma *et al.* 2016). However, there are still poorly-known drainages such as the Casanare River drainage, that currently has information gaps (Machado-Allison *et al.* 2010, Lasso *et al.* 2016), and for which only 20 fish species have been recorded (Villa-Navarro *et al.* 2011). For this reason, the ichthyological inventory of the piedmont and savannahs of the Casanare River drainage is presented here, as an effort to contribute to the knowledge of its composition and richness, and to structure a base-line of the fish species found in the hydrographic drainage.

Material and methods

Study site

The main tributary of the Orinoco River in Colombia is the Meta River, which has an extensive system of tributaries that drain the Andes Mountains (Casanare, Ariporo, Cusiana, Cravo Sur, Pauto, Túa, Upía and Guachiría rivers). The Casanare River, with an extension of 8000 km², originates in El Cocuy Natural National Park at 3685 m a.s.l (06°18'N, 072°21'W), and joins with the Ariporo River at 85 m a.s.l (06°03'N, 069°53'W) (IGAC 1999). The Casanare River drainage includes several different natural habitat units (Andean mountain, piedmont and savannah or llanos areas) and aquatic ecosystems (streams, rivers, wetlands and morichales) (Garavito-Fonseca *et al.* 2011) that drain part of the territory in the departments of Boyacá, Casanare and Arauca. The annual hydrological cycle of the drainage is unimodal with maximum rainfall through June-July, and minimum during January-February. The average monthly temperature is 25,9 °C and the precipitation 298,3 mm (IDEAM 2016 <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>).

This study considered two natural units, the Andean piedmont that comprises the Andean versant above 200 m a.s.l, and the savannahs and flooded forests below 200 m a.s.l (Lasso *et al.* 2010). For the delimitation of natural units, the layer intersection tool was used (slope, geo-shape, covers and climate), available in ArcGIS ©10.2 (Figure 1).

Data Collection and Treatment

Samplings took place during two hydrological seasons: low water (March-April 2015) and high water (August-September 2015). The collections were carried out at 35 sampling localities in the Casanare River drainage including rivers, streams, lakes, floodplain lagoons and morichales, of which 24 are in the piedmont and 11 in flooded savannahs (Figures 2–11). The coordinates follow the WGS84 system.

Collection in piedmont stations was carried out with transects of 75 meters in length using an electrofishing

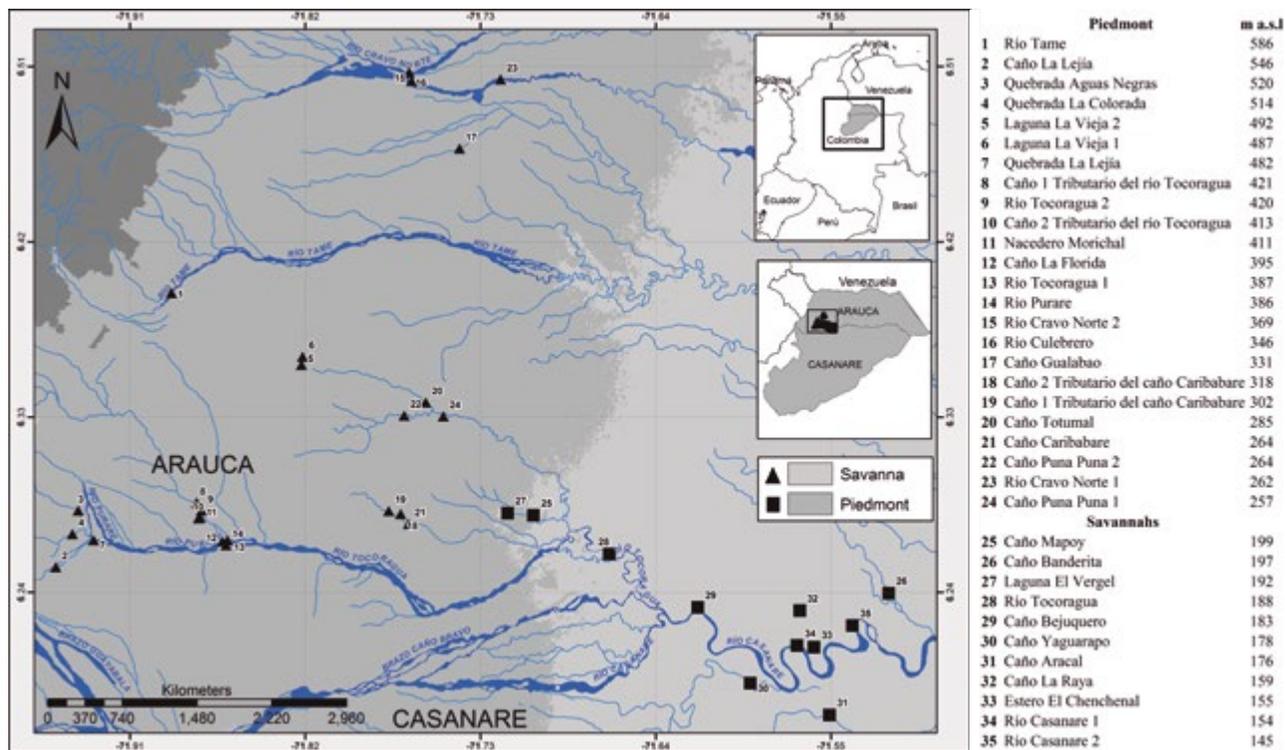


Figure 1. Spatial localization of the sampling sites in piedmont (black triangles) and savannah (black squares) in the Casanare River drainage.



Figures 2–5. Ecosystems in piedmont and savannahs in the Casanare River drainage: **2:** piedmont river (río Tame), **3:** savannah river (río Casanare 1), **4:** piedmont stream (caño Puna Puna), **5:** savannah stream (caño La Raya and caño Yaguarapo).



Figures 6–11. Ecosystems in piedmont and savannas in the Casanare River drainage: **6:** piedmont white-water creek (quebrada La Colorada), **7:** savanna stream (caño La Raya and caño Yaguarapo), **8:** piedmont black-water creek (caño La Lejía), **9:** savanna floodplain lagoon (estero El Chenchenal), **10:** piedmont lagoon (laguna La Vieja), **11:** savanna lagoon (laguna El Vergel).

equipment (Samus 725G/550-600), complemented with six successive passes of a seine (5 m long, 2 m height and 0,1 cm mesh) and 20 throws of a cast net (3 m diameter and 2 cm mesh). In the savanna stations, sampling spanned a transect of 100 m, performing eight passes of a seine (7 m long, 2 m height and 0,1 cm mesh), 20 throws of cast net (diameter of 4 m and 2,5 cm mesh) and the installation of 20 hooks during two hours (hooks and lines of different size and bait types). Two “stationary” gillnets (23 m long, 2 m height and 5 cm mesh) were used along the main course of the Casanare River, which were installed during 4 hours and examined every half hour.

The specimens were anesthetized in-situ with benzocaine solution and fixed in 10 % formalin, and then preserved in 70 % ethanol. Specimens were identified and housed in the ichthyological collections of both the Instituto Alexander von Humboldt (IAvH-P) and the Museo Javeriano de Historia Natural Lorenzo Uribe Uribe S.J (MPUJ). Large-sized species and those under any national threat category, were identified in the field, photographed and posteriorly released in their capture site. Taxonomic identification was done at the species level using species descriptions, taxonomic revisions and specialized taxonomic keys (Lasso and Machado-Allison 2000, Vari and Harold 2001, Taphorn

2003, Armbruster 2003, 2005, Netto-Ferreira *et al.* 2009, Londoño-Burbano *et al.* 2011, Ballen and Vari 2012, Ballen and Mojica 2014, Menezes and Lucena 2014, Marinho and Langeani 2016). The list of species and the validation of the scientific names follow the classification of Eschmeyer *et al.* (2016 <http://www.calacademy.org/scientists/catalog-of-fishes-classification/>).

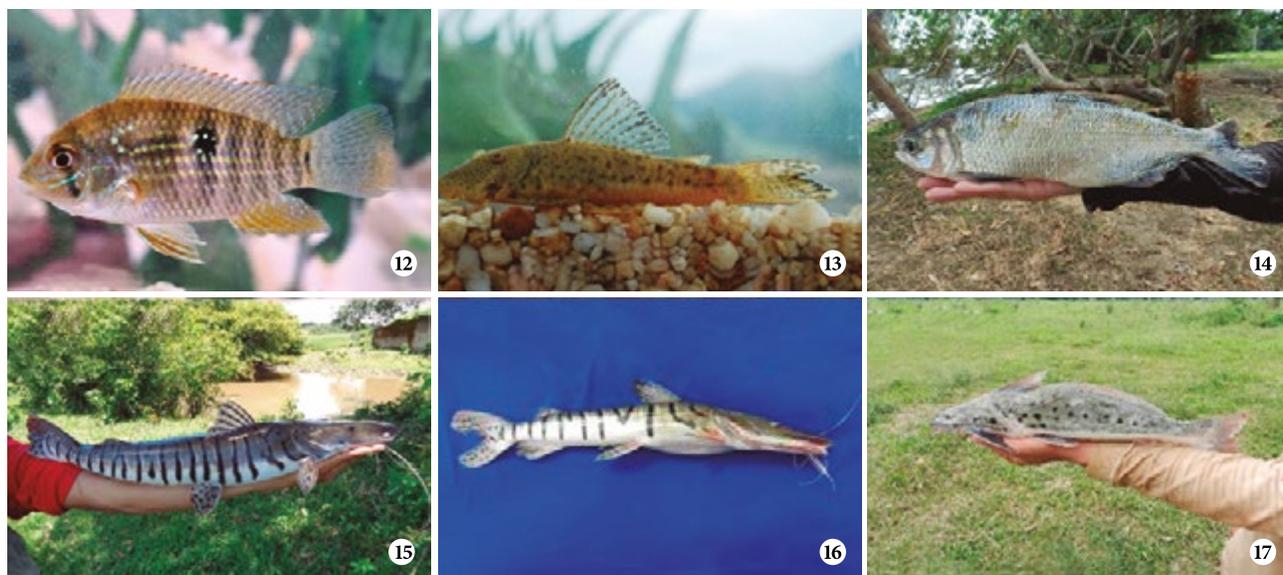
Species were categorized as endemic of Orinoco river drainage or some sub-drainage (Machado-Allison *et al.* 2010), migratory (Zapata and Usma 2013) and threatened (Mojica *et al.* 2012), in order to assess the conservation status of the fish fauna in the drainage.

Lastly, the complete dataset was uploaded to SiB Colombia's (GBIF Colombia Node) Integrated Publishing Tool in order to increase the visibility and reach of the information produced herein. The Darwin Core standard (Wieczorek *et al.* 2012) was used as the biodiversity standard to structure the complete dataset. The shared dataset is identified by a DOI, provided by SiB Colombia and is available at <http://doi.org/10.15472/fjsg8q>. All the results and discussion showed herein follow the version 2.2 of the published dataset.

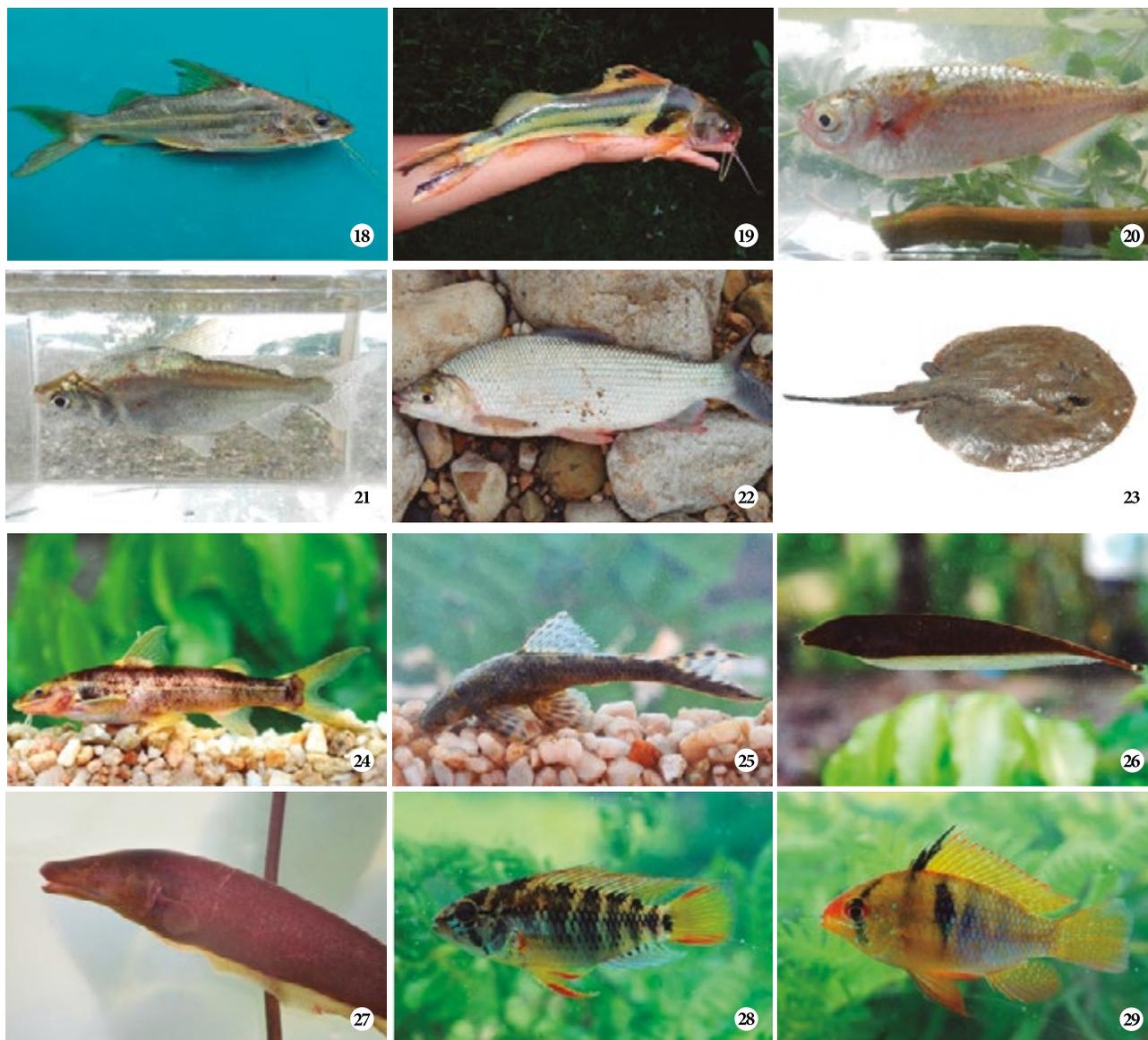
Results

We recorded 180 fish species belonging to 110 genera, 33 families and seven orders. The order Characiformes was the richest with 92 species followed by the Siluriformes with 68, Gymnotiformes with 9 and the Cichliformes with 8, while the Myliobatiformes, Synbranchiformes and Cyprinodontiformes were represented by one species each (Figures 12–65). Of these species, 41 are exclusive to the piedmont, 83 to the savannah and 56 are shared between both natural units. We found 27 species with taxonomic uncertainty that are in revision process, three are presumably undescribed species: *Andinoacara* sp. (Figure 12), *Chaetostoma* sp. (Figure 13) and an undetermined genus of Heptapteridae. *Epapterus blohmi* is herein reported as a new record for the Orinoco River Basin in Colombia.

Likewise, 19 species are endemic to the Orinoco River Basin, 11 are migratory (Figures 14–22) and three categorized as threatened: *Pseudoplatystoma metaense* (Figure 15) and *P. orinocoense* (Figure 16) are Vulnerable-VU and *Potamotrygon orbignyi* (Figure 23) is Near Threatened-NT.



Figures 12–17. Undescribed, migratory, threatened and endemic species from the Casanare River drainage: **12:** *Andinoacara* sp., **13:** *Chaetostoma* sp., **14:** *Brycon amazonicus*, **15:** *Pseudoplatystoma metaense*, **16:** *P. orinocoense*, **17:** *Calophysus macropterus*.



Figures 18–29. Undescribed, migratory, threatened and endemic species from the Casanare River drainage: **18:** *Pimelodus blochii*, **19:** *P. ornatus*, **20:** *Triportheus venezuelensis*, **21:** *Potamorhina altamazonica*, **22:** *Prochilodus mariae*, **23:** *Potamotrygon orbignyi*, **24:** *Cetopsorhamdia* aff. *picklei*, **25:** *Lasiancistrus tentaculatus*, **26:** *Apteronotus galvisi*, **27:** *A. macrostomus*, **28:** *Apistogramma viejita*, **29:** *Mikrogeophagus ramirezi*.



Figures 30–41. Fish species recorded from the Casanare River drainage: **30:** *Parodon apolinari*, **31:** *Steindachnerina pupula*, **32:** *Serrasalmus irritans*, **33:** *Entomocorus gameroi*, **34:** *Lebiasina erythrinoides*, **35:** *Copella eigenmanni*, **36:** *Pyrrhulina lugubris*, **37:** *Gymnocorymbus bondi*, **38:** *Aphyocharax alburnus*, **39:** *Paragoniates alburnus*, **40:** *Xenagoniates bondi*, **41:** *Acestrocephalus* sp.



Figures 42–53. Fish species recorded from the Casanare River drainage: **42:** *Exodon paradoxus*, **43:** *Roeboides dientonito*, **44:** *Cheirodontops geayi*, **45:** *Astyanax integer*, **46:** *A. venezuelae*, **47:** *Creagrutus melasma*, **48:** *Microglanis iheringi*, **49:** *Imparfinis pseudonemacheir*, **50:** *Imparfinis* sp. 1, **51:** *Pimelodella metae*, **52:** *Cetopsis orinoco*, **53:** *Hoplomyzon sexpapilostoma*.



Figures 54–65. Fish species recorded from the Casanare River drainage: **54:** *Hypostomus plecostomoides*, **55:** *Hypostomus* sp. 1, **56:** *Chaetostoma joropo*, **57:** *Panaqolus macculus*, **58:** *Astroblepus* sp., **59:** *Eigenmannia virescens*, **60:** *Hypopygus lepturus*, **61:** *Electrophorus electricus*, **62:** *Synbranchus marmoratus*, **63:** *Hemisorubim platyrhynchos*, **64:** *Oxydoras sifontesi*, **65:** *Entomocorus* sp.

Discussion

The highest diversification of the freshwater fish species took place in the tropical and subtropical regions, as a result of climatic and environmental processes and ecological factors (Levêque *et al.* 2008, Winemiller 2008). Among freshwater groups, the Characiformes and Siluriformes are the most diversified and representative taxa of the Neotropical ichthyofauna (Albert and Reis 2011, Reis *et al.* 2016), which has been studied at different spacial scales (Lasso *et al.* 2004, Urbano-Bonilla *et al.* 2009, 2014, Villa-Navarro *et al.* 2011, Maldonado-Ocampo *et al.* 2013). In this study the same pattern was observed, where Characiformes and Siluriformes represent 89,1 % of recorded species.

Urbano-Bonilla *et al.* (2009) reported 15 species for the piedmont natural unit of the Casanare River drainage, while in this study the number increased to 97. This richness is higher than that found for the piedmont in other adjacent drainages such as the Pauto (58 spp.), Túa (49 spp.) and Upía river (45 spp.) (Urbano-Bonilla *et al.* 2009). This is the first contribution to the knowledge of the fishes found in the savannah natural unit in the Casanare River drainage with 139 species. These results highlight the importance of the multi-spatial and multi-temporal inventories that improve our knowledge about community composition, which can not be successfully recorded by means of isolated punctual samplings. Such approach is even more relevant for areas with highly diverse and speciose faunas such as the Orinoco River Basin (Lasso *et al.* 2016).

Villa-Navarro *et al.* (2011) found 20 fish species for the Casanare River drainage, while Usma *et al.* (2016) recorded only three species in the drainage. In this study we found 180 species, placing the Casanare River as the second drainage in species richness of freshwater fishes within the Meta River drainage, surpassed only by the Cusiana River, with 258 species (Usma *et al.* 2016). Although some patterns of fish distribution and richness have been reported for piedmont rivers (Urbano-Bonilla *et al.* 2009, 2014), savannahs (Hoeinghaus *et al.* 2004, Arrington and Winemiller 2006) and

shared environments (Willis *et al.* 2005), the present contribution complements previous studies on the ichthyofauna of the Casanare River drainage. However, similar efforts are still needed in order to characterize the species composition in the upper (more than 1000 m a.s.l) and lower portions of the drainage (below 150 m a.s.l). Such biological assessment studies are important given the strong anthropogenic impact present in these areas (i.e., land conversion due to colonization, mining, agricultural and livestock), factors with a direct impact on the composition, richness and function of the fish community due to habitat loss (Machado-Allison *et al.* 2011, Barletta *et al.* 2016, Lasso *et al.* 2016, Reis *et al.* 2016, Toussaint *et al.* 2016).

Fish species richness in the Casanare River drainage represents 27,3 % of that reported for the Orinoco River Basin in Colombia, including a new record, three presumably undescribed species, 19 endemics, 11 migratory and three categorized as threatened. This information about the ichthyofauna present in the drainage is useful, considering that conservation efforts are focused on prioritized areas according to the level of knowledge about richness, endemism, threats and importance for human communities (Machado-Allison *et al.* 2010, Trujillo *et al.* 2011, Portocarrero-Aya *et al.* 2014). Therefore, our results contribute to filling some knowledge gaps on the fish communities of the Casanare River drainage, and highlight its importance as a potential area for biodiversity conservation. In addition, this information is expected to allow environmental authorities to develop and implement management plans for a series of human activities such as fishing and hydrobiological resource use in the drainage.

Conclusion

The natural eco-regions of Orinoco Piedmont and Savannahs or Orinoco Llanos, have unique attributes of resources and microhabitat availability and water types, which facilitate the refuge, dispersion and reproduction for a high number of freshwater fish species. This study highlights the importance of performing ichthyological explorations in poorly sampled environments, as it

contributes to the baseline to knowledge of biodiversity and serves as a tool for regional environmental authorities as CORPORINOQUIA, to formulate the Plan for the Management of the Casanare River drainage. In addition, this information is key to identify conservation priorities for migratory, endemic or endangered species and priority areas or drainages for conservation, in the process of selection and enactment of national protected areas in Colombia.

Acknowledgements

This investigation was carried out within the framework of the research permit 500-41-15.07209 of CORPORINOQUIA, and through the agreement 15-14-172-010CE with the Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). The authors thank the Fundación Reserva Natural La Palmita for financial support through the Cooperation agreement No. 15-14-172-010CE and the consultancy contract No. 1918-2014 with the departmental government of Casanare. We are also grateful to Maria Isabel Vieira, Carolina Mora and Miguel E. Rodríguez-Posada for technical and administrative support. To Saúl Prada and Javier Maldonado-Ocampo in the Pontificia Universidad Javeriana, and Carlos DoNascimento in the Instituto Alexander von Humboldt for their support in the fish collections. Carolina Galindo, Liz Ladino, Lina Camacho, Kelly Triana, Guido Herrera, Alejandro Méndez and Bienvenido Bastidas provided support in field and during lab work. Gustavo A. Ballen and two anonymous referees are acknowledged for reviewing the English and their comments on the manuscript. Finally, we thank the local experts from the municipalities of Tame-Arauca (Julio Ramírez, Nelson Fonseca, María Moreno, Iván Medina, Enrique Contreras, Iraida Cantor and York Jaider Vera) and Hato Corozal-Casanare (Aldiver Reyes and Giovanni Martínez) who actively participated in the field sampling as part of the Environmental Strengthening Community Programme of Fundación La Palmita.

Literature Cited

Abell, R., M. L. Thieme, C. Revenga, M. Bryer, M. Kottelat, N. Bogutskaya, B. Coad, N. Mandrak, S. Contreras-Balderas, W.

- Bussing, M. L. J. Stiassny, P. Skelton, G. R. Allen, P. Unmack, A. Naseka, R. Ng, N. Sindorf, J. Robertson, E. Armijo, J. V. Higgins, T. J. Heibel, E. Wikramanayake, D. Olson, H. L. López, R. E. Reis, J. G. Lundberg, M. H. Sabaj-Pérez and P. Petry. 2008. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58(5): 403–414.
- Albert, J. S. and R. E. Reis. 2011. Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes. Berkeley: University of California Press., 388 pp.
- Armbruster, J. W. 2003. The species of the *Hypostomus cochliodon* group (Siluriformes: Loricariidae). *Zootaxa* 249: 1–60.
- Armbruster, J. W. 2005. The loricariid catfish genus *Lasiancistrus* (Siluriformes) with description of two new species. *Neotropical Ichthyology* 3 (4): 549–569.
- Arrington, D. A. and K. O. Winemiller. 2006. Habitat affinity, the seasonal flood pulse, and community assembly in the littoral zone of a Neotropical floodplain river. *Journal of the North American Benthological Society* 25 (1): 126–141.
- Ballen, G. A. and R. P. Vari. 2012. Review of the Andean armored catfishes of the genus *Dolichancistrus* Isbrücker (Siluriformes: Loricariidae). *Neotropical Ichthyology* 10 (3): 499–518.
- Ballen, G. A. and J. I. Mojica. 2014. A new trans-Andean Stick Catfish of the genus *Farlowella* Eigenmann & Eigenmann, 1889 (Siluriformes: Loricariidae) with the first record of the genus for the río Magdalena Basin in Colombia. *Zootaxa* 3765 (2): 134–142.
- Barletta, M., A. J. Jaureguizar, C. Baigun, N. F. Fontoura, A. A. Agostinho, V. M. F. Almeida-Val, A. L. Val, R. A. Torres, L. F. Jimenez-Segura, T. Giarrizzo, N. N. Fabrè, V. S. Batista, C. Lasso, D. C. Taphorn, M. F. Costa, P. T. Chaves, J. P. Vieira and M. F. M. Corrèa. 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on Neotropical systems. *Journal of Fish Biology* 76 (9): 2118–2176.
- Barletta, M., V.E. Cussac, A.A. Agostinho, C. Baigún, E.K. Okada, A.C. Catella, N.F. Fontoura, P.S. Pompeu, L.F. Jiménez-Segura, V.S. Batista, C.A. Lasso, D. Taphorn and N.N. Fabrè. 2016. Fisheries ecology in South American river basins. Pp: 311–348. In: J.F. Craig (Eds.). *Freshwater Fisheries Ecology*. Oxford: John Wiley & Sons Ltd.
- DoNascimento, C., E. E. Herrera-Collazos, G. A. Herrera-R, A. Ortega-Lara, F.A. Villa-Navarro, J. S. Usma-Oviedo and J. A. Maldonado-Ocampo. 2017. Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. *ZooKeys* 708: 25–138. <https://doi.org/10.3897/zookeys.708.13897>.
- Garavito-Fonseca, J., C.F. Suárez, A.M. Bravo, R. Vargas, L. Cuadros, M. Córdoba and J.S. Usma. 2011. Descripción del medio natural del departamento del Casanare. Pp: 50–71. In: J.S. Usma and F. Trujillo (Eds.). *Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas estratégicos del departamento*. Bogotá D.C.: Gobernación de Casanare and WWF Colombia.
- Hoeinghaus D.J., K.O. Winemiller and D.C. Taphorn. 2004. Compositional change in fish assemblages along the Andean Piedmont-Llanos floodplain gradient of the río Portuguesa, Venezuela. *Neotropical Ichthyology* 2(2): 85–92.
- IGAC-Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1999. Casanare características geográficas. Bogotá D.C.: IGAC, Gobernación

- de Casanare, Asociación Santiago de las Atalayas and Coporinoquia., 356 pp.
- Lasso, C. and A. Machado-Allison. 2000. Sinopsis de las especies de peces de la familia Cichlidae presentes en la cuenca del Orinoco. Claves, diagnosis, aspectos bio-ecológicos e ilustraciones. Caracas: Publicaciones del Museo de Biología, Universidad Central de Venezuela., 150 pp.
- Lasso, C.A., J.I. Mojica, J.S. Usma, J.A. Maldonado-Ocampo, C. DoNascimento, D.C. Taphorn, F. Provenzano, Ó.M. Lasso-Alcalá, G. Galvis, L. Vásquez, M. Lugo, A. Machado-Allison, R. Royero, C. Suárez and A. Ortega-Lara. 2004. Peces de la cuenca del río Orinoco. Parte I: lista de especies y distribución por subcuencas. *Biota Colombiana* 5(2): 95–158.
- Lasso, C.A., J.S. Usma, F. Trujillo and A. Rial. 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle and Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia), 609 pp.
- Lasso, C.A., A. Machado-Allison and D.C. Taphorn. 2016. Fishes and aquatic habitats of the Orinoco River Basin: diversity and conservation. *Journal of Fish Biology* 2016: 1–18.
- Levêque, C., T. Oberdorff, D. Paugy, M.L.J. Stiassny and P.A. Tedesco. 2008. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia* 595(1): 545–567.
- Londoño-Burbano, A., C. Román-Valencia, and D.C. Taphorn. 2011. Taxonomic review of Colombian *Parodon* (Characiformes: Parodontidae), with descriptions of three new species. *Neotropical Ichthyology* 9 (4): 709–730.
- Machado-Allison, A., C.A. Lasso, J.S. Usma, P. Sánchez-Duarte and O.M. Lasso-Alcalá. 2010. Peces. Pp: 217–257. In: C.A., Lasso, J.S. Usma, F. Trujillo and A. Rial (Eds.). Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle and Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia).
- Machado-Allison, A., A. Rial and C.A. Lasso. 2011. Amenazas e impactos sobre la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos de la Orinoquia venezolana. Pp: 62–87. In: C. A. Lasso, A. Rial, C. Matallana, W. Ramírez, J.C. Señaris, A. Díaz-Pulido, G. Corzo and A. Machado-Allison (Eds.). Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco: II Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia).
- Maldonado-Ocampo, J.A., A. Urbano-Bonilla, J.V. Preciado and J.D. Bogotá-Gregory. 2013. Peces de la cuenca del río Pauto, Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana* 14 (2): 114–137.
- Marinho, M.M., and F. Langeani. 2016. Reconciling more than 150 years of taxonomic confusion: the true identity of *Moenkhausia lepidura*, with a key to the species of the *M. lepidura* group (Characiformes: Characidae). *Zootaxa* 4107 (3): 338–352.
- Menezes, N.A. and C.A.S.D. Lucena. 2014. A taxonomic review of the species of *Charax* Scopoli, 1777 (Teleostei: Characidae: Characinae) with description of a new species from the rio Negro bearing superficial neuromasts on body scales, Amazon basin, Brazil. *Neotropical Ichthyology* 12 (2): 193–228.
- Mojica, J. I. 1999. Lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23 (Suplemento Especial): 547–566.
- Mojica, J.I., J.S. Usma and C. Lasso (Eds.). 2012. Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia-2012. La serie de Libros Rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia and Universidad de Manizales., 319 pp.
- Netto-Ferreira, A.L., A.M. Zanata, J.L. Birindelli, and L.M. Sousa. 2009. Two new species of *Jupiaba* (Characiformes: Characidae) from the rio Tapajós and rio Madeira drainages, Brazil, with an identification key to species of the genus. *Zootaxa* 2262: 53–68.
- Portocarrero-Aya, M., G. Corzo, A. Díaz-Pulido, M.F. González, M. Longo, L. Mesa, A. Paz, W. Ramírez and O.L. Hernández-Manrique. 2014. Systematic conservation assessment for most of the Colombian territory as a strategy for effective biodiversity conservation. *Natural Resources* 5: 981–1006.
- Reis, R.E., J.S. Albert, F. Di Dario, M.M. Mincarone, P. Petry and L.A. Rocha. 2016. Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology* 89 (1): 12–47.
- Taphorn, D.C. 2003. Manual de identificación de los peces Characiformes de la cuenca del río Apure en Venezuela. Guanare, Venezuela: UNELLEZ., 392 pp.
- Toussaint, A., N. Charpin, S. Brosse and S. Villéger. 2016. Global functional diversity of freshwater fish is concentrated in the Neotropics while functional vulnerability is widespread. *Scientific Reports* 6: 22125.
- Trujillo, A.F., C.F. Suárez, J.S. Usma, F. Trujillo, A.M. Bravo, M. Córdoba, F. Villa, C. Yara, L.T. Ayala, A. Acosta, J.P. Alfaro, L.F. Castillo, J. Garavito, A. Urbano, J. Zamudio, J. Peña, D. Vergel, R. Combariza and J. Cuéllar. 2011. Ecosistemas estratégicos del Casanare: áreas con alto valor de conservación. Pp: 24–49. In: J.S., Usma and F. Trujillo. (Eds.). Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Bogotá D.C.: Gobernación de Casanare, WWF Colombia.
- Urbano-Bonilla, A., J. Zamudio, J.A. Maldonado-Ocampo, J.D. Bogotá-Grégory, G.A. Cortes-Millán and Y. López. 2009. Peces del piedemonte del departamento de Casanare, Colombia. *Biota Colombiana* 10 (1-2): 149–162.
- Urbano-Bonilla, A., S. Prada-Pedrerros, Á. Zapata, J.I. Barrera-Cataño and A.C. Moreno-Cárdenas. 2014. Composición y riqueza íctica en quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana, Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 52–69.
- Usma, J. S., J. Maldonado-Ocampo, F. A. Villa-Navarro, A. Ortega-Lara, D. Taphorn, A. Urbano-Bonilla, J. E. Zamudio and C. DoNascimento. 2016. Peces de la cuenca del río Meta. Pp: 103-119. In: Trujillo, F., R. Antelo and J. S. Usma (Eds.). Biodiversidad de la cuenca baja y media del río Meta. Bogotá, D.C.: Fundación Omacha, Fundación Palmarito, WWF Colombia.

- Vari, R.P., and A. Harold. 2001. Phylogenetic study of the Neotropical fish genera *Creagrutus* Günther and *Piabina* Reinhardt (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes), with a revision of the cis-Andean species. Washington, D.C.: Smithsonian Contributions to Zoology N° 613., 239 pp.
- Villa-Navarro, F., A. Urbano-Bonilla, A. Ortega-Lara, D. Taphorn and J.S. Usma Oviedo. 2011. Peces del Casanare. Pp: 120–137. *In*: J.S., Usma and F. Trujillo. (Eds.). Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Bogotá D.C.: Gobernación de Casanare, WWF Colombia.
- Wieczorek, J., D. Bloom, R. Guralnick, S. Blum, M. Döring, R. Giovanni, T. Robertson and D. Vieglais. 2012. Darwin Core: an evolving community-developed biodiversity data standard. *PLoS one* 7 (1): p.e29715.
- Willis, S.C., K.O. Winemiller and H. López-Fernandez. 2005. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. *Oecologia* 142: 284–295.
- Winemiller, K.O., A.A. Agostinho and E. Pellegrini-Caramaschi. 2008. Fish ecology in tropical streams (Chapter 5). Pp: 107–146. *In*: D. Dudgeon (Eds.). Tropical Stream Ecology. San Diego: Elsevier/Academic Press.
- Zapata, L.A. and J.S. Usma. 2013. Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia: Peces. Volumen 2. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible and WWF-Colombia., 486 pp.

Jhon Zamudio

Grupo de Investigaciones territoriales para el uso y conservación de la Biodiversidad, Fundación Reserva Natural La Palmita

Laboratorio de Ictiología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
jhonedisonzamudio@gmail.com

Alexander Urbano-Bonilla

Laboratorio de Ictiología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
bio.ictiologia@gmail.com

Vicente Preciado-Silva

Grupo de Investigaciones territoriales para el uso y conservación de la Biodiversidad, Fundación Reserva Natural La Palmita

Laboratorio de Ictiología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
jv.ictiologia@gmail.com

Daniel Rodríguez-Cubillos

Grupo de Investigaciones territoriales para el uso y conservación de la Biodiversidad, Fundación Reserva Natural La Palmita
danielbiodrodriguez@gmail.com

Edgar Esteban Herrera-Collazos

Laboratorio de Ictiología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
edgarestebanhc@gmail.com

Ichthyofauna of piedmont and savannah environments in the Casanare River drainage, Orinoco Basin, Colombia

Citación del artículo: Zamudio, J., A. Urbano-Bonilla, V. Preciado-Silva, D. Rodríguez-Cubillos and E. E. Herrera-Collazos. 2017. Ichthyofauna of piedmont and savannah environments in the Casanare River drainage, Orinoco Basin, Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 199–211. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a13

Recibido: 25 de febrero de 2017

Aprobado: 07 de junio de 2017

Avifauna a lo largo del río Fucha en la ciudad de Bogotá, Colombia

Avian fauna along the Fucha River in the city of Bogotá, Colombia

Sergio Chaparro-Herrera y Pedro A. Camargo-Martínez

Resumen

Se presentan los resultados de la caracterización de avifauna en cuatro sitios a lo largo del río Fucha y recomendaciones para incrementar su abundancia y diversidad. Mediante recorridos libres se registraron 67 especies (1464 individuos) pertenecientes a 24 familias. Se resalta la presencia de diez especies migratorias boreales y cinco casi-endémicas. Los sitios con mayor riqueza fueron la reserva El Delirio con 46 especies (35 exclusivas) y San Cristóbal con 22 especies, mientras que la de menor riqueza fue Industriales con 16. Los sitios con mayor similitud fueron San Cristóbal y Marsella con 46,37 %, por otra parte el sitio con menos similitud respecto al resto fue la reserva El Delirio (entre el 8 y 15 %). Finalmente, se encontró que 32 especies consumen un solo tipo de alimento y 35 dos tipos, dentro de estos los más representativos fueron insectos pequeños (IP) con 22 especies, seguido de insectos pequeños y frutos (IP-F) con 10 especies. Es necesario proteger, recuperar y fomentar espacios verdes dentro de la ciudad dándole un manejo sostenible al entorno natural para poder conservar las aves y sus hábitats, así como el recurso hídrico, la calidad del aire y el paisaje en general.

Palabras clave. Aves urbanas. Diversidad. Grupo de dieta. Sabana de Bogotá.

Abstract

Results of the characterization of birds in four locations along the Fucha River and recommendations to increase their abundance and diversity are presented here. By travelling counts 67 species (1464 individuals) belonging to 24 families were observed. The presence of 10 boreal migrant species and five near-endemic species is highlighted. Localities with the highest species richness were El Delirio Reserve with 46 species (35 exclusives) and San Cristobal with 22 species, while the lower species richness was found in Industriales with 16 species. San Cristobal and Marsella were the localities with greatest similarity (46.37%). El Delirio Reserve presented the lowest similarity (between 8 and 15%) in comparison to the other localities. Finally, it was observed that 32 species consumed one food type and 35 species two types, among these the most representative were small insects (IP) with 22 species followed by small insects and fruits (IP-F) with 10 species. In order to achieve a sustainable management of the site so that birds, their habitat, existing water resources, and the landscape are conserved, it green spaces inside the city must be protected, restored, and promoted.

Key words. Diversity. Diet groups. Urban birds. Sabana de Bogotá.

Introducción

La Sabana de Bogotá se caracteriza por su diversidad de aves a pesar de su clima frío que limita la diversidad de la vida animal (ABO 2000). Dentro de esta, la ciudad de Bogotá alberga cerca de 250 especies (aproximadamente 70 migratorias) asociadas a diferentes condiciones dadas por factores naturales o por transformaciones humanas, en su mayoría estas especies son registradas en espacios verdes de la ciudad como son los cerros Orientales, los humedales y zonas recreativas arboladas, entre otras (ABO 2000, López y Jiménez 2009, McNish 2010, Chaparro-Herrera y Ochoa 2015). Sin embargo, la transformación acelerada de las coberturas vegetales naturales en la Sabana de Bogotá y cerros asociados han alterado y afectado la biodiversidad nativa en algunos casos de manera irreversible, dando paso al desarrollo de actividades agrícolas, industriales y al crecimiento de las áreas urbanas (ABO 2000, Andrade *et al.* 2013). Esta degradación y transformación de ecosistemas produce aislamiento de poblaciones, cambios en las comunidades, extinción de especies, entre otros problemas en la conservación de la biodiversidad (Primack *et al.* 2001, Gutiérrez 2003). Es por ello que las caracterizaciones biológicas permiten tener conocimiento de varios grupos focales y estimar la diversidad de especies, así como el estado de conservación de las poblaciones en áreas altamente transformadas (Kellert 2005, Lozano-Zambrano 2009); además de la identificación de los recursos clave para las especies, proveyendo información relevante, ya que además de documentar la distribución espacial de los elementos biológicos (poblaciones, especies, gremios, comunidades y ecosistemas), brinda información clave para el desarrollo de diversos planes de conservación (Kremen *et al.* 1993) y de esta manera, los datos podrán ser utilizados rápida y oportunamente en los procesos de planeación para el mantenimiento y mejoramiento de la biodiversidad y de los bienes y servicios ecosistémicos que allí se generan (Kellert 2005, Mendoza *et al.* 2008). Desde este punto de vista, son pocos los estudios que se han realizado en Colombia sobre avifauna en ambientes urbanos (p. e. Marín 2005, Muñoz *et al.* 2007, Vásquez Muñoz

y Castaño-Villa 2008, Strewe *et al.* 2009, Chaparro-Herrera 2015), sin embargo, la Asociación Bogotana de Ornitología (ABO) ha desarrollado diversos estudios sobre la composición y estructura de la avifauna a lo largo de la ciudad de Bogotá y sus diferentes hábitats, como por ejemplo, la guía de Aves de la Sabana de Bogotá (ABO 2000), implementación de procesos de restauración de la estructura ecológica principal y conectividad de Bogotá (ABO 2008), avifauna de los Parques Ecológicos Distritales de Humedal (Chaparro-Herrera y Ochoa 2015), entre otros; todos estos como implemento para el conocimiento y conservación de la avifauna por parte de la ciudadanía en general y como insumo técnico y científico para la toma de decisiones (Kellert 2005, Andrade *et al.* 2013). Por otro lado, varios estudios demuestran la importancia de espacios verdes en las zonas urbanas para mantener la diversidad biológica-ecológica y como red funcional para el mantenimiento de la dimensión ecológica de un paisaje urbano sostenible (Sandström *et al.* 2006, Sanesi *et al.* 2009, Shochat *et al.* 2010, Fontana *et al.* 2011). Sin embargo, la protección de espacios verdes no constituyen la única alternativa de conservación y en algunos casos tampoco puede llegar a ser la más efectiva si persisten las causas de amenaza y los efectos adversos sobre el medio natural, por lo cual sumado a diversas alternativas se debe centrar un manejo adecuado del paisaje en el cual estas áreas naturales están inmersas, mediante la implementación y el mantenimiento de corredores, cercas vivas y demás elementos de paisaje que favorecen la conservación de la biodiversidad estructural y funcional de un ecosistema a través de la conectividad de sus remanentes y el mantenimiento de su capacidad de responder adaptivamente a los cambios y transformaciones (ABO 2008, Sanesi *et al.* 2009, Shochat *et al.* 2010, Fontana *et al.* 2011, Andrade *et al.* 2013, Sainz-Borgo 2016). Por lo anterior, se buscó generar una investigación en el cauce del río Fucha (el cual cuenta con 24,34 km de longitud y atraviesa la ciudad de Bogotá), en relación a la presencia y abundancia de la avifauna en áreas que serán intervenidas en procesos de renaturalización ecológica, y finalmente generar recomendaciones de restauración ecológica asociada a estos procesos de transformación.

Material y métodos

Área de estudio. El cauce del río Fucha comprende 24,34 km de longitud y se encuentra localizada en el sector centro-sur de Bogotá, drenando las aguas de oriente a occidente; nace en la confluencia de las quebradas La Osa y Upata en la estrella fluvial del páramo de Cruz Verde y desemboca en el río Bogotá,

en cercanía a la zona franca de Bogotá. Desde la carrera 7 con calle 11 sur se encuentra canalizado con una sección trapezoidal revestida en concreto hasta la avenida Boyacá, en donde toma su cauce natural en dirección oriente-occidente (Sicua y Ariza 2009, Alcaldía Mayor de Bogotá 2013) (Figura 1).

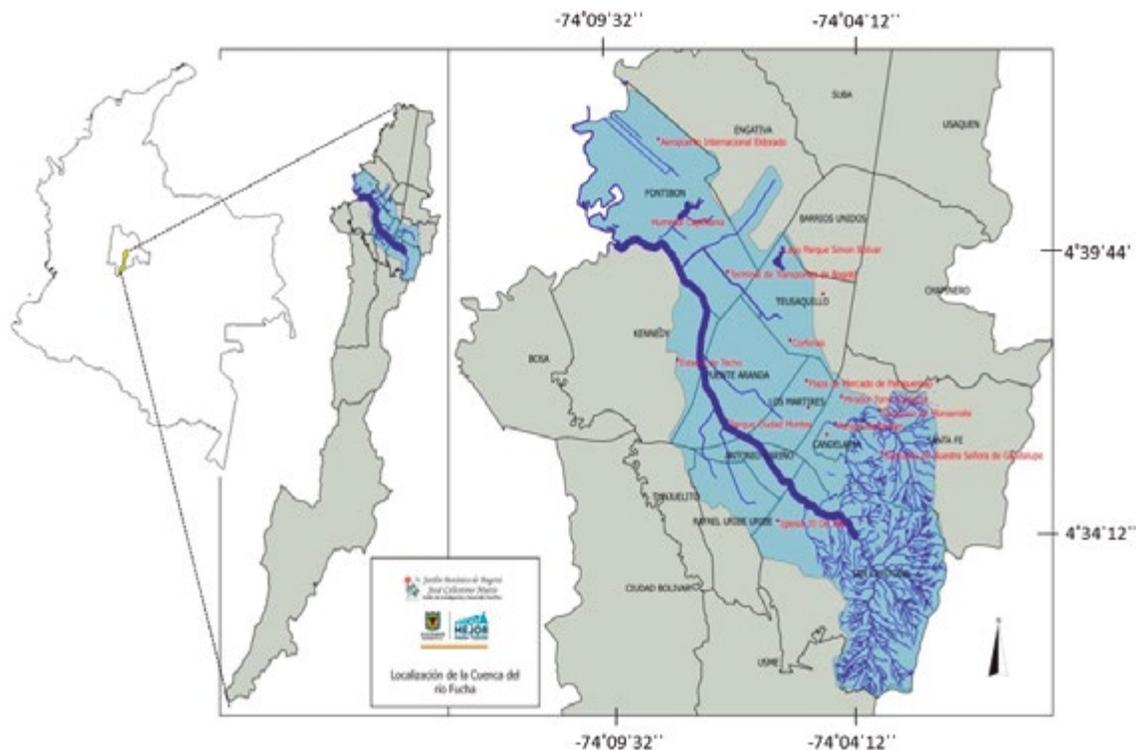


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Fucha en la ciudad de Bogotá. Mapa elaborado en 2015 por el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

Dentro de la ronda del río Fucha fueron seleccionados cuatro sitios de muestreo (áreas que serán intervenidas por procesos de renaturalización ecológica): reserva El Delirio, San Cristóbal, Industriales y Marsella (Tabla 1, Figura 2). En estos sitios se realizaron, entre el 1-16 de diciembre de 2015 y entre las 06:00 y las 10:00 horas, observaciones mediante transectos lineales (recorridos con velocidad constante para evitar recuentos de individuos), utilizando binoculares 8x42, con un esfuerzo de muestreo de tres días consecutivos por sitio. En cada uno de los recorridos se tomaron los siguientes datos: fecha, nombre del sitio, hábitat

principal, coordenadas, hora de inicio y final del recorrido, especies (nombre científico), número de individuos y comportamiento (si se presentaba). En la determinación de la avifauna se emplearon las guías de Hilty y Brown (1986), Dunn y Alderfer (2006) y Restall *et al.* (2007). Para los registros auditivos se empleó la guía sonora de Peter Boesman (2012) y la base de datos de la Fundación Xeno-canto: <http://www.xeno-canto.org>. La taxonomía siguió a Remsen y colaboradores (<http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>). Para estimar la efectividad de los muestreos se realizó una curva de acumulación de

Tabla 1. Lugares seleccionados para el muestreo de aves a lo largo del río Fucha, Bogotá, en diciembre 2015.

| Sitio | Sector de Bogotá (localidad) | Coordenadas Inicial; Final | Elevación (m s.n.m.) | Extensión recorrida lineal (m) | Tipo de hábitat predominante |
|--------------------|------------------------------|---|----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Reserva El Delirio | San Cristóbal | 4°33'28''N, 74°03'45''O; 4°33'10''N, 74°03'29''O | 2890 | 1000 | Bosque y matorral alto |
| San Cristóbal | San Cristóbal | 4°34'24''N, 74°04'57''O; 4°34'38''N, 74°05'16''O | 2610 | 800 | Pastizal arbolado |
| Industriales | Kennedy | 4°38'52''N, 74°07'44''O; 4°39'11''N, 74°08'03''O | 2550 | 890 | Pastizal |
| Marsella | Kennedy | 4°37'47''N, 74°07'36''O; 4°38'12''N, 74°07'28''O | 2553 | 803 | Pastizal arbolado |



Figura 2. Sitios de muestreo de aves a lo largo del río Fucha, Bogotá (diciembre de 2015). A) Reserva El Delirio, B) San Cristóbal, C) Industriales, D) Marsella. Fotografías: Sergio Chaparro-Herrera©.

especies basada en estimadores de abundancia (ACE y Chao 1) en el programa Estimates 9.1.0 (Colwell 2013). Para determinar cómo varía la composición de las aves entre los sitios muestreados se realizó un análisis de similitud Bray-Curtis y se elaboró un dendrograma mediante el programa BioDiversity Pro (McAleece

1997). Finalmente, las especies fueron clasificadas en grupos de dieta basado en Stiles y Roselli (1998), de acuerdo a observaciones en campo y referencias bibliográficas; grado de endemismo (Chaparro-Herrera *et al.* 2013) y tipo de migración (modificado de Naranjo *et al.* 2012).

Resultados

Se registraron 67 especies (1464 individuos) pertenecientes a 24 familias (Figura 3). Las familias más representativas fueron Tyrannidae con nueve especies, seguida de Thraupidae y Trochilidae con ocho y Parulidae con seis especies (Figura 4). Se resalta la

presencia de diez especies migratorias boreales y cinco casi endémicas (Anexo 1). Los sitios con mayor riqueza de aves fueron la reserva El Delirio con 46 especies y San Cristóbal con 22, por su lado las de menor riqueza fueron Marsella con 19 especies e Industriales con 16.



Figura 3. Algunas de las especies registradas a lo largo del río Fucha, Bogotá. **A)** Mirlo grande (*Turdus fuscater*), **B)** Torcaza (*Zenaida auriculata*), **C)** Copetón (*Zonotrichia capensis*), **D)** Macho de chamón (*Molothrus bonariensis*), **E)** Inmaduro de orejivioleta vientriazul (*Colibri coruscans*), **F)** Tirano tropical (*Tyrannus melancholicus*), **G)** Zopilote negro (*Coragyps atratus*), **H)** Garza bueyera (*Bubulcus ibis*), **I)** Busardo aliancho (*Buteo platypterus*). Fotografías: Sergio Chaparro-Herrera©.

De los sitios con mayor riqueza se destaca en la reserva El Delirio a *Cinnycerthia unirufa*, *Myioborus ornatus*, *Thripadectes flammulatus* y *Spinus spinescens* al ser especies casi endémicas, y cuatro especies migratorias boreales (*Buteo platypterus*, *Catharus ustulatus*, *Leiothlypis peregrina* y *Setophaga fusca*). De San Cristóbal se destaca a *S. spinescens* al ser una especie casi endémica y siete especies migratorias boreales (*B. platypterus*, *C. ustulatus*, *Contopus* sp., *L. peregrina*,

Piranga rubra, *S. fusca* y *Vireo olivaceus*). Por otra parte, de los sitios con menor riqueza se destacan en Marsella a *Conirostrum rufum* y *S. spinescens* al ser especies casi endémicas y cinco especies migratorias boreales (*Contopus* sp., *L. peregrina*, *Setophaga petechia*, *Piranga olivacea* y *P. rubra*). Finalmente, en Industriales se destaca una especie migratoria boreal (*Protonotaria citrea*) y una casi endémica (*Spinus spinescens*) (Anexo 1).

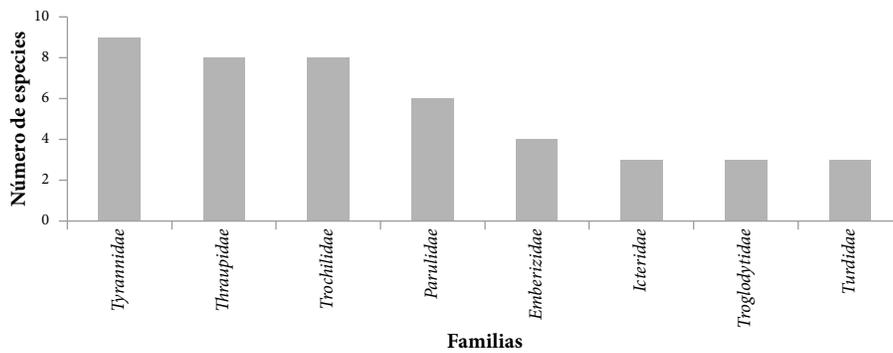


Figura 4. Familias de aves más representativas presentes en cuatro sitios a lo largo del río Fucha, Bogotá, durante diciembre de 2015.

Las especies más abundantes en la zona muestreada fueron: la torcaza (*Zenaida auriculata*) con 347 individuos, la golondrina ventrigris (*Orochelidon murina*) (193), el chamón (*Molothrus bonariensis*) (163), la paloma bravía (*Columba livia*) (132), el mirlo grande (*Turdus fuscater*) (106) y el copetón (*Zonotrichia capensis*) (91). Los sitios con el mayor número de individuos fueron San Cristóbal con 594, de los cuales la mayor abundancia fue para *Zenaida auriculata* (180 individuos), seguido de *Orochelidon murina* (173) y *Columba livia* (132). Marsella con 428 individuos presentando la mayor abundancia *Molothrus bonariensis* (139 individuos), *Zenaida auriculata* (118) y *Zonotrichia capensis* (43). Por otra parte, la reserva El Delirio presentó 273 individuos siendo los más abundantes *Turdus fuscater* (27), *Orochelidon murina* (20), el mosquerito gorgiblanco (*Mecocerculus leucophrys*) (19) y el Clarinero (*Anisognathus igniventris*) (16), e Industriales presentó 169 individuos, siendo los más abundantes *Zenaida auriculata* (49), *Coragyps atratus* (28) y *Columba livia* (26). Las especies mencionadas anteriormente son especies generalistas, a excepción de *Anisognathus igniventris* quien habita interior y bordes de bosque y se observa ocasionalmente en parques de la ciudad.

De acuerdo con la curva de acumulación de especies, la caracterización en la zona aún no está completa ya que se evidencia un ascenso en la curva a medida que se incrementan los muestreos. Según los estimadores Chao 1 y ACE se registró, para todo el muestreo, entre el 84,2 y el 87,5 % de las especies de la zona (Tabla

2, Figura 5). Para cada una de los sitios muestreados se evidencia que Marsella e Industriales son las localidades con mayor efectividad en los muestreos, ya que se registraron según los estimadores Chao 1 y ACE entre el 91-96,2 y 90-94 %, respectivamente. Por otra parte en El Delirio y San Cristóbal se encuentran representados entre el 86-90 y 84-89,7 % de las especies de la zona, siendo por ende un muestreo representativo (Tabla 2).

La reserva El Delirio presentó el mayor número de especies exclusivas con 35 (especies presentes únicamente en esta localidad) (ver Anexo 1), siendo principalmente especies de interior de bosque o asociadas a éstos, seguido de Industriales con cuatro (*Bubulcus ibis*, *Protonotaria citrea*, *Sturnella magna*, *Spinus psaltria*), Marsella con cuatro (*Conirostrum*

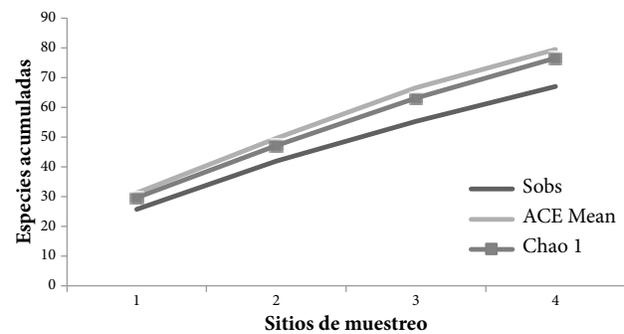
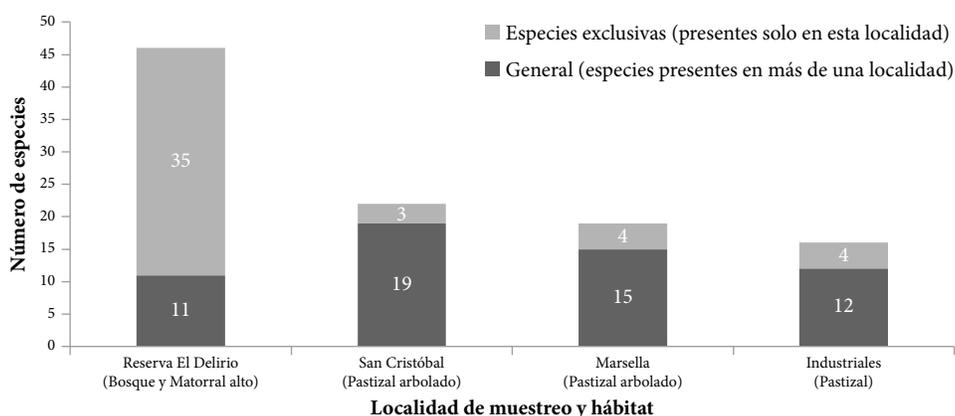


Figura 5. Curva de acumulación de especies de aves presentes en cuatro sitios a lo largo del río Fucha, Bogotá (estimadores basados en abundancia).

Tabla 2. Riqueza observada y estimada (Chao 1 y ACE) de aves en cada uno de los cuatro sitios muestreados a lo largo del río Fucha, Bogotá.

| Sitio | Especies observadas (Sobs) | Estimadores Chao1 | ACE | Representatividad (%) |
|--------------------|----------------------------|-------------------|-------|-----------------------|
| Reserva El Delirio | 46 | 50,98 | 53,45 | 86 - 90 |
| San Cristóbal | 22 | 24,5 | 26,22 | 84 - 89,7 |
| Industriales | 16 | 16,99 | 17,78 | 90 - 94 |
| Marsella | 19 | 19,75 | 20,88 | 91 - 96,2 |

**Figura 6.** Número de especies de aves exclusivas por sitio de muestreo en el río Fucha, Bogotá.

rufum, *Diglossa sittoides*, *Piranga olivacea*, *Setophaga petechia*) y San Cristóbal con tres especies (*Gymnomystax mexicanus*, *Sayornis nigricans*, *Vireo olivaceus*) (Figura 6).

Los sitios con mayor similitud respecto a la composición de la avifauna fueron San Cristóbal y Marsella con un 46,37 %, seguido de Industriales con Marsella (40,59 %) y San Cristóbal (32,33 %). El sitio con menor similitud fue la reserva El Delirio (Industriales 8,18 %, Marsella 12,76 % y San Cristóbal 15,20 %), sin embargo, es necesario tener claridad de la diferencia de hábitat muestreado (extensión), ya que esto influencia marcadamente los resultados presentados, así como el tipo de hábitat (Figura 7, Tabla 1).

Respecto al grupo de dieta, 32 especies (47,76 %) consumen un solo tipo alimento y 35 (52,23 %) dos tipos. Dentro de éstos grupos de dieta los más representativos fueron los consumidores de insectos pequeños (IP) con 22 especies, seguido de insectos pequeños y frutos (IP-F) con diez especies, néctar e insectos pequeños (N-IP) diez especies, insectos pequeños e invertebrados grandes y vertebrados pequeños (IV) con seis especies y semillas (S) con cinco especies (Anexo 1). Los sitios con mayor número de grupos de dieta fueron El Delirio y San Cristóbal con 11 grupos, seguido de Marsella e Industriales con ocho y siete grupos, respectivamente. Frutos-semillas (F-S) fue exclusivo de El Delirio (Figura 8) y se encuentra representado por la pava andina (*Penelope*

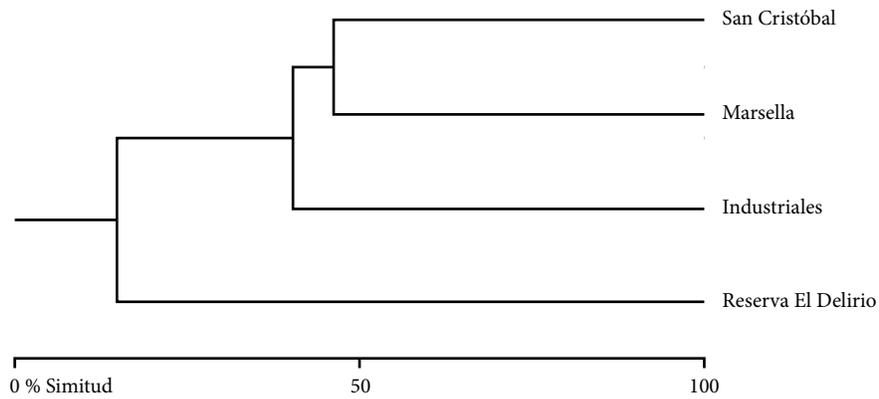


Figura 7. Dendrograma de similitud (Bray-Curtis), basado en riqueza de especies, entre los sitios muestreados a lo largo del río Fucha, Bogotá.

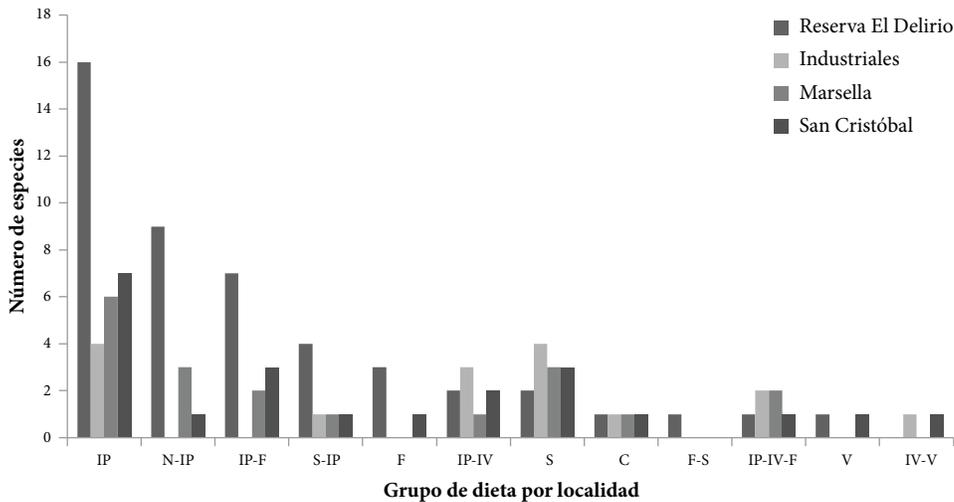


Figura 8. Número de especies de aves por grupo de dieta en cada uno de los cuatro sitios muestreados a lo largo del río Fucha, Bogotá (diciembre de 2015). Grupo de dieta: S (Semillas), IP (Insectos pequeños), IV (Invertebrados grandes y vertebrados pequeños), N (Néctar), F (Frutos), V (Vertebrados más grandes), C (Carroña).

montagnii), una especie localmente común en bosques húmedos, bordes de bosques y bosques altos con crecimiento secundario y que se alimenta de frutos con semilla, pero también de semillas maduras e inmaduras (Lauraceae, Melastomataceae y algunos géneros como *Solanum*, *Miconia*, *Cinchona* y *Ceroxylon*) (ABO 2000). Finalmente, tres grupos de dieta se encontraron presentes en dos de los cuatro sitios de muestreo, estos son (en paréntesis las localidades): F-frutos (El Delirio, San Cristóbal), V-vertebrados más grandes (El Delirio, San Cristóbal) e IV-V- invertebrados grandes

y vertebrados pequeños-vertebrados más grandes (Industriales, San Cristóbal).

Discusión

La ciudad de Bogotá alberga una alta diversidad de especies de aves, llegando a cerca de las 250 (ABO 2000), de las cuales 188 se encuentran asociadas a humedales (Chaparro-Herrera 2015). A pesar del continuo deterioro de los espacios verdes dentro de esta (Andrade *et al.* 2013), es lugar de paso de cerca

de 70 especies migratorias que se distribuyen a lo largo de la ciudad, convirtiéndose en lugar clave para la migración tanto austral como boreal, al ser un sitio de parada antes y después de que las aves crucen las partes altas de la cordillera Oriental (Bayly y Chaparro-Herrera 2015). De los sitios muestreados en esta investigación, la reserva El Delirio representó una de las zonas de mayor congregación de especies a lo largo del río Fucha, afirmando la importancia de los bosques naturales de los cerros Orientales de Bogotá, como un área de conservación y fuente de biodiversidad, tal como lo han reportado López y Jiménez (2009). Los cerros Orientales de Bogotá albergan una gran diversidad de avifauna, reportando a la fecha 121 especies entre endémicas, casi endémicas, migratorias y en alguna categoría de amenaza (López y Jiménez 2009), ratificando su calidad ecológica como una zona de prioridad de conservación y como eje fundamental dentro de la estructura ecológica principal de la ciudad. Por su lado en el río Fucha (sector urbano), en estudios realizados por la ABO (2008) fueron registradas 55 especies, de las cuales 23 no fueron registradas en este estudio, entre las que se destaca *Synallaxis subpudica* especie endémica del altiplano Cundiboyacense (Chaparro-Herrera *et al.* 2013). Esta diferencia en la composición de la avifauna pueden deberse al tipo de muestreo y a las zonas abarcadas, siendo el canal Fucha-Fabrica Bavaria la zona de muestreo por ABO (2008). Sumado a esto, 29 especies fueron registradas en los dos estudios (especies generalistas) y 38 registradas únicamente en este estudio (principalmente especies de bosque, registradas en la reserva El Delirio), por lo cual vale la pena incrementar los muestreos a lo largo del río Fucha, así como realizar un monitoreo de las zonas estudiadas históricamente, para poder aumentar el número de especies y poder evaluar los cambios de la composición en el tiempo. A su vez, la familia Tyrannidae fue la predominante al igual que lo reportado por ABO (2008), Marín (2005) y Muñoz *et al.* (2007), esto se debe principalmente a que es la familia de aves más diversa del mundo, de tal forma que se estima que una de cada diez especies de aves sudamericanas pertenece a esta familia y constituyen el 20% de los Paseriformes de Colombia, además de estar presentes en todos los hábitats (Kricher 2008).

Las especies más abundantes a lo largo de los sitios muestreados en la ronda del río Fucha corresponden a especies cuyos hábitos son generalistas y sus requerimientos presentan mayor tolerancia al disturbio antrópico y pueden soportar y/o aprovechar niveles de transformación más elevados, similar a lo encontrado por ABO (2008), siendo *Zenaida auriculata*, *Molothrus bonariensis*, *Turdus fuscater* y *Zonotrichia capensis* las especies más abundantes al ser altamente tolerantes a la intervención humana, habitando en una amplia variedad de ambientes como jardines, potreros, humedales, matorrales (ABO 2000, Shochat *et al.* 2010). En cuanto a su alimentación *Zenaida auriculata* consume principalmente semillas o comida suministrada por personas (Hilty y Brown 1986, ABO 2000). Por su lado, *Molothrus bonariensis* se alimenta principalmente de insectos que captura entre el pasto y de semillas, tanto de plantas silvestres como cultivadas e incluso se ha reportado tomando néctar de las flores de la Vid (*Combretum lanceolatum*) y también de flores de plantas cultivadas como *Eucalyptus*, *Grevillea* y *Phormium* (ABO 2000). *Turdus fuscater* consume frutas y bayas, también insectos y lombrices de tierra, se ha reportado que puede llegar a capturar y matar ratones, lagartijas, pequeñas culebras y pájaros, especialmente polluelos recién salidos del nido (Hilty y Brown 1986, ABO 2000). *Zonotrichia capensis* a su vez forrajea activamente las espigas de distinto tipo de gramíneas y en ocasiones consume pequeños insectos (ABO 2000). De estas especies se resalta a *Molothrus bonariensis*, al ser un ave parásita de nido (no construye nidos, sino por el contrario, deposita sus huevos en nidos de otras especies para que estos sean criados), por lo cual es importante poder realizar un seguimiento del aumento de sus poblaciones a lo largo de la ciudad, debido a que puede parasitar nidos de más de 80 especies (Hilty y Brown 1986, ABO 2000) y puede conllevar a una disminución de las poblaciones de otras especies. Villaneda-Rey y Rosselli (2011) en su estudio sobre *M. bonariensis* y su presencia en 19 humedales de la Sabana de Bogotá, concluyen que la especie es más abundante en la ciudad que en la zona rural y que tratándose de un parásito generalista sería menos afectado por alteraciones del medio ambiente que especies con requisitos más específicos para su

anidación, por lo cual podría aumentar su población rápidamente en ambientes perturbados.

La reserva El Delirio, además de ser el sitio con mayor diversidad presenta el mayor número de especies exclusivas, esto debido a que la mayoría presentan una serie de requerimientos respecto al hábitat para poder llevar a cabo su ciclo de vida y a que las características de la estructura de la vegetación son factores importantes para las aves en el reconocimiento de su ambiente, pudiendo explicar la diferencia de la riqueza entre los sitios (Sandström *et al.* 2006). Especies como *Scytalopus griseicollis*, *Grallaria rufula*, *Hemispingus* spp., *Henicorhina leucophrys*, *Margarornis squamiger*, entre otras, habitan principalmente matorrales y bosques nativos, hábitat únicamente encontrado en este sitio de muestreo. En contraste, especies como *Sturnella magna* (exclusiva en Industriales, hábitat con menor cobertura vegetal y de menor riqueza de especies), es una especie que habita principalmente espacios abiertos, como potreros, cultivos y pastizales inundables, o *Conirostrum rufum*, entre otras (especie casi endémica de Colombia y exclusiva en Marsella) las cuales habitan una gran variedad de hábitats como áreas de matorral nativo o en bosque enano, límites de la vegetación arbórea o en límites con el páramo, también en zonas arboladas como jardines, parques y márgenes de humedales en la sabana, en vegetación arbustiva, áreas secas o humedales, rara vez en bosque aunque se le observa en robles cerca de las laderas y la cual, a pesar de tener una distribución restringida tiene una gran capacidad para usar la vegetación arbustiva y ha mostrado adaptaciones a las transformaciones en el paisaje, esto lo evidencia su presencia en diversas zonas de la ciudad (Hilty y Brown 1986, ABO 2000).

En cuanto a la similitud entre los sitios muestreados, San Cristóbal y Marsella presentaron la mayor similitud respecto a la composición de la avifauna con un 46,37 %, hecho asociado principalmente a las características vegetales presentes en ambas zonas, con predominio de pastizales arbolados. Sin embargo, las abundancias fueron marcadamente diferentes, esto debido a que a pesar de que la distancia recorrida para la caracterización fue similar, el área total de las

localidades presenta diferencias, siendo San Cristóbal de mayor tamaño que Marsella, permitiendo por ende el establecimiento de mayor número de individuos asociados a zonas abiertas y mayor movilidad en este. Por otro lado, la reserva El Delirio fue el sitio con menor similitud en comparación con los demás sitios muestreados (Industriales 8,18 %, Marsella 12,76 % y San Cristóbal 15,20 %), presentando diferencias en cuanto a la composición de la vegetación (al ser el único sitio muestreado que presenta bosque y matorrales altos y por ende especies asociadas a estos ambientes), debido a que las aves muestran una estrecha relación con las características estructurales y florísticas de la vegetación cuando seleccionan el hábitat dónde residir (Cody 1985).

En cuanto al grupo de dieta, como base para el entendimiento de las estrategias ecológicas de las aves urbanas, particularmente se encontró que insectos pequeños (IP) y sus combinaciones fueron los más representativos, similar a lo encontrado por Sainz-Borgo (2016), en su estudio sobre dieta de aves asociadas a ambientes urbanos en la ciudad de Caracas. El mayor consumo de insectos se debe en gran parte a que es uno de los recursos más abundantes y a que cada ave insectívora tiende a desarrollar un patrón de alimentación particular y su tamaño, comportamiento y forma del pico evolucionaron para enfocarse en un rango de tamaño y tipo particular de presa (Kricher 2008). A su vez, el hecho de que muchas de las especies del ensamblaje se encuentren dentro del grupo de dieta IP-F se debe, además de que es el recursos más abundantes en la zona, a que muchas aves han diversificado sus dietas, ya que la mayoría de frutas son altamente ricas en carbohidratos pero contienen una menor proporción de proteínas y lípidos, por lo que incluyen artrópodos o frutos ricos en aceite y grasa para complementar dichas deficiencias (Moermond y Denslow 1985). También hábitos de forrajeo mixtos (omnívoros) parecen ser un buen requisito previo para que una especie pueda adaptarse a ambientes urbanos (Sandström *et al.* 2006), además de aspectos tanto fisiológicos (cambios hormonales frente al estrés), como de comportamiento (Shochat *et al.* 2010). Para el grupo de dieta N-IP, representado por colibríes y

pinchaflores se encontró una situación similar, aunque el néctar es el recurso alimenticio más conspicuo y eficiente en términos energéticos para estas aves, presenta una marcada carencia de aminoácidos y otros compuestos esenciales para una dieta (Baker 1975, Hainsworth y Wolf 1976). Por esta razón, los colibríes requieren una fuente adicional de proteínas, lípidos y otros nutrientes los cuales se adquieren consumiendo pequeños artrópodos (Remsen *et al.* 1986, Gutiérrez *et al.* 2004). Sin embargo, el forrajeo de artrópodos por colibríes puede cambiar entre ambientes a diferentes elevaciones, darse en respuesta a la abundancia de insectos o puede ser una alternativa necesaria durante épocas de escasez de néctar (Remsen *et al.* 1986, Poulin y Lefebvre 1995, Rico 2008).

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente respecto a la dieta de las aves que habitan el río Fucha, es necesario la implementación de zonas mixtas de hábitat en la ronda del río (variedad de ambientes) incrementando la oferta de recursos alimenticios para las especies de aves (frutos, semillas, insectos asociados a estas) además de sitios de reproducción (Sanesi *et al.* 2009, Fontana *et al.* 2011). Es necesario proteger, recuperar y fomentar espacios verdes dentro de la ciudad para poder conservar las aves y sus hábitats debido a que las aves proveen importantes servicios ecosistémicos como polinizadores, dispersores de semillas, agentes de control de insectos y roedores, y por ende la conservación de sus hábitats no solo beneficia a estas sino a muchas otras especies animales y vegetales, así como el recurso hídrico, la calidad del aire y el paisaje en general (ABO 2000, Whelan *et al.* 2008, Sanesi *et al.* 2009, Andrade *et al.* 2013). A su vez procesos de conectividad o flujo de materia (ya sea visto como genes, individuos, poblaciones, interacciones o procesos a lo largo de un entramado heterogéneo de recursos, ver Taylor *et al.* 1993), mediante especies vegetales nativas son importantes para permitir el movimiento de las aves entre diferentes hábitats enriqueciendo espacios naturales a lo largo de la ciudad (Andrade *et al.* 2013, Vásquez-Muñoz y Castaño-Villa 2008, Sanesi *et al.* 2009), y para poder llevar a cabo de manera adecuada estos procesos es importante conocer aspectos básicos de la avifauna a

lo largo de la ciudad, para que planes de restauración y conectividad sean del todo efectivos y aporten de manera directa a la estructura ecológica principal de la ciudad. Es necesario, poder llevar a cabo estudios puntuales sobre la dieta y reproducción de las especies en áreas urbanas (como la ciudad de Bogotá), que permitan tener claridad de las preferencias alimenticias con el fin de entender la procesos de “adaptación” de las aves en los hábitats urbanos (Muñoz *et al.* 2007, Sainz-Borgo 2016) y mediante este conocimiento ofrecer una gama de condiciones óptimas a lo largo del río Fucha para el ciclo de vida de las especies. Por lo tanto se requiere reconocer la conectividad como una propiedad del territorio vital para asegurar la integridad y salud de los ecosistemas, así como una propiedad de indiscutible valor en la conservación de la biodiversidad; igualmente un factor indispensable en el mantenimiento de los componentes y procesos de los que se desprenden buena parte de los bienes y servicios que el ser humano requiere del entorno natural para su supervivencia (De la Guerra *et al.* 2002, Marzluff y Ewing 2001, Sanesi *et al.* 2009, Shochat *et al.* 2010, Andrade *et al.* 2013).

Bibliografía

- ABO – Asociación Bogotana de Ornitología. 2000. Aves de la Sabana de Bogotá, guía de campo. ABO, CAR. Bogotá. 276 pp.
- ABO – Asociación Bogotana de Ornitología. 2008. Formulación de criterios técnicos de conectividad ecológica con énfasis en la conservación de la avifauna y la consolidación de procesos de restauración en la estructura ecológica principal del distrito capital. Informe Técnico. Asociación Bogotana de Ornitología (ABO) y Secretaria de Ambiente de Bogotá (SDA), Bogotá. 143 pp.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. 2013. Caracterización y lineamientos ambientales Operación Estratégica Parque corredor ecológico Río Fucha. Secretaria de Planeación, Dirección de Ambiente y Ruralidad. Bogotá. 38 pp.
- Andrade, G. I., F. Remolina y D. Wisner. 2013. Assembling the pieces: a framework for the integration of multi-functional ecological main structure in the emerging urban region of Bogotá, Colombia. *Urban Ecosystems* 16 (4): 723-739.
- Baker, H. G. 1975. Sugar concentrations in nectars from hummingbird flowers. *Biotropica* 7: 37-41.
- Bayly, N. y S. Chaparro-Herrera. 2015. Aves migratorias presentes en los humedales de Bogotá. Pp: 39-56. *En*: Chaparro-Herrera, S. y D. Ochoa (Eds). Aves de los Humedales de Bogotá, Aportes para su Conservación. Asociación Bogotana de Ornitología -ABO-. Bogotá D. C.

- Boesman, P. 2012. Birds of Colombia, MP3 Sound Collection. Bélgica.
- Chaparro-Herrera, S., M. Á. Echeverry-Galvis, S. Córdoba-Córdoba y A. Sua-Becerra. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana* 14 (2): 235-272.
- Chaparro-Herrera, S. y D. Ochoa (Eds). 2015. Aves de los Humedales de Bogotá, Aportes para su Conservación. Asociación Bogotana de Ornitología -ABO-. Bogotá D. C. 92 pp.
- Chaparro-Herrera, S. 2015. Avifauna presente en 14 Parques Ecológicos Distritales de Humedal (PEDH) de Bogotá. Pp: 68-91. *En*: Chaparro-Herrera, S. y D. Ochoa (Eds). Aves de los Humedales de Bogotá, Aportes para su Conservación. Asociación Bogotana de Ornitología -ABO-. Bogotá D. C. 92 pp.
- Cody, M. 1985. Habitat selection in birds. Academic Press, Nueva York, 558 pp.
- Colwell, R. 2013. Estimates. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut. USA.
- De la Guerra, M., J. V. De Lucio, C. Martínez, P. Sastre, J. A. Atauri, C. Montes, H. Castro, F. Molina y M. R. García. 2002. Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. España. 248 pp.
- Dunn, J. L. y J. Alderfer. 2011. Field Guide to the Birds of North America. National Geographic Society, Washington D.C. 574 pp.
- Fontanaa, S., T. Sattler, F. Bontadina y M. Morettia. 2011. How to manage the urban Green to improve bird diversity and community structure. *Landscape and Urban Planning* 101 (3): 278-285.
- Gutiérrez, A. 2003. Avifauna. Pp. 372-396. *En*: Parque Ecológico distrital de Montaña Entre Nubes Caracterización preliminar y pautas para su Conservación. Tomo I. Corporación Suna Hisca, Bogotá.
- Gutiérrez, A., S. V. Rojas y F. G. Stiles. 2004. Dinámica anual de la interacción colibrí-flor en ecosistemas altoandinos. *Ornitología Neotropical* 15: 205-214.
- Kellert, S. 2005. Building for Life: Designing and Understanding the Human-Nature Connection. Island Press, USA.
- Kremen, C., R. K. Colwell, T. L. Erwin, D. D. Murphy, R. F. Noss y M. A. Saujayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use as indicators in conservation planning. *Conservation Biology* 7 (4): 796-808.
- Lozano-Zambrano, F. H. (Eds). 2009. Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá, D. C. 238 pp.
- Hainsworth, F. R. y L. L. Wolf. 1976. Nectar characteristics and food selection by hummingbirds. *Oecologia* 25: 101-113.
- Hilty, S. L. y W. L. Brown. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press, Princeton, NJ. 836 pp.
- Kricher, J. 2008. Un Compañero Neotropical. Tercera edición. American Birding Association. Colorado, 437 pp.
- López, J. P. y M. Jiménez. 2009. Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. Inventario de Fauna (Aves). Conservación Internacional Colombia, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 132 pp.
- Marín, O. H. 2005. Avifauna del campus de la Universidad del Quindío. *Boletín SAO* 15 (2): 42-60.
- Marzluff, J. M. y K. Ewing. 2001. Restoration of Fragmented Landscapes for the Conservation of Birds: A General Framework and Specific Recommendations for Urbanizing Landscapes. *Restoration Ecology* 9 (3): 280-292.
- McAleece, N., J. D. G. Gage, P. J. D. Lamshead y G. L. J. Paterson. 1997. BioDiversity Professional statistical analysis software. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- McNish, T. 2010. Las aves de los humedales de Bogotá y sus alrededores. M&B Producciones. Bogotá. 152 pp.
- Mendoza, J. E., E. Jiménez, F. H. Lozano-Zambrano, P. Caycedo y L. M. Renjifo. 2008. Identificación de elementos del paisaje prioritarios para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales de los Andes Centrales de Colombia. Pp: 251-288. *En*: Harvey, C. A. y Sáenz J. C. (Eds.). Evaluación y Conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Editorial InBio – UNA. Heredia, Costa Rica.
- Moermond, T. C. y J. S. Denslow. 1985. Neotropical Avian Frugivores: patterns of behaviour, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. *Ornithological Monographs* 36: 865 – 897.
- Muñoz, M. C., K. Fierro-Calderón y H. F. Rivera-Gutierrez. 2007. Las aves del campus de la Universidad del Valle, una isla verde urbana en Cali, Colombia. *Ornitología Colombiana* 5: 5-20.
- Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds.). 2012. Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia. Bogotá, D.C. 705 pp.
- Poulin, B. y G. Lefebvre. 1995. Additional information on the use of tartar emetic in determining the diet of tropical birds. *Condor* 97: 897-902.
- Primack, R., R. Rozzi, P. Feisinger, R. Dirzo y F. Massarso. 2001. Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 797 pp.
- Remsen, J. V., F. G. Stiles y P. E. Scott. 1986. Frequency of arthropods in stomachs of tropical hummingbirds. *Auk* 103: 436-441.
- Restall, R. L., C. Rodner y R. M. Lentino. 2007. Birds of northern South America: an identification guide. Yale University Press, New Haven. 656 pp.
- Rico, A. 2008. Relaciones entre morfología y forrajeo de artrópodos en colibríes de bosque altoandino. *Ornitología Colombiana* 7: 43-58.
- Sainz-Borgo, C. 2016. Diet composition of birds associated to an urban forest patch in northern Venezuela. *Interciencia* 41 (2): 119-126.
- Sandström U. G., P. Angelstam y G. Mikusiński. 2006. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape and Urban Planning* 77 :39-53.

- Sanesi, G., E. Padoa-Schioppa, L. Lorusso, L. Bottoni y R. Laforteza. 2009. Avian Ecological Diversity as an Indicator of Urban Forest Functionality. Results from Two Case Studies in Northern and Southern Italy. *Arboriculture & Urban Forestry* 35 (2): 80-86.
- Shochat, E., S. Lerman y E. Fernández-Juricic. 2010. Birds in Urban Ecosystems: Population Dynamics, Community Structure, Biodiversity, and Conservation. *American Society of Agronomy, Agronomy Monograph* 55: 75-86
- Sicua, D. y J. C. Ariza. 2009. Estrategias de recuperación del Río Fucha. Universidad Industrial de Santander, Especialización en Ingeniería Ambiental. Bogotá. 44 pp.
- Stiles, F. G. y L. Roselli. 1998. Inventario de las aves del bosque altoandino: comparación de dos métodos. *Caldasia* 20: 29-43.
- Strewe, R., C. Villa-De León, J. Alzate, J. Beltrán, J. Moya, C. Navarro y G. Utria. 2009. Las aves del campus de la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. *Revista Intropica* 4: 79 – 91.
- Taylor, P. D., L. Fahrig, K. Henein y G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68 (3): 571-573.
- Vásquez-Muñoz, J. L. y G. J. Castaño-Villa. 2008. Identificación de áreas prioritarias para la conservación de la avifauna en la zona urbana del municipio de Medellín, Colombia. *Boletín científico del centro de museos* 12: 51-61.
- Whelan, C. J., D. G. Wenny y R. J. Marquis. 2008. Ecosystem Services Provided by Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 25-60.
- Villaneda-Rey, M. y L. Rosselli. 2011. Abundancia del Chamón Parásito (*Molothrus bonariensis*, Icteridae) en 19 humedales de la Sabana de Bogotá, Colombia. *Ornitología Colombiana* 11: 37-48.

Anexo 1. Registros de avifauna en cuatro sitios a lo largo del río Fucha, Bogotá. Sitios: D (Reserva El Delirio), SC (San Cristóbal), I (Industriales), M (Marsella). Grupo de dieta: S (Semillas), IP (Insectos pequeños), IV (Invertebrados grandes y vertebrados pequeños), N (Néctar), F (Frutos), V (Vertebrados más grandes), C (Carroña). Información de la especie: MB (Migratorio Boreal), CE (Casi endémico).

| Familia | Especie | Nombre común | No. de registros | Sitio | Grupo de dieta | Info. especie |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------|-------------|----------------|---------------|
| Cracidae | <i>Penelope montagnii</i> | Pava Andina | 6 | D | F - S | |
| Ardeidae | <i>Bubulcus ibis</i> | Garza Bueyera | 7 | I | IP - IV | |
| Cathartidae | <i>Coragyps atratus</i> | Zopilote Negro | 54 | D, I, M, SC | C | |
| Accipitidae | <i>Buteo platypterus</i> | Busardo Aliancho | 4 | D, SC | V | MB |
| | <i>Elanus leucurus</i> | Elanio Maromero | 2 | I, SC | IV - V | |
| Columbidae | <i>Columba livia</i> | Paloma Bravía | 132 | I, M, SC | S | |
| | <i>Zenaida auriculata</i> | Torcaza | 347 | I, M, SC | S | |
| Trochilidae | <i>Chaetocercus mulsant</i> | Estrellita Vientriblanca | 2 | D | N - IP | |
| | <i>Colibri coruscans</i> | Orejivioleta Vientriazul | 27 | D, M, SC | N - IP | |
| | <i>Colibri thalassinus</i> | Orejivioleta Verde | 1 | D | N - IP | |
| | <i>Ensifera ensifera</i> | Colibrí Pico de Espada | 4 | D | N - IP | |
| | <i>Helianthus amethysticollis</i> | Colibrí Gorgiamatista | 3 | D | N - IP | |
| | <i>Lesbia nuna</i> | Colicintillo Coliverde | 2 | D | N - IP | |
| | <i>Metallura tyrianthina</i> | Metalura Colicobriza | 13 | D | N - IP | |
| | <i>Ramphomicron microrhynchum</i> | Picoespina Purpúrea | 1 | D | N - IP | |
| Picidae | <i>Colaptes rivolii</i> | Carpintero Carmesí | 3 | D | IP - IV | |
| Grallaridae | <i>Grallaria rufula</i> | Tororoí Rufo | 8 | D | IP | |

Cont. **Anexo 1.** Registros de avifauna en cuatro sitios a lo largo del río Fucha, Bogotá. Sitios: D (Reserva El Delirio), SC (San Cristóbal), I (Industriales), M (Marsella). Grupo de dieta: S (Semillas), IP (Insectos pequeños), IV (Invertebrados grandes y vertebrados pequeños), N (Néctar), F (Frutos), V (Vertebrados más grandes), C (Carroña). Información de la especie: MB (Migratorio Boreal), CE (Casi endémico).

| Familia | Especie | Nombre común | No. de registros | Sitio | Grupo de dieta | Info. especie |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------|-------------|----------------|---------------|
| Rhinocryptidae | <i>Scytalopus griseicollis</i> | Tapaculo Ventriplateado | 5 | D | IP | |
| | <i>Myornis senilis</i> | Tapaculo Cenizoso | 1 | D | IP | |
| Furnariidae | <i>Margarornis squamiger</i> | Subepalo Perlado | 4 | D | IP | |
| | <i>Thripadectes flammulatus</i> | Trepamusgos Flamulado | 1 | D | IP - IV | CE |
| Tyrannidae | <i>Contopus</i> sp. | Pibí | 3 | M, SC | IP | MB |
| | <i>Elaenia frantzii</i> | Elaenia Montañera | 17 | D, SC | F | |
| | <i>Mecocerculus leucophrys</i> | Mosquerito Gorgiblanco | 19 | D | IP | |
| | <i>Myiotheretes striaticollis</i> | Tirano Paramuno | 2 | D | IP | |
| | <i>Phyllomyias uropygialis</i> | Mosquerito Lomiloneado | 7 | D | IP | |
| | <i>Pyrocephalus rubinus</i> | Mosquerito Petirrojo | 5 | I, M | IP | |
| | <i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i> | Mosquero Acanelado | 8 | D | IP | |
| | <i>Sayornis nigricans</i> | Febe Negruzco | 1 | SC | IP | |
| | <i>Tyrannus melancholicus</i> | Tirano Tropical | 27 | I, M, SC | IP | |
| Cotingidae | <i>Ampelion rubrocristatus</i> | Cotinga Crestirroja | 3 | D | F | |
| Tyriridae | <i>Pachyramphus versicolor</i> | Cabezón Barreteado | 1 | D | F | |
| Vireonidae | <i>Vireo olivaceus</i> | Vireo Ojirrojo | 1 | SC | IP - F | MB |
| Hirundinidae | <i>Orochelidon murina</i> | Golondrina Vientrigrís | 193 | D, SC | IP | |
| | <i>Cinnycerthia unirufa</i> | Soterrey Rufo | 5 | D | IP | CE |
| Troglodytidae | <i>Henicorhina leucophrys</i> | Soterrey de Monte Pechigrís | 12 | D | IP | |
| | <i>Troglodytes aedon</i> | Cucarachero | 15 | D, I, M, SC | IP | |
| Mimidae | <i>Mimus gilvus</i> | Sinsonte Tropical | 10 | I, M | IP - IV - F | |
| Turdidae | <i>Catharus ustulatus</i> | Zorzal de Swainson | 1 | D, SC | IP - F | MB |
| | <i>Myadestes ralloides</i> | Solitario Andino | 1 | D | IP - F | |
| | <i>Turdus fuscater</i> | Mirlo Grande | 106 | D, I, M, SC | IP - IV - F | |
| Thraupidae | <i>Anisognathus igniventris</i> | Clarinero | 17 | D | IP - F | |
| | <i>Conirostrum rufum</i> | Picocono Rufo | 1 | M | N - IP | CE |
| | <i>Diglossa albilatera</i> | Pinchaflor de Costado Blanco | 1 | D | N - IP | |
| | <i>Diglossa sittoides</i> | Pinchaflor Pechicanelo | 2 | M | N - IP | |
| | <i>Hemispingus atropileus</i> | Hemispingo Coroninegro | 3 | D | IP - F | |
| | <i>Hemispingus superciliaris</i> | Hemispingo Superciliado | 4 | D | IP - F | |
| | <i>Hemispingus verticalis</i> | Hemispingo Cabecinegro | 2 | D | IP - F | |

Cont. **Anexo 1.** Registros de avifauna en cuatro sitios a lo largo del río Fucha, Bogotá. Sitios: D (Reserva El Delirio), SC (San Cristóbal), I (Industriales), M (Marsella). Grupo de dieta: S (Semillas), IP (Insectos pequeños), IV (Invertebrados grandes y vertebrados pequeños), N (Néctar), F (Frutos), V (Vertebrados más grandes), C (Carroña). Información de la especie: MB (Migratorio Boreal), CE (Casi endémico).

| Familia | Especie | Nombre común | No. de registros | Sitio | Grupo de dieta | Info. especie |
|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------|-------------|----------------|---------------|
| Thraupidae | <i>Tangara vassorii</i> | Tangara Azul y Negra | 2 | D | IP - F | |
| | <i>Arremon assimilis</i> | Saltón Cabecillado | 8 | D | S-IP | |
| Emberizidae | <i>Atlapetes pallidinucha</i> | Matorralero Nuquipálido | 2 | D | S-IP | |
| | <i>Atlapetes schistaceus</i> | Matorralero Pizarroso | 2 | D | S-IP | |
| | <i>Zonotrichia capensis</i> | Copetón | 91 | D, I, M, SC | S-IP | |
| Cardinalidae | <i>Pheucticus aureoventris</i> | Picogrueso Dorsinegro | 1 | D | S | |
| | <i>Piranga olivacea</i> | Tangara Escarlata | 2 | M | IP - F | MB |
| | <i>Piranga rubra</i> | Tangara Veranera | 3 | M, SC | IP - F | MB |
| Parulidae | <i>Leiothlypis peregrina</i> | Reinita Verdilla | 18 | D, M, SC | IP | MB |
| | <i>Myioborus ornatus</i> | Candelita Frentidorada | 10 | D | IP | CE |
| | <i>Myiothlypis nigrocristata</i> | Reinita Coroninegra | 10 | D | IP | |
| | <i>Protonotaria citrea</i> | Reinita Cabecidorada | 1 | I | IP | MB |
| | <i>Setophaga fusca</i> | Reinita Gorginaranja | 14 | D, SC | IP | MB |
| | <i>Setophaga petechia</i> | Reinita Amarilla | 1 | M | IP | MB |
| | Icteridae | <i>Gymnomystax mexicanus</i> | Tordo-Turpial | 9 | SC | IP - IV |
| <i>Molothrus bonariensis</i> | | Chamón | 163 | I, M, SC | IP - IV | |
| <i>Sturnella magna</i> | | Pastorero Común | 4 | I | IP - IV | |
| Fringillidae | <i>Spinus psaltria</i> | Jilguero Menor | 1 | I | S | |
| | <i>Spinus spinescens</i> | Jilguero Andino | 29 | D, I, M, SC | S | CE |

Sergio Chaparro-Herrera
Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis
Subdirección Científica
Asociación Bogotana de Ornitología (ABO),
Bogotá, Colombia
Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados,
Universidad de Antioquia,
Medellín, Colombia
sergioupn@gmail.com

Pedro A. Camargo Martínez
Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis
Subdirección Científica
Asociación Bogotana de Ornitología (ABO),
Instituto de Ciencias Naturales,
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
pedroa_camargom@yahoo.com

Avifauna a lo largo del río Fucha en la ciudad de Bogotá,
Colombia

Citación del artículo: Chaparro-Herrera, S. y P. A. Camargo-Martínez. 2017. Avifauna a lo largo del río Fucha en la ciudad de Bogotá, Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 212 – 227. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a14.

Recibido: 16 de agosto de 2016
Aprobado: 30 de mayo de 2017

Aves del municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia

Birds of Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia

Rubén D. Palacio, Viviana Vidal-Astudillo, Giovanni Cárdenas y José Luna-Solarte

Resumen

Se presenta un listado de las especies de aves con registros históricos y actuales en el área de Santiago de Cali, el municipio de mayor importancia en la cordillera Occidental de Colombia, con una superficie total de 561,7 km² y elevaciones desde 950 hasta 4070 m s.n.m. Mediante una recopilación y revisión de referencias bibliográficas, bases de datos de las colecciones ornitológicas del municipio y la base de datos ciudadana de eBird, se obtuvo un listado de 561 especies, que incluye 487 aves residentes, 72 migratorias neártico-neotropicales y dos especies introducidas que se han establecido. Otras 25 especies tienen registros pero requieren de más evidencias para su inclusión, y existen vacíos de información en el PNN Farallones de Cali, la ribera del río Cauca y humedales. En el listado se registran siete especies endémicas de Colombia, 52 casi-endémicas, 22 amenazadas a nivel nacional y 26 a nivel global. A nivel regional en el Valle del Cauca 86 se encuentran amenazadas y seis están presuntamente extintas. Nuestros resultados ubican al municipio de Santiago de Cali como un área de alto valor ornitológico en Colombia y se identifican prioridades de investigación y oportunidades de conservación para garantizar la permanencia de la avifauna municipal y regional.

Palabras clave. Avifauna regional. Conservación. Listado taxonómico. Ornitología urbana. Suramérica.

Abstract

A list of bird species with historic and current records in Santiago de Cali is presented. Santiago de Cali is the main city in the Western Andes mountain range of Colombia, with a total area of 561.7 km² and an altitudinal range from 950 to 4,070 m a.s.l. A list of 561 species was obtained based on a revision and compilation of bibliographic references, databases of regional ornithological collections, and the eBird citizen science platform. These species include 487 breeding residents, 72 nearctic-neotropical migrants, and two introduced species. Records for another 25 species were found, but need further evidence in order to be included. There are information gaps in the National Natural Park Farallones de Cali, the banks of the Cauca River and wetlands in the area. The list presented here includes seven Colombian endemics, 52 near-endemics, 22 nationally threatened birds, and 26 species globally threatened. At the regional level in the state of Valle del Cauca 86 birds are threatened and six are potentially extinct. These results place Santiago de Cali as an area of high ornithological importance, as well as it identifies research and conservation priorities to guarantee the long-term presence of avifauna in the region.

Key words. Conservation. Regional avifauna. South America. Taxonomic list. Urban ornithology.

Introducción

Los listados de especies aportan información de línea base para el conocimiento de la biodiversidad, y en años recientes se han usado para estudios de ornitología urbana en varios países de Latinoamérica, aunque en Colombia el conocimiento de la avifauna presente en las ciudades todavía es limitado (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2011, Delgado y Correa 2013). Esta situación disminuye la capacidad para la toma de decisiones que promuevan la sostenibilidad ambiental a nivel regional, donde las ciudades son las encargadas de liderar estos procesos (Andrade-Medina y Bermúdez-Cárdenas 2010). En el municipio de Santiago de Cali se han adelantado algunos trabajos recopilatorios en libros e informes técnicos sobre áreas urbanas (Vidal-Astudillo *et al.* 2008, Dagma 2010), suburbanas (Vidal-Astudillo 2013) y rural (Vidal-Astudillo 2010). Sin embargo, estos trabajos no permiten cuantificar adecuadamente la riqueza de aves, debido a que no hacen una revisión de los registros obtenidos en la compilación para determinar su validez. Este documento representa entonces el primer listado revisado sobre las aves del municipio de Santiago de Cali con registros históricos y actuales que abarca toda el área en sus componentes urbano, suburbano y rural.

Material y métodos

Área de estudio

El municipio de Santiago de Cali está ubicado sobre el piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera Occidental (coordenadas 3°27'26"N- 76°31'42"O; Figura 1). Cubre una superficie total de 561,7 km², y abarca un amplio gradiente altitudinal con diferentes ecosistemas desde el bosque seco tropical y madre viejas en el valle geográfico del río Cauca-VGRC a 950 m s.n.m. hasta bosques altoandinos y páramos llegando a los 4070 m s.n.m. sobre las cumbres de los Farallones de Cali, en límites con el municipio de Buenaventura (Dapm 2016). Debido a esta cercanía con la región del Pacífico, Santiago de Cali contiene elementos bióticos del Chocó biogeográfico que recibe a través de las zonas bajas de la cordillera. Solo el 21,6 % de la superficie son suelos urbanos y la mayor parte es

área rural (Dapm 2016). La precipitación es de 1200 mm/año en las áreas planas y alcanza hasta 3000 mm/año en los Farallones de Cali. La temperatura media anual es 24 °C y en las partes más altas es de 15 °C (Ciat *et al.* 2016).

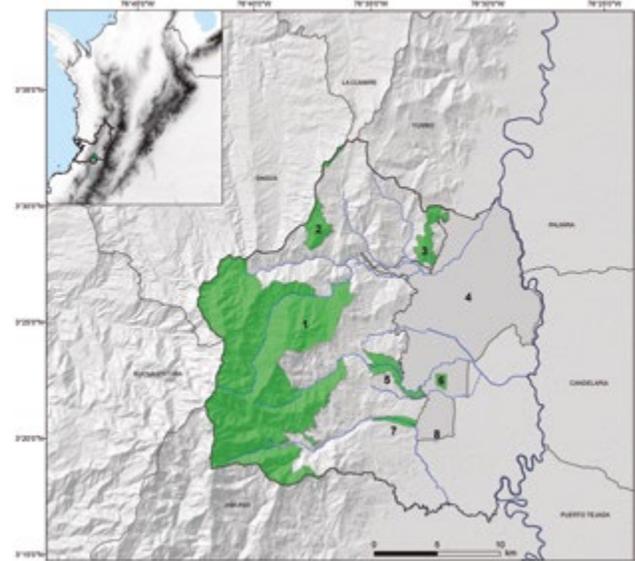


Figura 1. Municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia y localidades representativas con trabajo ornitológico. 1- Parque Nacional Natural Farallones de Cali. 2- IBA-Bosque de San Antonio/Km 18. 3- Ecoparque Cerro de las Tres Cruces-Bataclán. 4- Zona Urbana de Cali (Nororiental). 5- Reserva Municipal de Uso sostenible Río Meléndez. 6- Universidad del Valle-Campus Meléndez. 7- Ecoparque Río Pance. 8- Comuna 22 y complejo de humedales (eg. Ecoparque Lago de las Garzas, Lago de Los Cisnes -o de La Babilla-)

Dentro de las áreas de conservación y protección ambiental del municipio, se destacan en la zona rural el Parque Nacional Natural Farallones de Cali, una de las áreas protegidas más biodiversas del país (UAESPNN 2005) y el bosque de San Antonio/Km 18, el cual es un Área Importante de Aves y Biodiversidad (Important Bird and Biodiversity Area-IBA) (BirdLife International 2017) y uno de los pocos sitios donde se han realizado estudios ornitológicos por más de 100 años (Kattan *et al.* 2016). En las zonas urbanas y suburbanas sobresalen por su importancia los 10 ecoparques de la ciudad (Dapm 2016), algunos de ellos con ambientes acuáticos como el ecoparque río Pance y

el ecoparque Lago de Las Garzas, y otros que protegen los cerros tutelares como los ecoparques Cristo Rey en el cerro Los Cristales, el cerro de las Tres Cruces-Bataclán y el cerro de La Bandera.

Elaboración del listado

Se recopiló y revisó información sobre las aves registradas en el municipio de Santiago de Cali mediante consulta por referencias bibliográficas, bases de datos de las colecciones ornitológicas de la ciudad y la base de datos de ciencia ciudadana eBird (Sullivan *et al.* 2009), donde también se encuentran registradas las observaciones de los autores (Anexo 1 DOI: 10.21068/c2017.v18n02a15a01).

1. Referencias bibliográficas: se hizo una búsqueda exhaustiva y recopilación de registros en artículos científicos, informes técnicos, trabajos de grado, planes de manejo, listados de especies y otras fuentes de literatura gris, así como guías de identificación y libros con reportes de aves del municipio.

2. Colecciones de referencia: se obtuvieron las bases de datos de los registros de especímenes depositados en las dos colecciones ornitológicas más importantes del municipio con el fin de evaluar su representatividad - la Colección Ornitológica de la Universidad del Valle (Universidad del Valle 2014) y Colección Zoológica de referencia "IMCN" del Museo de Ciencias Naturales "Federico Carlos Lehmann V." (Riascos-Vallejo 2001).

3. Base de datos ciudadana de eBird: se obtuvo registros para el departamento del Valle del Cauca hasta noviembre de 2016 (eBird 2016) y se filtraron para el municipio de Santiago de Cali con base en las coordenadas límite: 3.27, 3.55 / -76.71, -76.45 (Latitud mínima, máxima / Longitud mínima, máxima).

Como herramienta de compilación de la información, se construyó una base de datos relacional-BDR en Microsoft Access. Esta herramienta se estructuró para el ingreso de los listados de aves de la fuente original de una manera estandarizada, así como para la verificación y actualización de la información de cada una de las especies de aves registradas, lo que resultó

muy útil para minimizar errores en el manejo de datos. La información final se exportó a una hoja de cálculo en Excel para su análisis. Para validar el registro de las especies y asegurar el rigor científico de la lista, se tuvieron en cuenta de manera conjunta criterios de inclusión como el soporte de evidencias audiovisuales, número de registros por especie y si la presencia de la especie es congruente con su rango de distribución conocido o se encuentra dentro del área accesible por dispersión (Barve *et al.* 2011).

Resultados

Listado de aves del municipio de Santiago de Cali

Se obtuvo un listado de 561 especies de aves (Anexo 2 DOI: 10.21068/c2017.v18n02a15a01), pertenecientes a 24 órdenes, 63 familias y 346 géneros, lo cual equivale al 30,4 % de las 1847 especies registradas para Colombia de acuerdo al Comité de Clasificación de América del Sur (SAAC, por sus siglas en Inglés) (Ramsen *et al.* 2017). La lista comprende 487 especies Residentes (R), 72 Migratorias Latitudinales (Mla, neárticas-neotropicales) (Naranjo *et al.* 2012) y dos especies Introducidas (In) que se consideran establecidas (*Columba livia* y *Lonchura malacca*). También se identificaron registros de interés de especies poco conocidas y aquellas que requieren extensión del rango de distribución y elevación.

De interés para la conservación, se encontraron siete especies endémicas (E), 52 casi-endémicas (CE), tres especies de interés (EI) y una especie con información insuficiente (II) (Chaparro-Herrera *et al.* 2013). En cuanto a las categorías de amenazas de extinción, a nivel regional se encuentran 86 especies amenazadas y seis especies presuntamente extintas (SX) (Castillo-Crespo y González-Anaya 2007). A nivel nacional hay dos especies En Peligro Crítico (CR), seis En Peligro (EN) y nueve como Vulnerables (VU), cinco Casi Amenazadas (NT), 14 con Preocupación Menor (LC) y tres con Datos Deficientes (DD) (Renjifo *et al.* 2014, 2016). A nivel global el municipio presenta tres especies En Peligro (EN), nueve especies Vulnerables (VU), 14 especies Casi Amenazadas (NT), 534 especies

con Preocupación Menor (LC) y una especie con Datos Deficientes (DD) (IUCN 2016).

De la recopilación realizada se excluyeron 69 especies con registros en los listados obtenidos (Anexo 2). De estas, 25 especies se consideraron potenciales para el municipio, y requieren de evidencia tangible para ser incluidas, porque la distribución conocida no respalda el registro o son posibles confusiones en la identificación respecto a otras especies ya corroboradas. Las restantes 44 especies son excluidas porque corresponden a errores de identificación o son introducidas que no se han establecido y en consecuencia no hacen parte de la avifauna del municipio (Anexo 2).

De las 561 especies confirmadas para el municipio de Santiago de Cali, la base de datos eBird (2016) tiene la mayor representatividad de especies con el 89,1 % (500), seguida por las referencias bibliográficas que reportan el 87,5 % (491), la Colección Ornitológica de la Universidad del Valle reporta el 45,8 % (257) y la Colección Zoológica de referencia "IMCN" del Museo de Ciencias Naturales "Federico Carlos Lehmann V." reporta el 36,2 % (203), ambas colecciones tienen una representatividad de 56,9 % (319, compartiendo 140 especies) y los registros aislados o adicionales son el 0,9 % (5).

Discusión

Riqueza de especies

Debido a su amplio rango altitudinal y posición geográfica privilegiada, en Santiago de Cali se han registrado el 30,4 % de las aves de Colombia en menos del 0,05 % de su superficie terrestre, y se ubica como el municipio con mayor riqueza de aves para el país de los estudiados actualmente con 561 especies. Le siguen Ibagué (537 spp, Parra-Hernández *et al.* 2007), Medellín (445 spp, Estrada 2014), Manizales (439 spp, Verhelst *et al.* 2001, Botero *et al.* 2005), Popayán (338 spp, Ayerbe-Quiñones *et al.* 2009) y Pereira (203 spp, Londoño-Betancourth 2011). Bogotá tiene alrededor de 269 especies (Andrade-L y Benítez-Castañeda 2002). Se encontró que el municipio de Santiago de Cali tiene una riqueza de especies similar a

departamentos de Colombia con inventarios y estudios intensivos en ornitología como el Quindío (560 spp, Arbeláez-Cortés *et al.* 2011, 2015). Sin embargo, la avifauna del municipio todavía no está completa. En la elaboración del listado se identificaron 25 especies con registros que necesitan ser verificados con más evidencias (potenciales); y mediante adiciones con nuevos inventarios en áreas poco muestreadas, se estima que la avifauna de Santiago de Cali podría superar las 600 especies.

Vacíos de información

Para el municipio existe un vacío de información hacia las zonas del PNN Farallones de Cali por encima de los 2500 m, en bosques altoandinos y páramos donde se podrían corroborar especies potenciales, obtener registros actualizados de especies que no han sido observadas en los últimos años y nuevas adiciones de especies para el municipio (Figura 2). Por ejemplo, exploraciones recientes en la localidad del Alto del Buey (3500 m) han permitido encontrar nuevos registros tales como *Ramphomicron microrhynchum*, *Eriocnemis vestita* y *Colaptes rivoli*. Otras especies como *Asthenes fuliginosa* y *Atlapetes pallidinucha* tienen registros en el páramo del Duende (Estela *et al.* 2004), y podrían estar presentes en el municipio. También existe la posibilidad de encontrar *Henicorhina negreti* y *Diglossa gloriosissima*, ambas especies endémicas de Colombia y en peligro de extinción, donde esta última se ha sugerido que puede estar en los picos del PNN Farallones de Cali (Renjifo *et al.* 2014). Intensificar los muestreos en tierras altas permitiría tener una mejor capacidad de análisis ecológicos y evaluar estatus de conservación tanto de las especies como de los ecosistemas que por el momento se encuentra limitada por la falta de registros actualizados y confiables en la zona.

Otras áreas que requieren mayor exploración son las zonas bajas de la cordillera con influencia del Chocó montano donde se podrían encontrar especies como *Heliodoxa imperatrix* o *Pseudocolaptes lawrencii*. También se deben intensificar muestreos en la ribera del río Cauca y las madrevejas o humedales existentes en la zona plana, que puede contener nuevos registros de



Figura 2. Tres especies con registros únicos en el PNN Farallones de Cali, donde existen los mayores vacíos de información para el municipio de Santiago de Cali. **A)** *Drymotoxeres pucheranii* (des Murs, 1849). **B)** *Colaptes rivolii* (Boissonneau, 1840). **C)** *Eriocnemis vestita* (Lesson, 1838). Fotos: A-Juan Ortíz; B y C- Danny Leandro Mora.

aves acuáticas, redescubrir especies consideradas como posiblemente extinguidas (SX) para el departamento del Valle del Cauca, confirmar registros tales como *Tigrisoma fasciatum* y *Egretta tricolor*, y evaluar el estado de conservación de especies como *Porzana flaviventer*.

Se sugiere también continuar colectando especímenes

de aves para mejorar la representatividad de las dos colecciones del municipio que apenas alcanzan el 56,9 % de representatividad (Colección Ornitológica de la Universidad del Valle y Colección Zoológica de referencia “IMCN” del Museo de Ciencias Naturales “Federico Carlos Lehmann V.”). La recolección de especímenes debe estar dentro del marco de programas de investigación a largo plazo que permitan tener

una base sólida de estudio sobre las poblaciones locales para análisis regionales (Cuervo *et al.* 2006), además de poder proponer y ejecutar planes específicos de conservación. En este proceso se debe rectificar y ratificar identificaciones y localidades asignadas, teniendo en cuenta las nuevas tecnologías de georreferenciación y guías especializadas de identificación.

Estado de conservación de la avifauna

En Santiago de Cali se encuentra un preocupante número de especies amenazadas, con 22 especies bajo algún grado de amenaza nacional y 86 a nivel regional. La situación podría ser más crítica debido a que el riesgo de extinción regional está basado en estudios de hace diez años (Castillo-Crespo y González-Anaya 2007), por lo cual sugerimos realizar una nueva evaluación. Para el presente estudio se identificaron de manera preliminar nueve especies más que podrían estar bajo algún grado de amenaza. En la actualidad, las principales amenazas para las aves de Santiago de Cali son la minería en las partes altas, la fragmentación y urbanización en los bosques de montaña (con pérdida de especies ya documentada; Kattan *et al.* 1994) y la transformación y desaparición de hábitats clave como los humedales y las madrevejas del río Cauca. En cuanto a grupos taxonómicos, los datos sugieren que las aves acuáticas y las rapaces tienen un mayor riesgo de extinción.

Las extinciones y el grado de amenaza de las especies en el municipio de Santiago de Cali son producto de procesos regionales en todo el VGRC. La transformación y desecación de los humedales, junto con la cacería que inició a mediados del siglo pasado ha llevado a la posible extirpación de cinco especies acuáticas como *Netta erythrophthalma*, y muchas otras tienen poblaciones en disminución como *Anas cyanoptera*, *A. discors* y *Nomonyx dominicus*, o ya solo quedan poblaciones domésticas como *Cairina moschata* y *Sarkidiornis melanotos*. También se reportan extirpaciones de especies como *Ramphastos ambiguus*, *Psarocolius decumanus* o *Cathartes burrovianus* (Lehman 1957; del Hoyo *et al.* 2017).

La deforestación ha permitido la colonización de varias especies desde mediados del siglo XX como *Sicalis flaveola* y *Bubulcus ibis* (Lehman 1957), y se ha incrementado a partir de la década de 1990 con apariciones de especies como *Gampsonyx swainsonii* (Álvarez-López y Kattan 1995), *Eupsittula pertinax*, *Gymnomystax mexicanus* (Cárdenas 1998) y *Melanerpes rubricapillus* (Garcés-Restrepo *et al.* 2012). Las consecuencias de estas colonizaciones son inciertas. También es preocupante la introducción de *Lonchura malacca* que puede llegar a ser una especie invasora con perjuicios económicos en la producción de gramíneas (Certuche-Cubillos *et al.* 2010).

La pérdida de hábitat en el bosque seco ha ocasionado la disminución de las poblaciones de varias especies, o que están siendo reemplazadas por especies de áreas abiertas. Son ejemplos el caso de *Claravis pretiosa* que antes era la tórtola más abundante (Lehman 1957), donde ahora domina *Columbina talpacoti*; la mirla *Turdus obsoletus* que requiere bosque y está siendo reemplazada por *Turdus ignobilis* la cual es oportunista y aprovecha ambientes urbanos (Vidal-Astudillo 2007); el periquito *Forpus conspicillatus* con poblaciones en disminución, mientras aumenta *Brotogeris jugularis* y el carpintero *Colaptes punctigula* que puede estar siendo desplazado por *Melanerpes rubricapillus* (Garcés-Restrepo *et al.* 2012). En la parte plana del municipio los pastizales prácticamente han desaparecido y ha llevado a la reducción de especies como *Emberizoides herbicola* y la posible extirpación o declive poblacional severo de *Ammodramus savannarum cauciae*.

Recomendaciones

La alta riqueza de especies en Santiago de Cali y su liderazgo en el suroccidente colombiano, representa una situación de responsabilidad respecto a la investigación y conservación de la avifauna a nivel regional. De hecho, el municipio se encuentra en un punto estratégico de importancia ornitológica sobre los Andes occidentales, donde se registran la mayor cantidad de especies de aves endémicas y de rangos restringidos en Colombia, las cuales son más vulnerables a la extinción (Ocampo-Peñuela y Pimm 2014).

Resulta clave entonces el desarrollo de un modelo de conservación urbano-regional entre Santiago de Cali y municipios aledaños, especialmente Buenaventura, Dagua, Jamundí, La Cumbre y Yumbo, con el fin de promover la conservación de las aves y la biodiversidad en general, mitigar amenazas como la urbanización sin planificación y contribuir a la sustentabilidad ambiental (Andrade-Medina y Bermúdez-Cárdenas 2010, Gómez-Contreras 2014). Se considera que la protección de los humedales remanentes es de una importancia crítica, y la articulación de propuestas para la conservación de bosques nublados desde el PNN Farallones de Cali hasta el cerro Dapa-Carisucio es clave para mejorar la conectividad entre fragmentos de bosque, la protección de la fauna y flora y garantizar el abastecimiento de servicios ecosistémicos como el agua, regulación del clima y el disfrute de la naturaleza.

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas e instituciones que han contribuido al conocimiento de las aves de Santiago de Cali mediante registros, listados e investigaciones, los cuales hicieron posible la elaboración de este documento.

Bibliografía

- Álvarez-López, H y M. D. Heredia. 1989. Lista preliminar de las aves de Peñas Blancas. Sociedad Vallecaucana de Ornitología. Santiago de Cali, 2 pp.
- Álvarez-López, H y G. H. Kattan. 1995. Notes on the conservation status of resident diurnal raptors of the middle Cauca Valley, Colombia. *Bird Conservation International* 5: 341-348.
- Andrade-L., M. E y H. Benítez-Castañeda. 2002. Los Humedales de la Sabana de Bogotá: Área Importante para la conservación de las Aves de Colombia y el Mundo. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-IAvH y BirdLife International. Bogotá D.C., 269 pp.
- Andrade-Medina, P y D. C. Bermúdez-Cárdenas. 2010. La sostenibilidad ambiental urbana en Colombia. *Bitácora* 17 (2): 73-93.
- Angarita-Martínez, I. 2002. Composición y estructura de la avifauna de la ciudad de Cali. Trabajo de grado. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología. Santiago de Cali, 48 pp.
- Arbeláez-Cortés, E., J. I. Garzón-Z., M. Socorro-Sierra., F. Forero., P. J. Cardona-Camacho., A. Bayer., Y. A. Beltrán-Arcila., L. M. Ramírez-Urrea., G. Patiño., J. E. Morales-Sánchez., D. Duque-Montoya y O. H. Marín-Gómez. 2015. Fourteen new additions to the list of birds of Quindío department, Colombia. *Check List* 11 (6): 1-9.
- Arbeláez-Cortés, E., O. H. Marín-Gómez., D. Duque-Montoya., P.J. Cardona-Camacho., L.M. Renjifo y H.F. Gómez. 2011. Birds, Quindío Department, Central Andes of Colombia. *Check List* 7 (3): 227-247.
- Asociación para el Estudio y Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia-CALIDRIS. 2015. Censo Urbano de Aves de Cali. Asociación para el Estudio y Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia-CALIDRIS y Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente-DAGMA. Lista de aves. Santiago de Cali, Colombia.
- Asociación para el Estudio y Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia-CALIDRIS. 2016. Censo Urbano de Aves de Cali. Asociación para el Estudio y Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia-CALIDRIS y Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente-DAGMA. Lista de aves. Santiago de Cali, Colombia.
- Ayerbe-Quñones, F., L. G. Gómez-Bernal, J. P. López-Ordóñez, M. Ramírez-Burbano, J. V. Sandoval-Sierra y M. F. González-Rojas. 2009. Avifauna de Popayán y municipios aledaños. *Novedades Colombianas* 9(1): 1-27.
- Bacon J., E. Velasco y A. Lieberman. 1985. Aves de El Topacio, Parque Nacional Natural Farallones de Cali, Frente Cali. *En: Sarria-Salas, S.* 1993. Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Monografía. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y Fundación Protectora de las Cuencas-PROCUENCAS. Santiago de Cali, 313 pp.
- Barve, N., V. Barve., A. Jiménez-Valverde, A. Lira-Noriega, S. P. Maher, A. T. Peterson, J. Soberón y F. Villalobos. 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling* 222: 1810-1819.
- BirdLife International. 2017. Important Bird Areas factsheet: Bosque de San Antonio/Km 18. Descargado de: <<http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/bosque-de-san-antonio-km-18-iba-colombia>> on 18/02/2017
- Botero, J. E., G. M. Lentijo, A. M. López, O. Castellanos, C. Aristizabal., N. Franco y D. Arbeláez. 2005. Adiciones a la lista de aves del municipio de Manizales. *Boletín SAO* 15 (2): 69-88.
- Calvert, L. 2016. Lista de aves reportadas en la finca La Esmeralda-corregimiento de Pichindé, Santiago de Cali, Valle del Cauca.
- Cantera-K., J. R. 2010. Vida silvestre en el campus de la Universidad del Valle. Programa Editorial Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Departamento de Biología. Santiago de Cali, 275 pp.
- Cárdenas, G. 1998. Comparación de la composición y estructura de la avifauna en diferentes sistemas de producción. Trabajo de grado. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología. Santiago de Cali, 68 pp.
- Cárdenas, G y V. Vidal-Astudillo. 2010. Lista de Aves de los Ecoparques Urbanos Bataclán y Pisamos. Informe Preliminar. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente-DAGMA. Santiago de Cali, 9 pp.
- Castillo-Crespo, L. S y M. González-Anaya. (Eds.-Comp.). 2007. Avances en la implementación del plan de acción en biodiversidad del Valle del Cauca. Corporación Autónoma

- Regional del Valle del Cauca-CVC, Dirección Técnica Ambiental, Grupo Biodiversidad. Santiago de Cali, 66 pp.
- Certuche-Cubillos, K., D. Carantón-Ayala., R. M. Parra-Hernández., M. Moreno-Palacios., C. Díaz-Jaramillo y J. Sanabria-Mejía. 2010. Biología alimentaria del Capuchino de cabeza negra (*Lonchura malacca*, Estrildidae) en el alto valle del Magdalena, Colombia. *Ornitología Colombiana* 9: 25-30.
- Chaparro-Herrera S., M. A Echeverry-Galvis, S. Córdoba-Córdoba y A. Sua-Becerra. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana* 14 (2): 235-272.
- Chapman, F. M. 1917. The distribution of bird-life in Colombia: a contribution to a biological survey of the South America. *Bulletin of the American Museum of Natural History* Volume XXXVI. New York, USA. 836 pp.
- CIAT-Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y Departamento Administrativo de Gestión del medio Ambiente-DAGMA. 2016. Estudio para la microzonificación climática para el municipio de Santiago de Cali. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. Santiago de Cali, 44 pp.
- Cifuentes-Sarmiento, Y. y C. Ruiz-Guerra. 2016. Aves de la finca Santa Helena, Estación MoSI (Monitoreo de Supervivencia Invernal) en Colombia. Informe Final. Asociación para el Estudio y Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia-CALIDRIS. Santiago de Cali, Colombia. 11 pp.
- Consorcio C.S.C.-2009. 2011. Estudio de factibilidad técnica, financiera, económica, social y ambiental para construcción de un embalse de regulación sobre el río Cali y protección integral de su cuenca a través de la gestión integral del recurso. Etapa II: Diseño Básico del Proyecto. Informe Línea Base Fauna y Flora. Documento No. I-T0379- DPCL-3900-007. Santiago de Cali, 55 pp.
- Contreras-Rengifo, R. 2006. Formulación del plan de manejo integral del humedal El Estero, en el corregimiento de Navarro, municipio de Cali, Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC. Santiago de Cali, 75 pp.
- Contreras-Rengifo, R., R. Ríos-Herrera, M. C. Serrato, I. Cabrera y R. Domínguez. 2006. Formulación del plan de manejo integral del humedal Marañón en el corregimiento El Hormiguero, municipio de Cali, Valle del Cauca. Informe Final. Santiago de Cali, Colombia. 118 pp.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y Fundación Mundo Ambiental. 2006. Plan de manejo ambiental humedal Navarro, municipio de Santiago de Cali. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC. Dirección Técnica Ambiental. Santiago de Cali, 147 pp.
- Cuervo, A. M., C. D. Cadena y J. L. Parra. 2006. Seguir colectando aves en Colombia es imprescindible: Un llamado a fortalecer las colecciones ornitológicas. *Ornitología Colombiana* 4: 51-58.
- DAGMA-Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente. 2010. Las aves de mi ciudad: Una guía de las aves de Cali. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente-DAGMA y Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia-Calidris. Santiago de Cali, 123 pp.
- DAPM-Departamento Administrativo de Planeación Municipal. 1996. Estudio ecológico ambiental de la Reserva Forestal del municipio de Santiago de Cali, Fase I. Informe sectoriales de fauna y flora. Ingenieros Consultores S.A.-INGECON S.A. y Municipio de Santiago de Cali. Santiago de Cali, Colombia.
- DAPM-Departamento Administrativo de Planeación Municipal. 2016. Cali en cifras 2015. Departamento Administrativo de Planeación Municipal-DAPM. Santiago de Cali, 211 pp.
- del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A y E. de Juana. (Eds.) 2017. Handbook of the birds of the world alive. Lynx Editions, Barcelona. (Descargado de <<http://www.hbw.com/>> on 24/03/2017).
- Delgado-V, C. A y J. C. Correa-H. 2013. Estudios ornitológicos urbanos en Colombia: revisión de literatura. *Revista Ingeniería y Ciencia* 19: 215-236.
- Downer, C. C. 1978. Lista de las aves en el Parque Nacional Natural de los Farallones con descripciones y distribuciones de los órdenes, familias y especies. En: Sarria-Salas, S. 1993. Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Monografía. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y Fundación Protectora de las Cuencas-PROCUENCAS. Santiago de Cali, 313 pp.
- Downer, C. C. 1979a. Lista de anfibios, mamíferos y aves encontradas en los Altos Farallones. En: Sarria-Salas, S. 1993. Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Monografía. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y Fundación Protectora de las Cuencas-PROCUENCAS. Santiago de Cali, 313 pp.
- Downer, C. C. 1979b. Mamíferos y aves de la zona alta del Parque Nacional Natural Farallones de Cali. En: Sarria-Salas, S. 1993. Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Monografía. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y Fundación Protectora de las Cuencas-PROCUENCAS. Santiago de Cali, 313 pp.
- eBird Basic Dataset. Version: EBD_relNov-2016. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Nov 2016.
- Estela, F. A., D. Arbeláez., D. Fajardo., L. A. Neira y S. Restrepo. 2004. Caracterización ornitológica del páramo del Duende y su zona de amortiguación. Informe Técnico. Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia-Calidris. Santiago de Cali, 14 pp.
- Estrada, M. C. 2014. La biodiversidad como soporte para la toma de decisiones en el territorio de la ciudad de Medellín: Aves. Pp: 48-55. En: Alcaldía de Medellín (Ed.). Propuesta para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Medellín: Síntesis del documento técnico de soporte. Parque Explora. Medellín, 240 pp.
- Fuentes-Pardo, G. E. 2010. Caracterización de la avifauna del Jardín Botánico de Cali y Ecoparque Río Cali. Trabajo de grado. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología. Santiago de Cali, 67 pp.
- Garcés-Restrepo, M. F., C. A. Saavedra-Rodríguez, G. Cárdenas, V. Vidal-Astudillo, F. Ayerbe-Quiñones, L. F. Ortega, J. E. López-Solarte, R. Johnston-González y C. A. Ríos-Franco. 2012. Expansión de la distribución y datos ecológicos del Carpintero Habado (*Melanerpes rubricapillus*) en el valle del río Cauca, Colombia. *Ornitología Colombiana* 12: 54-60.
- Gniadek, S. 1973. Las aves de “La Margarita”, Peñas Blancas, río Pichindé, Cali, Valle del Cauca. Cuerpo de Paz/Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC. En: Sarria-Salas,

- S. 1993. Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Monografía. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y Fundación Protectora de las Cuencas-PROCUENCAS. Santiago de Cali, 313 pp.
- Gómez-Contreras, J. L. 2014. Del desarrollo sostenible a la sustentabilidad ambiental. *Revista Facultad de Ciencias Económicas* 14 (1): 115-136.
- Hernández-C, O., V. Cardona-B y P. Montoya-V. 2015. Riqueza de especies de aves en el campus de la Universidad del Valle, once años después. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECA* 7 (1): 25-34.
- IUCN. 2016. The IUCN red list of threatened species. Version 2016-3.
- Jordán-Muñoz, J. F., J. A. Restrepo, J. Luna-Solarte, P. A. Luna-Solarte, A. Muñoz y T. Muñoz. (Sin año). Listados de aves del corregimiento La Leonera, municipio de Santiago de Cali. Lista de aves. Cali, Colombia. En: Vidal-Astudillo, V. 2010. Recopilación de las especies de vertebrados reportados en las cuencas de los ríos Felidia y Pichindé, Municipio de Santiago de Cali. Informe técnico. Consorcio C.S.C. 2009. Santiago de Cali, 49 pp.
- Kattan, G., H. Álvarez-López y M. Giraldo. 1991. Efectos de la fragmentación de bosques sobre la composición de la avifauna: San Antonio 80 años después. Informe de Investigación, Proyecto No. 366. Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología-FPIT. Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas y Departamento de Biología, Universidad del Valle. Banco de la República. Santiago de Cali, Colombia.
- Kattan, G. H., H. Álvarez-López y M. Giraldo. 1994. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology* 8 (1): 138-146.
- Kattan, G. H., S. A. Tello., M. Giraldo y C. D. Cadena. 2016. Neotropical bird evolution and 100 years of the enduring ideas of Frank M. Chapman. *Biological Journal of the Linnean Society* 117 (3): 407-413.
- Lehmann, F. C. 1957. Contribuciones al estudio de la fauna de Colombia XII. *Novedades Colombianas* 1: 101-156.
- Londoño-Betancourth, J. C. 2011. Una mirada a la diversidad ornitológica de Pereira. *Boletín Científico Museo de Historia Natural* 15: 84-103.
- López-Carvajal, H. 2012. Fauna terrestre río Meléndez zona del Club Campestre Cali. Proyecto Urbanístico CUSEZAR. Informe Final. Santiago de Cali, 10 pp.
- López-Carvajal, H. 2014. Fauna terrestre del humedal de la Universidad Javeriana Cali. Informe Final. Santiago de Cali, 21 pp.
- López-Carvajal, H. 2016. Avifauna del Cerro Los Cristales. Lista de Aves. Santiago de Cali, 2 pp.
- Miller, A. H. 1963. Seasonal activity and ecology of the avifauna of an American equatorial cloud forest. *University of California Publications in Zoology* 66 (1): 106-124.
- Montealegre-Talero, C. 2009. Patrones de diversidad en ensamblajes de aves en dos bosques de niebla de la Cordillera Occidental de Colombia. Trabajo de grado. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Biológicas. Bogotá, D.C. 17 pp.
- Muñoz M. C., K. Fierro-Calderón y H. F. Rivera-Gutiérrez. 2007. Las aves del campus de la Universidad del Valle, una isla verde urbana en Cali, Colombia. *Ornitología Colombiana* 5: 5-20.
- Muñoz-A., L. A. y A. M. Carmona-T. (Sin año a). Plan de manejo ambiental humedal urbano Lago de Las Garzas. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente-DAGMA y Subdirección de Gestión Ambiental-SGA. Santiago de Cali, Colombia. 227 pp.
- Muñoz-A., L. A. y A. M. Carmona-T. (Sin año b). Plan de manejo ambiental humedal urbano Lago de Los Cisnes. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente-DAGMA y Subdirección de Gestión Ambiental-SGA. Santiago de Cali, Colombia. 242 pp.
- Muñoz-A., L. A. y A. M. Carmona-T. (Sin año c). Plan de Manejo Ambiental Humedal Urbano Lago Panamericano. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente-DAGMA y Subdirección de Gestión Ambiental-SGA. Santiago de Cali, 219 pp.
- Naranjo, L. G. y F. Estela. 1999. Inventario de la avifauna de un área suburbana de la ciudad de Cali. *Boletín SAO*. 10 (18-19): 11-27.
- Naranjo, L. G., J.D. Amaya., D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds.). 2012. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS y Fondo Mundial para la Naturaleza-WWF Colombia. Bogotá D.C., 708 p.
- Ocampo-Peñuela, N. y S. L. Pimm. 2014. Setting practical conservation priorities for birds in the western Andes of Colombia. *Conservation Biology* 28(5): 1260-1270.
- Ortega-Álvarez, R. y I. MacGregor-Fors. 2011. Disting-off the file: A review of knowledge on urban ornithology in Latin America. *Landscape and Urban Planning* 101 (1): 1-10.
- Orejuela-Gartner, J. E., N. Correa-Ortiz, H. López-Carvajal, V. Vidal-Astudillo y C. M. Wagner-Wagner. 2007. Evaluar el estado de la fauna y flora del bosque de San Antonio, área de interés ambiental de la cuenca del río Cali, municipio de Cali. Informe Final. Convenio CVC 051 de 2007. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, Dirección Técnica Ambiental, Grupo Biodiversidad y Asociación Río Cali-ASORÍOCALI. Santiago de Cali, 96 pp.
- Parra-Hernández, R. M., D. A. Carantón-Ayala, J. S. Sanabria-Mejía, L. F. Barrera-Rodríguez, A. M. Sierra-Sierra, M. C. Moreno-Palacios, W. S. Yate-Molina, W. E. Figueroa-Martínez, C. Díaz-Jaramillo, V. T. Florez-Delgado, J. K. Certuche-Cubillos, H. N. Loaiza-Hernández y B. A. Florido-Cuellar. 2007. Aves del municipio de Ibagué-Tolima, Colombia. *Biota Colombiana* 8(2): 199-220.
- Ramírez-Lamus, J. C., G. L. Vásquez-Zapata., A. M. Navarrete-Gálvez y J. E. Orejuela Gartner. 2001. Determinación del estado sucesional de los humedales: madre vieja Guarínó, ciénaga La Guinea, caño El Estero, laguna Pacheco, madre vieja Lili, madre vieja Román (Gota e'leche), madre vieja Chiquique, madre vieja La Herradura y laguna Bocas del Tuluá, localizadas en los municipios de Cali, Jamundí, Bolívar y Tuluá, departamento del Valle del Cauca. Informe Final. Contrato CVC-SGA-069-2000. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y SGA. Santiago de Cali, 264 pp.
- Remsen, J. V. Jr. 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. and K. J. Zimmer. Version [10/03/2017]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union.
- Renjifo, L. M., M. F. Gómez, J. Velásquez-Tibatá, J., A. M. Amaya-Villarreal., G. H. Kattan., J.D. Amaya-Espinel y J. Burbano-Girón. 2014. Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: Bosques Húmedos de los Andes y la costa Pacífica. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., 466 pp.
- Renjifo, L. M., A. M. Amaya-Villarreal., J. Burbano-Girón y J. Velásquez-Tibatá. 2016. Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., 563 pp.
- Reyes-Gutiérrez, M. y S. Restrepo-Calle. 2005. Las aves del Ecoparque Río Pance. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, Corporación para la Recreación Popular y Fondo para la Acción Ambiental. Santiago de Cali, 72 pp.
- Reyes-Gutiérrez, M., R. Sedano y S. M. Durán. 2002. Lista anotada de la avifauna de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. *Boletín SAO* 13 (24-25):12-25.
- Riascos-Vallejo, J. M. 2001. Aves, mamíferos, reptiles y anfibios de la Colección Zoológica de referencia "IMCN" del Museo de Ciencias Naturales "Federico Carlos Lehmann V." *Cespedesia* 24 (75-78): 95-152.
- Rivera-Gutiérrez, H. F. 2006. Composición y estructura de una comunidad de aves en un área suburbana en el suroccidente Colombiano. *Ornitología Colombiana* 4: 28-38.
- Salazar-Mancipe, A. M., C. M. Vásquez-Camargo y G. L. Vásquez-Zapata. 2006. Plan de manejo integral humedal Cañasgordas, municipio de Santiago de Cali. Contrato de Consultoría No. 557-06. DAGMA y Fundación Río Cauca. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente-DAGMA y Fundación Río Cauca. Santiago de Cali, Colombia. 147 pp.
- Sarría-Salas, S. 1993. Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Monografía. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC y Fundación Protectora de las Cuencas-PROCUENCAS. Santiago de Cali, 313 pp.
- Sullivan, B. L., C. L. Wood, M. J. Iliff, R. E. Bonney, D. Fink y S. Kelling. 2009. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142: 2282-2292.
- UAESPNN-Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. 2005. Plan de Manejo 2005-2009. Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales-UAESPNN. Santiago de Cali, 338 pp.
- Universidad del Valle. 2014. Colección Ornitológica de la Universidad del Valle, 5361 registros, aportados por Cruz-Bernate, L. (Curador de la Colección, Contacto del recurso, Proveedor de los Metadatos), Tamayo-Quintero, J. (Creador del recurso), <http://ipt.sibcolombia.net/valle/resource.do?r=coleccion_ornitologica_universidad_del_valle>, versión 5 (actualizado el 25/11/2014).
- Vargas, F., Muñoz, N. J., Londoño, J. E. y R. Pardo. 2007. Elaborar cinco estudios de capacidad de carga en la zona rural del municipio de Santiago de Cali. Informe Final. Contrato No. 023 de 2007. Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria-UMATA y Fundación para la Vida en Comunidad-FUNVIVIR. Santiago de Cali, 158 pp.
- Verhelst, J. C., Rodríguez, J. C., Orrego, O., Botero, J. E., López, J. A., Franco, V. M. y A. M. Pfeifer. 2001. Aves del Municipio de Manizales- Caldas, Colombia. *Biota Colombiana* 2 (3): 265-284.
- Vidal-Astudillo, V. 2010. Recopilación de las especies de vertebrados reportados en las cuencas de los ríos Felidia y Pichindé, Municipio de Santiago de Cali. Informe Técnico. Consorcio C.S.C. 2009. Santiago de Cali, 49 pp.
- Vidal-Astudillo, V. 2013. Lista de chequeo de las aves del Club Campestre de Cali y sus alrededores. Club Campestre de Cali, Asociación Río Cali-ARC y Mapalina-Birding Trails. Imprenta Imágenes Gráficas. Santiago de Cali, 52 pp.
- Vidal-Astudillo, V., Cárdenas, G., Ortega-G., L. F., Saavedra-Rodríguez, C. A. y M. F. Garcés-Restrepo. 2008. Monitoreo permanente sobre el estado y dinámica de las poblaciones de avifauna para medir el impacto generado por la intervención y compensación forestal de este ecosistema urbano de La Calle Quinta. Informe Final. CONALVIAS S.A. Santiago de Cali, 82 pp.
- Vidal-Astudillo, V. 2007. Observaciones del comportamiento de forrajeo y reproductivo de la Mirla ollera *Turdus ignobilis* (Aves: Turdidae) relacionado con la precipitación en el corregimiento Villa Carmelo-Valle del Cauca. Trabajo de grado. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología. Santiago de Cali, 39 pp.
- Vidal-Astudillo, V. y C. M. Wagner. 2010. Listado de especies de aves registradas en el predio Bichacue Yath, corregimiento La Leonera. Informe Final. Santiago de Cali, 2 pp.

Rubén Darío Palacio
Fundación Ecotonos
Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia

Nicholas School of the Environment, Duke University,
Durham, Estados Unidos
rdpalacio@ecotonos.org

Viviana Vidal-Astudillo
Vidal & Astudillo Ltda.

Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves
Acuáticas en Colombia -Calidris
Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia
viviana@vidalastudillo.com

Giovanni Cárdenas
Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves
Acuáticas en Colombia -Calidris
Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia
gcardenas@calidris.org.co

José Luna-Solarte
Colombia Birdwatch
joselunasolarte@gmail.com

Aves del municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca,
Colombia

Citación del artículo: Palacio, R. D., V. Vidal-Astudillo,
G. Cárdenas y J. Luna-Solarte. 2017. Aves del municipio de
Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*
18 (2): 228–238. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a15

Recibido: 12 de junio de 2017
Aprobado: 25 de julio de 2017

Mamíferos del departamento de Risaralda, Colombia

Mammals of Risaralda State, Colombia

John H. Castaño, Diego A. Torres, Vladimir Rojas-Díaz, Carlos A. Saavedra-Rodríguez y Jairo Pérez-Torres

Resumen

Decenas de investigadores han documentado los mamíferos del departamento de Risaralda. Sin embargo, esta información no ha sido compilada ni actualizada, en razón de los cambios en la nomenclatura. Para la construcción de esta lista, se recopiló información existente en colecciones biológicas, literatura científica y se adicionaron nuevos registros. La lista de mamíferos consolidada confirma 134 especies para Risaralda, que constituyen el 25 % de las especies de mamíferos del país. De estas, 12 son endémicas para Colombia y ocho están en las categorías Peligro Crítico, En Peligro y Vulnerable. Los murciélagos son el grupo con mayor riqueza (59 spp.) seguido de los roedores (33 spp.); estos últimos tienen el mayor número de especies endémicas (8 spp.). La mayor riqueza se localiza en los municipios de Pereira, Santa Rosa de Cabal y Pueblo Rico, donde se concentra la mayor parte de la exploración y registros. En los municipios de Quinchía y Guática no se pudieron localizar registros con respaldo en colecciones científicas. Es posible que la riqueza aumente cuando se incremente el esfuerzo de muestreo hacia otras localidades del departamento. Se espera que esta lista contribuya a direccionar futuros estudios, así como planes de manejo y conservación tanto de especies como de áreas.

Palabras clave. Andes. Chocó biogeográfico. Diversidad. Eje cafetero. Taxonomía.

Abstract

Many researchers have documented mammalian diversity in the state of Risaralda; however, the information has not been consolidated nor updated due to changes in nomenclature. To construct the list presented here, a compilation of information from biological collections, scientific literature, and new records was made. The list contains 134 species of mammals from Risaralda, a number which is equivalent to 25 % of the mammal species of Colombia. Of these species, 12 species are endemic for Colombia and eight are in the categories of Critical, Endangered and Vulnerable. Bats are the richest group (59 spp.), and are followed by rodents (33 spp.), which are the group with the highest number of endemic species (8 spp.). Pereira, Santa Rosa de Cabal and Pueblo Rico are the richest municipalities, and are also those where most of the exploration and records are concentrated. In the municipalities Quinchía and Guática no records with support in scientific collections were found. Possibly, species richness will increase if the sampling effort in other locations are increased. This list will hopefully be useful in guiding future studies as well as management and conservation plans for species and areas.

Key words. Andes. Coffee-growing region. Biogeographic Chocó. Diversity. Taxonomy.

Introducción

Colombia es considerado el sexto país con mayor diversidad de mamíferos (518 especies) (Ramírez-Chaves *et al.* 2016). La alta biodiversidad del país se relaciona con su compleja geografía producto de la historia geológica y su ubicación en el Neotrópico (Hernández-Camacho *et al.* 1992, Morrone 2014). Risaralda con 14 municipios, es uno de los departamentos más pequeños de Colombia (cerca de 4000 km²); sin

embargo, incluye ecosistemas tan diversos como las selvas del Pacífico, en el flanco occidental de la cordillera Occidental, páramos sobre las cordilleras Central y Occidental o el valle interandino del río Cauca, otrora cubierto por bosques secos (Figura 1). Esta variedad de ecosistemas, distribuidos en un gradiente altitudinal que va desde los 300 hasta los 5300 m., alberga una amplia diversidad de mamíferos la cual empezó a ser documentada a inicios del siglo XX.

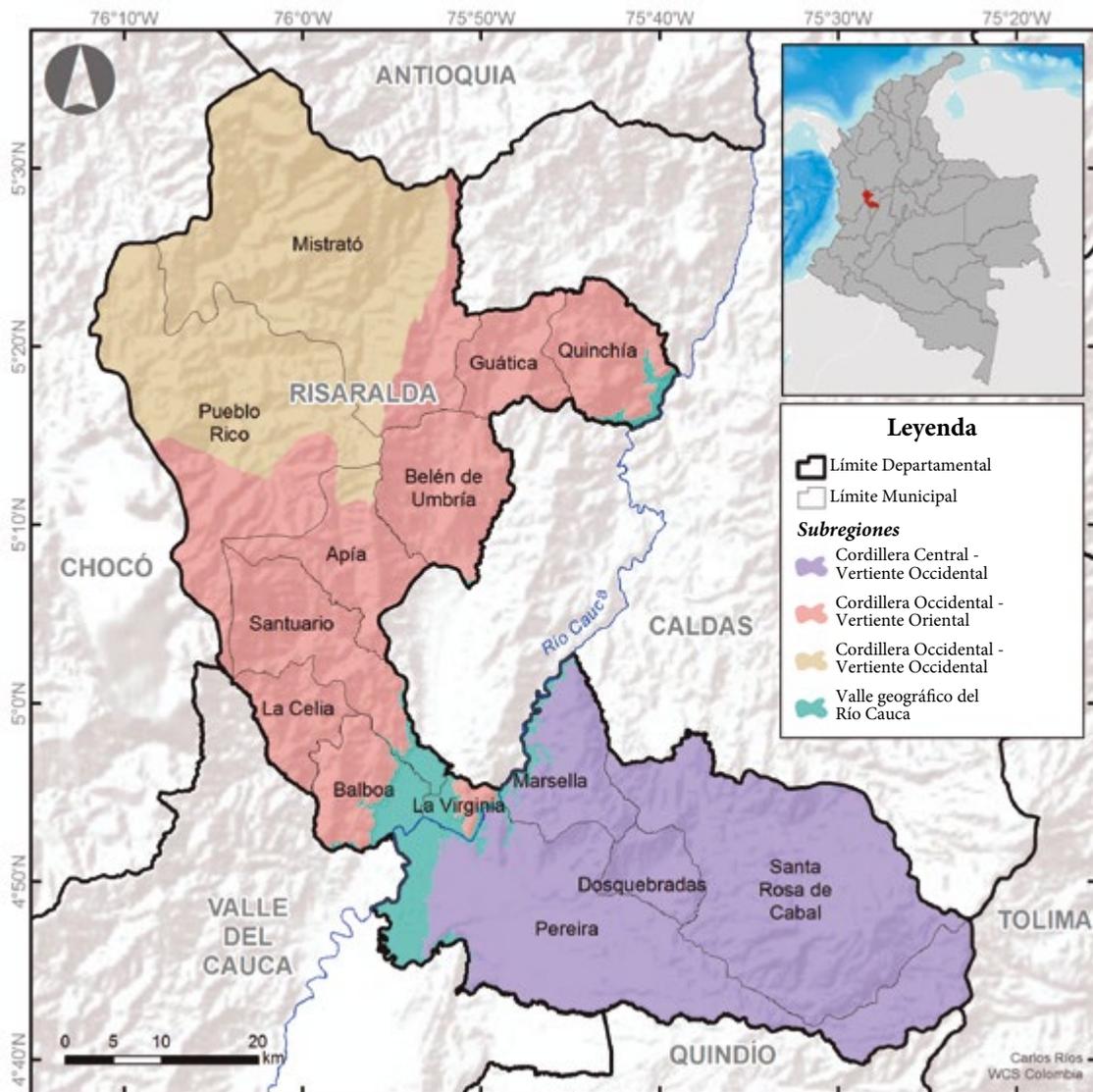


Figura 1. Área de estudio. Ubicación del departamento de Risaralda en Colombia y municipios del departamento.

Los primeros registros científicos de mamíferos de Risaralda datan de 1909 cuando M. G. Palmer recolectó dos especímenes de ardillas (*Notosciurus granatensis*, *Microsciurus similis*) y una comadreja (*Mustela frenata*) en el río San Juan en el municipio de Pueblo Rico; en 1945 el naturalista sueco Kjell E. von Sneidern recolectó dos marsupiales, en el corregimiento Santa Cecilia del municipio Pueblo Rico. Posteriormente en 1951, Philip Hershkovitz trabajando para el FMNH, pasó por territorio risaraldense y recolectó en la cordillera Central siete especímenes del ratoncito de páramo (*Microrhynchomys altissimus*). Durante las décadas de 1980 y 1990, la recolección de mamíferos fue encabezada por investigadores del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

En el siglo XXI la investigación mastozoológica en el departamento ha sido realizada por investigadores provenientes de diversas instituciones nacionales, entre las que destacan: el Centro Nacional de Investigaciones de Café, la Universidad de Caldas, la Pontificia Universidad Javeriana, la Universidad de Santa Rosa de Cabal, la Universidad del Valle, la Fundación EcoAndina, Wildlife Conservation Society y la Corporación Autónoma Regional de Risaralda. En lista de mamíferos de Colombia más reciente Solari *et al.* (2013), registraron 95 especies de mamíferos para Risaralda, un número menor al actualmente conocido. En este trabajo se presenta la lista actualizada de los mamíferos del departamento de Risaralda.

Material y métodos

La presente lista se construyó con base en registros históricos, respaldados por especímenes depositados en las colecciones de historia natural de la Universidad de Caldas (MHN-UCa, Colombia), el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional (ICN, Colombia), la Universidad de Santa Rosa de Cabal (CUSM, Colombia), la Pontificia Universidad Javeriana (MPUJ-MAMM, Colombia), la Universidad del Valle (UV, Colombia), la Universidad del Cauca (MHNUC, Colombia), el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

(IAvH, Colombia), el Field Museum of Natural History (FMNH, Estados Unidos), el United States National Museum (USNM, Estados Unidos; ahora National Museum of Natural History) y el Royal Ontario Museum (ROM, Canadá). Además, se incluyeron registros verificables de la literatura científica (Morales-Jiménez 2002, Castaño *et al.* 2004, Lizcano y Cavalier 2004, Orjuela y Jiménez 2004, Castaño y Cardona 2005, Navarro 2005, Mantilla-Meluk y Baker 2006, Estrada-Villegas *et al.* 2007, Rivas-Pava *et al.* 2007, Berrío-Martínez 2009, Mantilla-Meluk *et al.* 2009, Velazco y Gardner 2009, Estrada-Villegas *et al.* 2010, Londoño y Gómez-Posada 2010, Lozano 2010, Mantilla-Meluk y Baker 2010, Vélez-García y Pérez-Torres 2010, Saavedra-Rodríguez *et al.* 2012, Arias-Alzate *et al.* 2014, De la Peña-Báez 2014, Saavedra-Rodríguez *et al.* 2014, Torres *et al.* 2014, Castaño y Torres 2015, Cepeda 2016), así como nuevos registros obtenidos durante estudios realizados por los autores en las últimas dos décadas.

Se presenta la lista de especies organizada en los órdenes propuestos por la hipótesis filogenética de O'Leary *et al.* (2016), dejando de lado el uso del orden Soricomorpha por considerarse parafilético y usando Eulipotyphla. También se acepta el uso del orden Cetartiodactyla (Gatesy *et al.* 2013). A nivel de familias se sigue el arreglo de Wilson y Reeder (2005). Para los roedores de la familia Sciuridae se usan los géneros propuestos por De Vivo y Carmignotto (2015); para los roedores oryzomíinos los géneros propuestos por Weksler *et al.* (2006), el género *Hydrochoerus* se trata como monoespecífico de acuerdo a los hallazgos de Ruíz-García *et al.* (2016). Se separan *Akodon affinis* y *A. tolimae* con base en diferencias morfológicas y cariotípicas (Quiceno 1993). Dentro de Chiroptera se adopta la propuesta de Solari *et al.* (2009) para el uso genérico de *Dermanura*. Siguiendo a Parlos *et al.* (2014) y a Hurtado-Miranda y Pacheco-Torres (2014), se reconoce a los géneros *Lonchophylla* como parafilético y *Mimon* como polifilético, adoptando así el uso de los nuevos géneros *Hsunycteris* y *Gardnerycteris*. Se reconoce el nivel específico de *Sylvilagus andinus* (Ruedas *et al.* 2017).

En esta lista se presentan los mamíferos a nivel de

especie, excepto para el género *Nephelomys* que presenta dos especies de distribución probable en el departamento, *N. childi* y *N. pectoralis*, los ejemplares colectados en Risaralda necesitan precisar su identidad, razón por la cual se presentan preliminarmente en la lista como *Nephelomys* sp.

Resultados y discusión

La lista de mamíferos de Risaralda está compuesta por 134 especies, agrupadas en 88 géneros, 32 familias y 12 órdenes (Anexo 1), representando el 25 % de los mamíferos de Colombia (Ramírez-Chaves *et al.* 2016). Los dos grupos más diversos son los murciélagos (59 spp.) y los roedores (33 spp.), concordando con el patrón nacional (Tabla 1).

En Risaralda habitan por lo menos 12 especies endémicas de Colombia, ocho roedores (*Akodon tolimae*, *A.*

affinis, *Handleyomys fuscatus*, *H. intectus*, *Nephelomys* sp., *Thomasomys bombycinus*, *T. cinereiventer* y *T. nicefori*), dos musarañas (*Cryptotis medellinius* y *C. colombianus*), un marsupial (*Marmosops cauae*) y temporalmente el murciélago (*Sturnira mistratensis*).

Asimismo habitan 11 especies en alguna categoría de amenaza, de las cuales nueve están amenazadas a nivel mundial (UICN 2016). La especie en Peligro Crítico es el mono araña (*Ateles fusciceps*). La danta de páramo (*Tapirus pinchaque*) se encuentra En Peligro, y siete especies están en categoría de Vulnerable (*Platyrrhinus chocoensis*, *Aotus lemurinus*, *Leopardus tigrinus*, *Tremarctos ornatus*, *Mazama rufina*, *Pudu mephistophiles*, *Dinomys branickii*). Adicionalmente dos especies son catalogadas como Vulnerables en Colombia (*Lontra longicaudis* y *Alouatta palliata*) (Rodríguez-Mahecha *et al.* 2006, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2017).

Tabla 1. Mamíferos del departamento de Risaralda. Número de familias, géneros y especies endémicas de Colombia dentro de cada orden.

| Orden | Familias | Géneros | Especies | Especies endémicas |
|------------------|-----------|-----------|------------|--------------------|
| Didelphimorphia | 1 | 8 | 9 | 1 |
| Paucituberculata | 1 | 1 | 2 | 0 |
| Cingulata | 1 | 2 | 2 | 0 |
| Pilosa | 3 | 3 | 3 | 0 |
| Eulipotyphla | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Chiroptera | 4 | 28 | 59 | 1 |
| Carnivora | 5 | 12 | 14 | 0 |
| Perissodactyla | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Cetartiodactyla | 2 | 3 | 3 | 0 |
| Primates | 3 | 4 | 5 | 0 |
| Rodentia | 9 | 25 | 33 | 8 |
| Lagomorpha | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Total | 32 | 89 | 134 | 12 |

La cantidad de especies de mamíferos de Risaralda de acuerdo a la propuesta nacional vigente (Solari *et al.* 2013) es inferior al registrado para departamentos vecinos como Caldas y Valle del Cauca (Castaño 2012, Rojas-Díaz *et al.* 2012). Probablemente debido a que aún persisten vacíos de información a pesar de los esfuerzos de muestreo en Risaralda, ya que la mayoría de los registros se concentran en tres de los 14 municipios que a su vez presentan la mayor riqueza de

especies (Pereira 90 spp., Santa Rosa de Cabal 86 spp. y Pueblo Rico 54 spp.) por encima de los 1500 m. En los demás municipios del departamento y en las zonas bajas, han sido pocos los esfuerzos de muestreo. En dos municipios (Guática y Quinchía) no se pudieron rastrear registros locales de mamíferos; asimismo, la calidad de la información evidenció la poca relación existente entre el área de los municipios con el número de especies y registros en cada uno de ellos (Tabla 2).

Tabla 2. Número de especies de mamíferos registradas, de registros y área de cada municipio del departamento de Risaralda.

| Municipio | Especies registradas | Nº registros | Área (Km ²) |
|---------------------|----------------------|--------------|-------------------------|
| Pereira | 85 | 457 | 702 |
| Santa Rosa de Cabal | 79 | 259 | 486 |
| Pueblo Rico | 54 | 281 | 1020 |
| Mistrató | 32 | 198 | 483 |
| Santuario | 31 | 234 | 226 |
| Marsella | 27 | 44 | 57 |
| Belén de umbría | 22 | 21 | 178 |
| Dosquebradas | 10 | 12 | 70,8 |
| La Celia | 8 | 11 | 87 |
| Apía | 7 | 7 | 214 |
| Balboa | 6 | 16 | 119 |
| La Virginia | 2 | 2 | 33 |
| Guática | 0 | 0 | 97 |
| Quinchía | 0 | 0 | 150 |

Se recomienda revisar la validez de la especie *Sturnira mistratensis* (ICN 11779) dado que las medidas morfométricas y aspecto general del ejemplar son muy similares a las de *S. parvidens*, y es probable que presente una variación atípica de la dentición, lo cual también ha sido similarmente mencionado por Martínez-Arias (com. pers.) citado por Solari *et al.* (2013). También se recomienda una revisión profunda de los ejemplares del género *Nephelomys* necesario para aclarar la distribución real de las especies *N. childi* y *N. pectoralis* en el departamento; otros roedores tales como *Thomasomys nicefori*, *Akodon affinis* y

A. tolimae también ameritan revisiones en aras de aclarar los debates sobre su identidad taxonómica y distribución en las cordilleras Central y Occidental del norte de los Andes.

Es recomendable ampliar el esfuerzo en los municipios pobremente estudiados, estos vacíos de información en los inventarios de especies dificultan definir con respaldo científico las áreas de alta diversidad y de concentración de especies de interés; por ende, el manejo para la conservación de los mamíferos en el departamento. Se espera que este documento sea

un insumo que contribuya a direccionar acciones para cerrar las brechas en el conocimiento de la biodiversidad del departamento y, de esta manera, mejorar la gestión para el manejo y conservación de la biodiversidad y sus hábitats en el departamento de Risaralda.

Agradecimientos

A María Edilia Sánchez, Camilo Cepeda y Camilo Mantilla por sus registros fotográficos. A las instituciones que han facilitado o financiado la exploración de Risaralda; a la Corporación Autónoma Regional de Risaralda Carder y a la Universidad de Santa Rosa de Cabal. A las colecciones de mamíferos del Museo de Historia Natural Universidad de Caldas, del Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional y del Museo de Historia Natural Lorenzo Uribe Uribe S. J. de la Pontificia Universidad Javeriana. A Carlos A. Ríos por la elaboración del mapa. A dos evaluadores anónimos que con sus críticas acertadas ayudaron a mejorar el documento. JHC agradece al Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas por el apoyo económico. CAS fue becario de Colciencias para estudios de doctorado nacionales durante la elaboración de este artículo.

Bibliografía

- Arias-Alzate, A., C. A. Delgado-V. y D. Restrepo. 2014. Registros notables de la guagua loba *Dinomys branickii* (Rodentia: Dinomyidae) en Antioquia, Colombia. *Mammalogy Notes, Notas Mastozoológicas* 1: 9-11.
- Berrío-Martínez, J. J. 2009. Riqueza, composición y abundancia de murciélagos en tres tipos de cobertura en agroecosistemas cafeteros, en el municipio de Belén de Umbría, Risaralda (Colombia). Trabajo de grado. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Medellín, 91 pp.
- Castaño, J. H. 2012. Mamíferos de Caldas: un análisis de vacíos de información. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas* 16: 101-119.
- Castaño, J. H. y D. A. Torres. 2015. Mamíferos de Campoalegre. Pp: 110-144. En: Castaño J. H. y Carranza-Quiceno J. A. (Eds.). Campoalegre: Biodiversidad en un paisaje rural andino de Risaralda. Unisarc y Carder. Santa Rosa de Cabal, Risaralda.
- Castaño, J. H. y D. M. Cardona. 2005. Presencia del mono nocturno andino (*Aotus lemurinus* I. Geoffroy-St. Hilaire, 1843) en fragmentos de bosque de la cuenca media del río Cauca. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas* 9: 111-120.
- Castaño, J. H., J. E. Botero, S. Velásquez y J. D. Corrales. 2004. Murciélagos en agroecosistemas cafeteros de Colombia. *Chiroptera Neotropical* 10: 196-199.
- Cepeda, J. C. 2016. Presencia del mapache cangrejero *Procyon cancrivorus* (Carnivora: Procyonidae) en un agroecosistema del municipio de Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia. *Mammalogy Notes, Notas Mastozoológicas* 3: 10-12.
- De La Peña-Báez, A. 2014. Evaluación de hábitat para cinco especies de mamíferos no voladores como insumo para una propuesta de acciones de conservación, en coberturas recuperadas cercanas a carreteras del Santuario de Fauna y Flora Otún - Quimbaya, Risaralda Colombia. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá D. C., 122 pp.
- De Vivo, M. y A. P. Carmignotto. 2015. Family Sciuridae G. Fischer, 1817. Pp: 1-48. En: Patton, J. L., Pardiñas, U. F. J. y D'Elia, G. (Eds.). *Mammals of South America. Volume 2. Rodents*. The University of Chicago Press. Chicago.
- Estrada-Villegas, S., J. Pérez-Torres y P. Stevenson. 2007. Dispersión de semillas por murciélagos en un borde de bosque montano. *Ecotropicos* 20: 1-14.
- Estrada-Villegas, S., J. Pérez-Torres y P. R. Stevenson. 2010. Ensamblaje de murciélagos en un bosque subandino colombiano y análisis sobre la dieta de algunas especies. *Mastozoología Neotropical* 17: 31-41.
- Gatesy, J., J. H. Geisler, J. Chang, C. Buell, A. Berta, R. W. Meredith y M. R. McGowen. 2013. A phylogenetic blueprint for a modern whale. *Molecular phylogenetics and evolution* 66: 479-506.
- Hernández-Camacho, J., T. Walschburger, R. Ortiz y A. Hurtado. 1992. Origen y distribución de la biota suramericana y colombiana. Pp: 55-104. En: Halffter, G. (Comp.). *La diversidad biológica de Iberoamérica I. Acta Zoológica Mexicana. Volumen especial. CYTED-D. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*. México.
- Hurtado-Miranda, N. E. y V. Pacheco-Torres. 2014. Análisis filogenético del género *Mimon* Gray, 1847 (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) con la descripción de un nuevo género. *Therya* 5: 751-791.
- Lizcano, D. J. y J. Cavellier. 2004. Características químicas de salados y hábitos alimenticios de la danta de montaña (*Tapirus pinchaque* Roulin, 1829) en los Andes centrales de Colombia. *Mastozoología Neotropical* 11: 193-201.
- Londoño, J. M. y C. Gómez-Posada. 2010. Estado de la población de monos aulladores rojos en el cañón del río Barbas, fragmento montano, cordillera Central, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 15: 25.
- Lozano, L. 2010. Abundancia relativa y distribución de mamíferos medianos y grandes en dos coberturas vegetales en el santuario de fauna y flora Otún Quimbaya mediante el uso de cámaras trampa. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias. Departamento de Biología. Bogotá D.C., 43 pp.
- Mantilla-Meluk, H. y R. J. Baker. 2006. Systematics of small *Anoura* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Colombia, with description of a new species. *Occasional Papers Museum of Texas Tech University* 261: 1-20.

- Mantilla-Meluk, H. y R. J. Baker. 2010. New species of *Anoura* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Colombia, with systematic remarks and notes on the distribution of the *A. geoffroyi* complex. *Occasional Papers Museum of Texas Tech University* 292: 1-24.
- Mantilla-Meluk, H., H. E. Ramírez-Chaves, C. Fernández-Rodríguez y R. J. Baker. 2009. Mammalia, Chiroptera, *Anoura fistulata* Muchhala, Mena-V. & Albuja-V. 2005. Distribution extension. *Check list* 5: 463-467.
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. "15 de septiembre de 2017. Resolución 1912 de 2017".
- Morales-Jiménez, A. L. 2002. Densidad de los monos aulladores (*Alouatta seniculus*) en un bosque subandino. *Neotropical Primates* 10: 141-143.
- Morrone, J. J. 2014. Cladistic biogeography of the Neotropical region: identifying the main events in the diversification of the terrestrial biota. *Cladistics* 30: 202-214.
- Navarro, A. E. 2005. Abundancia relativa y distribución de los indicios de las especies de mamíferos medianos en dos coberturas vegetales en el Santuario de Flora y Fauna Otún Quimbaya, Pereira, Colombia. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá D. C., 78 pp.
- O'Leary, M. A., J. I. Bloch, J. J. Flynn, T. J. Gaudin, A. Giallombardo, N. P. Giannini, S. L. Goldberg, B. P. Kraatz, Z. Luo, J. Meng, X. Ni, M. J. Novacek, F. A. Perini, Z. S. Randall, G. W. Rougier, E. J. Sargis, M. T. Silcox, N. B. Simmons, M. Spaulding, P. M. Velazco, M. Weksler, J. R. Wible, A. L. Cirranello. 2016. The Placental Mammal Ancestor and the Post-K-Pg Radiation of Placentals. *Science* 339: 662-667.
- Orjuela, O. J. y G. Jiménez. 2004. Estudio de la abundancia relativa para mamíferos en diferentes tipos de coberturas y carretera, finca hacienda cristales, área Cerritos - La Virginia, municipio de Pereira, departamento de Risaralda, Colombia. *Universitas Scientiarum* 9: 87-96.
- Parlos, J. A., R. M. Timm, V. J. Swier, H. Zeballos y R. J. Baker. 2014. Evaluation of the paraphyletic assemblages within Lonchophyllinae, with description of a new tribe and genus. *Occasional Papers Museum of Texas Tech University* 320: 1-28.
- Quiceno, C. A. 1993. Sistemática y distribución del género *Akodon* (Rodentia: Cricetidae) en el Valle del Cauca. Trabajo de grado. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Departamento de Biología. Cali, Colombia, 126 pp.
- Ramírez-Chaves, H., A. Suárez-Castro y J. F. González-Maya. 2016. Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes, Notas Mastozoológicas* 3: 1-9.
- Rivas-Pava, M. P., H. E. Ramírez-Chaves, Z. I. Álvarez y B. L. Niño-Valencia. 2007. Catálogo de los Mamíferos presentes en las Colecciones de Referencia y Exhibición del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca. Taller Editorial Universidad del Cauca, Popayán. 96 pp.
- Rodríguez-Mahecha, J. V., M. Alberico, F. Trujillo y J. Jorgenson. 2006. Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D. C., 430 pp.
- Rojas-Díaz, V., M. Reyes-Gutiérrez y M. S. Alberico. 2012. Mamíferos (Synapsida, Theria) del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 13: 100-116.
- Ruedas, L. A., J. H. French, S. M. Silva., I. L. Platt, R. Nelson, J. Salazar-Bravo y C. V. Thompson. 2017. A prolegomenon to the systematics of South American cottontail rabbits (Mammalia, Lagomorpha, Leporidae: *Sylvilagus*): Designation of a Neotype for *S. brasiliensis* (Linnaeus, 1758), and restoration of *S. andinus* (Thomas, 1897) and *S. tapetillus* Thomas, 1913. *Miscellaneous Publications. Museum of zoology, University of Michigan* 205: 1-67.
- Ruiz-García M., K. Luengas-Villamil, M. Pinedo-Castro, L. Leal, L.M. Bernal-Parra, L.M. Shostell. 2016. Continuous Miocene, Pliocene and Pleistocene Influences on Mitochondrial Diversification of the Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*; Hydrochoeridae, Rodentia): Incapacity to Determine Exclusive Hypotheses on the Origins of the Amazon and Orinoco Diversity for This Species. *Journal of Phylogenetics & Evolutionary Biology* 4:166.
- Saavedra-Rodríguez, C. A., J. D. Corrales-Escobar y A. Giraldo-López. 2014. Confirmación de la presencia y nuevos registros del pacarana (Rodentia: Dinomyidae: *Dinomys branickii*) en Colombia. *Mastozología Neotropical* 21: 151-156.
- Saavedra-Rodríguez, C. A., K. Osbahr, V. Rojas-Díaz N. J. Roncancio-Duque, C. A. Ríos-Franco, C. Gutiérrez-Chacón, C. Gómez-Posada, P. A. Giraldo-Ramírez, J. A. Velasco y P. Franco. 2012. Plan de conservación y manejo de la Guagua loba (*Dinomys branickii*). Sistema Regional de Areas Protegidas Eje Cafetero. CARDER-WCS Pereira, Colombia, 60 pp.
- Solari, S., S. R. Hooper, P. A. Larsen, A. D. Brown, R. J. Bull, J. A. Guerrero y R. J. Baker. 2009. Operational criteria for genetically defined species: analysis of the diversification of the small fruit-eating bats *Dermanura* (Phyllostomidae: Stenodermatinae). *Acta Chiropterologica* 11: 279-288.
- Solari, S., Y. Muñoz-Saba, J. V. Rodríguez-Mahecha, T. R. Defler, H. E. Ramírez-Chaves y F. Trujillo. 2013. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozología Neotropical* 20: 301-365.
- Torres, D. A., J. R. Henao y J. H. Castaño. 2014. Primer registro de *Anoura cultrata* (Chiroptera: Phyllostomidae) para la cuenca del río Cauca, Colombia. *Mammalogy Notes, Notas Mastozoológicas* 1: 9-10.
- Velazco, P. M. y A. L. Gardner. 2009. A new species of *Platyrrhinus* (Chiroptera: Phyllostomidae) from western Colombia and Ecuador, with emended diagnoses of *P. aquilus*, *P. dorsalis*, and *P. umbratus*. *Proceedings of the biological society of Washington* 122: 249-281.
- Vélez-García, F. y J. Pérez-Torres. 2010. Remoción de semillas por roedores en un fragmento de bosque seco tropical (Risaralda, Colombia). *Revista MVZ Córdoba* 15: 2224-2233.
- Weksler, M., A. R. Percequillo y R. S. Voss. 2006. Ten new genera of oryzomyine rodents (Cricetidae: Sigmodontinae). *American Museum Novitates* 1: 1-29.
- Wilson, D. E. y D. M. Reeder. 2005. Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. Johns Hopkins University Press. Baltimore, 2142 pp.

Anexo 1. Lista de especies de mamíferos confirmadas para el departamento de Risaralda. Abreviaturas municipios. Ap: Apía. Ba: Balboa. BU: Belén de Umbria. Do: Dosquebradas. LC: La Celia. LV: La Virginia. Ma: Marsella. Mi: Mistrató. Pe: Pereira. PR: Pueblo Rico. SR: Santa Rosa de Cabal. Sa: Santuario. Abreviaturas distribución.

CO: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. -O: flanco occidental. -E: flanco oriental. RC: Valle Geográfico del río Cauca. *: Especie endémica de Colombia.

| Taxón | Intervalo altitudinal (m s.n.m.) | Municipios | Distribución | Referencia |
|--|----------------------------------|----------------------------|--------------|--|
| DIDELPHIMORPHIA | | | | |
| Didelphidae | | | | |
| <i>Caluromys derbianus</i> (Waterhouse, 1841) | 300-2600 | Pe | Risaralda | Registro fotográfico |
| <i>Chironectes minimus</i> (Zimmermann, 1780) | 300-2600 | Ma, Pe | Risaralda | CUSM 253; registro fotográfico |
| <i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758 | 300-2500 | Ap, Pe, LV, SR | Risaralda | CUSM 57, 194; IAvH 5395; MHNUCa 1073 |
| <i>Didelphis pernigra</i> J. A. Allen, 1900 | 2000-3900 | Sa, SR | CO, CC | CUSM 32, 155 |
| <i>Marmosa isthmica</i> Goldman, 1912 | 300-1200 | Mi | Risaralda | ICN 11943 |
| * <i>Marmosops cauciae</i> (Thomas, 1900) | 1000-2700 | Pe, SR | Risaralda | CUSM 46, 85, 154; ICN 12102 |
| <i>Metachirus nudicaudatus</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803) | 300-1500 | PR | Risaralda | CUSM 220; MHNUC M00009 |
| <i>Micoureus demerarae</i> (Thomas, 1905) | 300-2200 | SR | Risaralda | CUSM 134, 147 |
| <i>Monodelphis adusta</i> (Thomas, 1897) | 300-1700 | Ma, Pe | Risaralda | CUSM 92, 269 |
| PAUCITUBERCULATA | | | | |
| Caenolestidae | | | | |
| <i>Caenolestes convelatus</i> Anthony, 1924 | 1800-3800 | Sa | CO | ICN 11966-11971 |
| <i>Caenolestes fuliginosus</i> (Tomes, 1863) | 2000-3800 | Pe | CC | ICN 16531-16532, 16534, 16536-16537 |
| CINGULATA | | | | |
| Dasypodidae | | | | |
| <i>Cabassous centralis</i> (Miller, 1899) | 300-3000 | LC, Ma, Pe, SR | Risaralda | Registro fotográfico |
| <i>Dasybus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758 | 300-3000 | Ba, BU, LC, Ma, Pe, PR, SR | Risaralda | CUSM 31, 153, 192, 257; registro fotográfico |
| PILOSA | | | | |
| Cyclopedidae | | | | |
| <i>Cyclopes didactylus</i> (Linnaeus 1758) | 300-1000 | PR | CO-O | Registro fotográfico |
| Megalonychidae | | | | |
| <i>Choloepus hoffmanni</i> Peters, 1858 | 300-2500 | Ap, Pe, Ma, Do, SR | Risaralda | CUSM 272; MHNUCa 422; registro fotográfico |
| Myrmecophagidae | | | | |
| <i>Tamandua mexicana</i> (Saussure 1860) | 300-1500 | Ma, Pe, PR, SR | Risaralda | Registro fotográfico |

Cont. **Anexo 1.** Lista de especies de mamíferos confirmadas para el departamento de Risaralda. Abreviaturas municipios. Ap: Apía. Ba: Balboa. BU: Belén de Umbría. Do: Dosquebradas. LC: La Celia. LV: La Virginia. Ma: Marsella. Mi: Mistrató. Pe: Pereira. PR: Pueblo Rico. SR: Santa Rosa de Cabal. Sa: Santuario. Abreviaturas distribución.

CO: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. -O: flanco occidental. -E: flanco oriental. RC: Valle Geográfico del río Cauca. *: Especie endémica de Colombia.

| Taxón | Intervalo altitudinal (m s.n.m.) | Municipios | Distribución | Referencia |
|---|----------------------------------|-------------------------------|--------------|---|
| EULIPOTYPHILA | | | | |
| Soricidae | | | | |
| * <i>Cryptotis colombianus</i> Woodman & Timm 1993 | 1800-2200 | Pe, SR | CC | IAvH 7386, 7387 |
| * <i>Cryptotis medellinius</i> Thomas, 1921 | 1800-3600 | PR | CC-CO | IAvH 8025-8032; ICN 16538-16540 |
| CHIROPTERA | | | | |
| Emballonuridae | | | | |
| <i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867 | 300-1750 | Pe | Risaralda | CUSM 180 |
| <i>Saccopteryx bilineata</i> (Temminck, 1838) | 300-1100 | Pe | Risaralda | MUJ; Solari et al. 2013; registro fotográfico |
| <i>Saccopteryx leptura</i> (Schreber, 1774) | 300-1500 | Pe | Risaralda | MUJ; Solari et al. 2013 |
| Phyllostomidae | | | | |
| <i>Anoura caudifera</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1818) | 300-3000 | Ma, Mi, Pe, PR, SR, Sa | Risaralda | CUSM 158, 160, 162-164; ICN 11170, 11194, 11460, 11462, 11747, 11832, 11867, 11868, 12295, 12296, 12534-12538, 12583; MHNUCa 281, 282; MPUJ 1109,1129 |
| <i>Anoura cultrata</i> Handley, 1960 | 1000-2500 | SR | Risaralda | CUSM 4, 81-83, 161 |
| <i>Anoura fistulata</i> Muchhala, Mena & Albuja, 2005 | 1000-1800 | PR | CO | ICN 11461 |
| <i>Anoura geoffroyi</i> Gray, 1838 | 300-3600 | BU, Ma, Pe, PR, SR, Sa | Risaralda | CUSM 26, 58, 76, 77, 86, 165; ICN 11171, 11197, 11198, 11200, 11206, 11208, 11209, 11211, 11195, 11203, 11201, 11833, 11834, 11791 |
| <i>Anoura peruana</i> (Tschudi, 1844) | 1000-3400 | Sa | CO, CC | ICN 11458-11459 |
| <i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818) | 300-2600 | BU, Do, Ma, Mi, Pe, PR, SR | Risaralda | CUSM 21, 87, 102, 174-176, 187, 188; ICN 11188, 11189, 11261-11263, 11265, 11433-11435, 11437, 11438, 11441, 11893, 11894, 11890, 11891, 12210, 12260-12262, 12359; MHNUCa 315-316; 528-529 |
| <i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821 | 0-2200 | Pe, Mi, SR | CO-E, RC, CC | CUSM 17, 18; ICN 11260, 11762 |
| <i>Carollia brevicauda</i> (Schinz, 1821) | 300-3000 | BU, Mi, Pe, PR, SR, Sa | Risaralda | CUSM 6, 75, 108, 156, 157; ICN 11173, 11463, 11467, 11468, 11470, 11471, 11473, 11475-11480, 11482-11485, 11487, 11836, 11837, 11839, 11841, 11869, 12298, 12299, 12301-12303, 12539, 12541, 12542; MHNUCa 299, MPUJ 1101, 1120, 1126, 1135 |
| <i>Carollia castanea</i> H. Allen, 1890 | 300-2500 | Ba, BU, Mi, PR, SR, Pe | Risaralda | CUSM 15, 16 19; ICN 11749, 11751-11753, 11871, 11872, 12211-12215, 12304, 12305, 12307, 12308, 12310-12312, 12313, 12314, 12316; MHNUCa 488 |
| <i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758) | 300-2500 | Ba, BU, Mi, Pe, PR, SR | Risaralda | CUSM 12, 109; ICN 11174, 11175, 11417, 11418-11425, 11754, 11873-11878, 12219-12241, 12317-12326, 16751; MHNUCa 499, 500 |
| <i>Chiroderma salvini</i> Dobson, 1878 | 300-2000 | BU, Do, Pe, PR, SR | Risaralda | ICN 11908; MHNUCa 563; MPUJ 1124, 1131; Berrío-Martínez 2009 |

Cont. **Anexo 1.** Lista de especies de mamíferos confirmadas para el departamento de Risaralda. Abreviaturas municipios. Ap: Apía. Ba: Balboa. BU: Belén de Umbria. Do: Dosquebradas. LC: La Celia. LV: La Virginia. Ma: Marsella. Mi: Mistrató. Pe: Pereira. PR: Pueblo Rico. SR: Santa Rosa de Cabal. Sa: Santuario. Abreviaturas distribución.

CO: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. -O: flanco occidental. -E: flanco oriental. RC: Valle Geográfico del río Cauca. *: Especie endémica de Colombia.

| Taxón | Intervalo altitudinal (m s.n.m.) | Municipios | Distribución | Referencia |
|---|----------------------------------|----------------------------|--------------|---|
| CHIROPTERA | | | | |
| Phyllostomidae | | | | |
| <i>Chiroderma villosum</i> Peters, 1860 | 300-1500 | BU | Risaralda | Berrío-Martínez 2009 |
| <i>Choeroniscus godmani</i> (Thomas, 1903) | 300-1600 | BU, Pe, SR | Risaralda | CUSM 299; MHNUCa 276, 277; Berrío-Martínez 2009 |
| <i>Dermanura bogotensis</i> Thomas, 1893 | 300-2500 | Do, Ma, Mi, Pe, PR, SR, Sa | Risaralda | CUSM 144, 166, 167; ICN 11186, 11187, 11258, 11259, 11510-11513, 11755, 11756, 11758, 11767, 11842-11844, 12258, 12357, 12565; MHNUCa 511-515 |
| <i>Dermanura phaeotis</i> Miller, 1902 | 300-2000 | Ba, BU, Do, Ma, Pe, SR, Sa | Risaralda | CUSM 207, 209; MHNUCa 317, 388, 552-562; ICN 11514-11516, 11895-11907, 12263 |
| <i>Dermanura rava</i> Miller, 1902 | 300-1600 | Mi | CO-O, RC | CUSM 11, 63 |
| <i>Dermanura rosenbergi</i> Thomas, 1897 | 300-1600 | PR | CO-O, RC | CUSM 231 |
| <i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1810) | 300-3000 | Do, Mi, Ma, Pe, SR | Risaralda | CUSM 8, 9, 10; ICN 11192, 11268, 12570; MHNUCa 619 |
| <i>Enchisthenes hartii</i> (Thomas, 1892) | 300-2500 | BU, Do, Ma, Mi, PR, SR | Risaralda | CUSM 22, 145; ICN 11759-11761; 11879-11889; 12568; MHNUCa 516-517 |
| <i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766) | 300-2000 | Ba, BU, Pe, SR, LC | Risaralda | CUSM 28, 47, 68, 74, 84, 96-100, 106, 107, 142; ICN 16750; MHNUCa 285; 296-297; 454-455; 684-686 |
| <i>Hsunycteris cadenai</i> (Woodman y Timm 2006) | 300-1500 | PR | CO-O | ICN 12210 |
| <i>Lonchophylla concava</i> Goldman, 1914 | 300-2000 | PR, Sa, SR | CO, CC | CUSM 159; MHNUCa 462 |
| <i>Lonchorhina aurita</i> Tomes, 1863 | 300-1500 | PR | Risaralda | ICN 11458, 11459 |
| <i>Mesophylla macconnelli</i> Thomas, 1901 | 300-2000 | BU, Pe, SR, Sa | Risaralda | CUSM 288, 306; MHNUCa 569, 570, 574; MPUJ 1116 |
| <i>Micronycteris megalotis</i> (Gray, 1842) | 300-2500 | Mi SR | Risaralda | CUSM 295, ICN 12294 |
| <i>Phyllostomus discolor</i> (Wagner, 1843) | 0-1700 | Mi, SR | Risaralda | CUSM 303, 305; ICN 12209 |
| <i>Platyrrhinus albericoi</i> Velazco, 2005 | 500-2000 | Mi, Pe, PR, SR | Risaralda | CUSM 90, 103; ICN 11190, 11191, 11267, 11788, 11789, 11940-11942 |
| <i>Platyrrhinus angustirostris</i> Velazco, Gardner & Patterson, 2010 | 900-1200 | BU, Pe, Ma, Sa | RC | CUSM 67, 312, 321, 327; Berrío-Martínez 2009 |
| <i>Platyrrhinus chocoensis</i> Alberico y Velasco, 1991 | 1100 | PR | CO | CUSM 236 |
| <i>Platyrrhinus dorsalis</i> (Thomas, 1900) | 300-2500 | BU, Mi, Pe, Pr, Sa, SR | Risaralda | CUSM 143; ICN 11266, 11517, 11518, 11784-11786, 11864, 11931-11933, 12268-12269, 12360-12364 |
| <i>Platyrrhinus ismaeli</i> Velazco, 2005 | 1200-3000 | Pe, SR | CC | UV 12694 UV 13042 |

Cont. **Anexo 1.** Lista de especies de mamíferos confirmadas para el departamento de Risaralda. Abreviaturas municipios. Ap: Apía. Ba: Balboa. BU: Belén de Umbría. Do: Dosquebradas. LC: La Celia. LV: La Virginia. Ma: Marsella. Mi: Mistrató. Pe: Pereira. PR: Pueblo Rico. SR: Santa Rosa de Cabal. Sa: Santuario. Abreviaturas distribución.

CO: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. -O: flanco occidental. -E: flanco oriental. RC: Valle Geográfico del río Cauca. *: Especie endémica de Colombia.

| Taxón | Intervalo altitudinal (m s.n.m.) | Municipios | Distribución | Referencia |
|--|----------------------------------|------------------------|--------------|---|
| CHIROPTERA | | | | |
| Phyllostomidae | | | | |
| <i>Platyrrhinus nigellus</i> (Gardner & Carter, 1972) | 300-2800 | PR | CO | ICN 11934, 11937 |
| <i>Platyrrhinus umbratus</i> (Lyon, 1902) | 300-2500 | Pe, PR | CO, CC | UV 2517, 2518, 2520 |
| <i>Sturnira aratathomasi</i> (Peterson & Tamsitt, 1968) | 2000-3000 | Pe | CO, CC | ICN 11176, 11177, 11214-11216, MPUJ 1111, 1117, 1128 |
| <i>Sturnira bidens</i> (Thomas, 1915) | 1000-3100 | Pe, SR, Sa | CO, CC | CUSM 23, 24; ICN 11178, 11179, 11217-11219, 11845-11847; MPUJ 1130, 1140 |
| <i>Sturnira bogotensis</i> (Shamel, 1927) | 1800-3100 | Pe, PR, SR, Sa | CO, CC | CUSM 25; ICN 11220, 11222-11224, 11251, 11493, 11792, 11793 |
| <i>Sturnira erythromos</i> (Tschudi, 1844) | 1000-2600 | Mi, Pe, PR, Sa, SR | Risaralda | ICN 11182, 11225-11228, 11230-11234, 11236, 11244, 11248-11250, 11253, 11254, 11488-11492, 11494-11496, 11794-11804, 11806-11827, 11848-11860, 11909-11915, 12101, 12327-12333, 12544-12553, 16109, 16110 |
| <i>Sturnira ludovici</i> (Anthony, 1924) | 1500-2800 | BU, Mi, Pe, PR, Sa, SR | CO, CC | CUSM 48, 139, 169, 170; MPUJ 1104, 1108, 1141, 1143; Berrío-Martínez 2009 |
| * <i>Sturnira mistratensis</i> Contreras-Vega & Cadena, 2000 | 980 | Mi | CO-O | ICN 11779 |
| <i>Sturnira parvidens</i> Goldman, 1917 | 300-2300 | BU, Mi, Pe, PR | Risaralda | CUSM 13, 14, 64, 140; ICN 11235, 11426-11431, 11497, 11768-11774, 11916-11922, 12242-12250, 12252, 12253, 12334-12350 |
| <i>Uroderma convexum</i> Lyon 1902 | 300-1500 | BU, Pe, PR | Risaralda | CUSM 215; Berrío-Martínez 2009 |
| <i>Vampyressa thyoene</i> (Thomas, 1909) | 300-2000 | BU, Mi, Ma, Pe, PR | Risaralda | CUSM 308, 311, 315, 320; ICN 11443, 11780-11783, 11928-11930, 12266-12267; MPUJ 1151 |
| <i>Vampyrodes major</i> (Thomas, 1889) | 300-2000 | SR | Risaralda | Colectado por V. Rojas-Díaz, pendiente ingreso a colección biológica |
| Vespertilionidae | | | | |
| <i>Eptesicus andinus</i> A. Allen, 1914 | 2400-3300 | Pe, SR | CO, CC | CUSM 171, 181, 306; MPUJ 105 |
| <i>Eptesicus chiriquinus</i> Thomas, 1920 | 300-2200 | BU, SR | Risaralda | CUSM 189; Berrío-Martínez 2009; Solari et al. 2013 |
| <i>Histiotus humboldti</i> (Philippi & Landbeck, 1861) | 1800-3500 | SR | CO, CC | CUSM 172 |
| <i>Histiotus montanus</i> (Philippi & Landbeck, 1861) | 1800-3500 | SR, Sa | CO, CC | ICN 11865; Solari et al. 2013 |
| <i>Lasiurus blossevillii</i> (Lesson & Garnot, 1826) | 300-3600 | SR | Risaralda | CUSM 313 |
| <i>Myotis albescens</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1806) | 300-1700 | PR | Risaralda | ICN 11444 |

Cont. **Anexo 1.** Lista de especies de mamíferos confirmadas para el departamento de Risaralda. Abreviaturas municipios. Ap: Apía. Ba: Balboa. BU: Belén de Umbria. Do: Dosquebradas. LC: La Celia. LV: La Virginia. Ma: Marsella. Mi: Mistrató. Pe: Pereira. PR: Pueblo Rico. SR: Santa Rosa de Cabal. Sa: Santuario. Abreviaturas distribución.

CO: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. -O: flanco occidental. -E: flanco oriental. RC: Valle Geográfico del río Cauca. *: Especie endémica de Colombia.

| Taxón | Intervalo altitudinal (m s.n.m.) | Municipios | Distribución | Referencia |
|---|----------------------------------|--------------------|--------------|--|
| CHIROPTERA | | | | |
| Vespertilionidae | | | | |
| <i>Myotis caucensis</i> Allen, 1914 | 300-2800 | Ma, Pe, PR, SR, Sa | CO-E, RC, CC | MHNUCa 663; ICN 11445-11447, 11520, 11866, 12270, 12271 |
| <i>Myotis keaysi</i> J. A. Allen, 1914 | 1000-2500 | Pe, SR | Risaralda | CUSM 1-3, 5, 7, 50, 59, 61, 62, 94, 95, 110-116 |
| <i>Myotis oxyotus</i> (Peters, 1867) | 1000-2000 | Ma, Pe | Risaralda | MHNUCa 633-635; ICN 11193, 11271 |
| <i>Myotis riparius</i> Handley, 1960 | 300-1600 | BU, Ma, Pe, SR, Sa | Risaralda | CUSM 177; MHNUCa 650-653; Berrío-Martínez 2009 |
| Molossidae | | | | |
| <i>Molossus bondae</i> J.A. Allen, 1904 | 300-2000 | Pe | Risaralda | ICN 9111 |
| <i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766) | 300-2200 | Pe, PR, SR | Risaralda | CUSM 178; ICN 9110, 11269, 11448-11454, 11790, MPUJ 1114 |
| <i>Tadarida brasiliensis</i> (I. Geoffroy, 1824) | 300-2600 | Pe | Risaralda | Solari et al. 2013 |
| CARNIVORA | | | | |
| Canidae | | | | |
| <i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766) | 300-3200 | Ma, Mi, Pe, SR | Risaralda | CUSM 29, 148, 195, 198, 202, 205; IAvH 5401; ICN 12367 |
| Felidae | | | | |
| <i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758) | 300-2500 | Pe, PR, Mi | Risaralda | CUSM 259, 271; registro fotográfico |
| <i>Leopardus tigrinus</i> (Schreber, 1775) | 1600-4800 | Pe, PR | CO, CC | MHNUCa 952; registro fotográfico |
| <i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771) | 300-4100 | Pe, Sa, SR | CO, CC | registro fotográfico |
| <i>Puma yagouaroundi</i> (É. Geoffroy Sant-Hilaire, 1803) | 300-3200 | LV | Risaralda | registro fotográfico |
| Mustelidae | | | | |
| <i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758) | 300-3200 | Pe, PR, Sa, SR | Risaralda | CUSM 260; registro fotográfico |
| <i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818) | 300-2800 | Pe | Risaralda | CUSM 274; MPUJ 620; registro fotográfico |
| <i>Mustela frenata</i> Lichtenstein 1831 | 300-3600 | Pe, SR | Risaralda | CUSM 173; IAvH 5749; USNM 172958 |
| Procyonidae | | | | |
| <i>Bassaricyon neblina</i> J. A. Allen, 1876 | 300-2500 | Ma, SR | CO, CC | registro fotográfico |
| <i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766) | 300-3600 | Ma, Pe, PR, SR | Risaralda | CUSM 30, 132, 133; registro fotográfico |

Cont. **Anexo 1.** Lista de especies de mamíferos confirmadas para el departamento de Risaralda. Abreviaturas municipios. Ap: Apía. Ba: Balboa. BU: Belén de Umbría. Do: Dosquebradas. LC: La Celia. LV: La Virginia. Ma: Marsella. Mi: Mistrató. Pe: Pereira. PR: Pueblo Rico. SR: Santa Rosa de Cabal. Sa: Santuario. Abreviaturas distribución.

CO: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. -O: flanco occidental. -E: flanco oriental. RC: Valle Geográfico del río Cauca. *: Especie endémica de Colombia.

| Taxón | Intervalo altitudinal (m s.n.m.) | Municipios | Distribución | Referencia |
|--|----------------------------------|------------------------|--------------|--|
| CARNIVORA | | | | |
| Procyonidae | | | | |
| <i>Nasua olivacea</i> (Gray, 1865) | 1700-4100 | Ma, Pe, SR | CC | CUSM 262, 266; IAvH 5402, 5724 |
| <i>Potos flavus</i> (Schreber, 1774) | 300-3000 | SR | Risaralda | CUSM 270 |
| <i>Procyon cancrivorus</i> (G. Cuvier, 1798) | 300-2400 | SR | Risaralda | CUSM 201, 204; Cepeda 2016 |
| Ursidae | | | | |
| <i>Tremarctos ornatus</i> (F. G. Cuvier, 1825) | 2000-4000 | Pe, PR | CO, CC | Registro fotográfico |
| PERISSODACTYLA | | | | |
| Tapiridae | | | | |
| <i>Tapirus pinchaque</i> (Roulin, 1829) | 2000-4000 | Do, Pe, SR | CC | IAvH 5881, 6180; ICN 17198, 17199, CUSM 134, 252 |
| CETARTIODACTYLA | | | | |
| Cervidae | | | | |
| <i>Mazama rufina</i> (Pucheran, 1851) | 2000-4000 | Pe, SR | CO-CC | CUSM-91; registro fotográfico |
| <i>Pudu mephistophiles</i> (de Winton, 1896) | 3000-4000 | Pe, SR | CC | IAvH 7382; MHNUCa 822 |
| ETARTIODACTYLA | | | | |
| Tayassuidae | | | | |
| <i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758) | 300-2800 | PR | CO | Registro fotográfico |
| PRIMATES | | | | |
| Atelidae | | | | |
| <i>Alouatta palliata</i> (Gray, 1849) | 300-2300 | PR | CO-O | Registro fotográfico |
| <i>Alouatta seniculus</i> (Linnaeus, 1766) | 900-2000 | Pe, SR | Risaralda | Orjuela y Jiménez 2004; registro fotográfico |
| <i>Ateles fusciceps</i> Gray 1866 | 300-1000 | PR | CO-O | Registro fotográfico |
| Aotidae | | | | |
| <i>Aotus lemurinus</i> (I. Geoffroy, 1843) | 300-2200 | Ap, Do, Ma, Pe, SR, Sa | Risaralda | Castaño y Cardona 2005; registro fotográfico |
| Cebidae | | | | |
| <i>Cebus capucinus</i> (Linnaeus, 1758) | 300-2100 | Pe, PR | CO, RC | Orjuela y Jiménez 2004; registro fotográfico |
| RODENTIA | | | | |
| Sciuridae | | | | |
| <i>Microsciurus similis</i> (E. W. Nelson, 1899) | 300-2200 | PR | CO-O | FMNH 18877 |

Cont. **Anexo 1.** Lista de especies de mamíferos confirmadas para el departamento de Risaralda. Abreviaturas municipios. Ap: Apía. Ba: Balboa. BU: Belén de Umbria. Do: Dosquebradas. LC: La Celia. LV: La Virginia. Ma: Marsella. Mi: Mistrató. Pe: Pereira. PR: Pueblo Rico. SR: Santa Rosa de Cabal. Sa: Santuario. Abreviaturas distribución.

CO: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. -O: flanco occidental. -E: flanco oriental. RC: Valle Geográfico del río Cauca. *: Especie endémica de Colombia.

| Taxón | Intervalo altitudinal (m s.n.m.) | Municipios | Distribución | Referencia |
|--|----------------------------------|----------------------------|--------------|--|
| RODENTIA | | | | |
| Sciuridae | | | | |
| <i>Notosciurus granatensis</i> Humboldt, 1811 | 300-2500 | Ap, BU, LC, Mi, Ma, Pe, SR | Risaralda | CUSM 53-56; FMNH 18160; ICN 12366 |
| <i>Notosciurus pucheranii</i> (Fitzinger, 1867) | 1500-2500 | Ma, SR | CO, CC | Registro fotográfico |
| Heteromyidae | | | | |
| <i>Heteromys australis</i> Thomas, 1901 | 300-2500 | Ma, Mi, Pe, SR | Risaralda | CUSM 51, 135; ICN 11944, 12103, 12712, 12713, 16541, 16542 |
| Cricetidae | | | | |
| * <i>Akodon tolinae</i> J. A. Allen 1913 | 1900-2600 | Pe | CC | ICN 12105-12116, 12893, 12939-12941, 16543-16555 |
| * <i>Akodon affinis</i> (J. A. Allen, 1912) | 1500-2600 | Mi, PR, Sa | CO | ICN 12597-12615, 12762-12767 |
| <i>Chilomys instans</i> (Thomas 1895) | 1500-2600 | Pe | CC | ICN 12117, 16556 |
| <i>Handleyomys alfaroi</i> (J. A. Allen, 1891) | 300-2000 | Pe, Mi, SR | CO, CC | CUSM 137; ICN 12032, 12188 |
| * <i>Handleyomys fuscatus</i> (J. A. Allen, 1912) | 1500-2500 | Sa, Mi, PR | CO | ICN 12208, 12700-12710, 12725-12727, 12783-12793, 12795-12799, 12801-12827, 15277 |
| * <i>Handleyomys intectus</i> (Thomas, 1921) | 1500-2500 | SR, Pe | CC | ICN 12104, 12158-12179, 12891 |
| <i>Melanomys caliginosus</i> (Tomes 1860) | 300-2000 | Mi, Pe, PR, SR | Risaralda | CUSM 149, 190; MHNUCa 338; ICN 11456, 11457, 11950-11962, 12272-12275, 12717, 16593-16599 |
| <i>Microryzomys altissimus</i> (Osgood, 1933) | 1800-4000 | SR | CC | FMNH 71904-71906, 71912-71915 |
| <i>Microryzomys minutus</i> (Tomes, 1860) | 1000-3600 | Mi, Sa, Pe | CO, CC | ICN 12711, 12720-12722, 16564, 16565 |
| <i>Neacomys tenuipes</i> Thomas 1900 | 300-1500 | Mi, PR | CO, CC | ICN 11455, 11945, 11946 |
| <i>Nephelomys</i> sp. [posiblemente incluye * <i>N. childi</i> (Thomas, 1895) y * <i>N. pectoralis</i> (J. A. Allen, 1912)]. | 300-3400 | Ma, Mi, Pe, PR, Sa | CO, CC | CUSM 40-42; 5621; IAvH 7337, 7339; ICN 11521, 11947, 11948, 11949, 11972, 11973, 11975-11997, 12000-12023, 12119-12156, 12180-12187, 12207, 12362-12365, 12616-12618, 12714-12716, 12719, 12892, 12942, 16566-16575, 16603 |
| <i>Neusticomys monticolus</i> Anthony 1921 | 1800-3800 | Pe | CC | ICN 12118 |
| <i>Oecomys trinitatis</i> (J. A. Allen y Chapman 1893) | 300-1300 | Mi | CO | ICN 11963-11965 |
| <i>Oligoryzomys</i> aff. <i>delicatus</i> (J. A. Allen y Chapman, 1897) | 300-2500 | PR | CO | ICN 12718 |
| <i>Reithrodontomys mexicanus</i> (Saussure, 1860) | 300-3000 | Pe, Sa, SR | Risaralda | CUSM 138; ICN 11998, 11999, 12195, 12723, 12895, 16578, 16580 |
| <i>Rhipidomys latimanus</i> Thomas 1900 | 900-3000 | Ma, SR | CO, CC | CUSM 211; Colectado por V. Rojas-Díaz, pendiente ingreso a colección biológica |

Cont. **Anexo 1.** Lista de especies de mamíferos confirmadas para el departamento de Risaralda. Abreviaturas municipios. Ap: Apía. Ba: Balboa. BU: Belén de Umbría. Do: Dosquebradas. LC: La Celia. LV: La Virginia. Ma: Marsella. Mi: Mistrató. Pe: Pereira. PR: Pueblo Rico. SR: Santa Rosa de Cabal. Sa: Santuario. Abreviaturas distribución.

CO: Cordillera Occidental. CC: Cordillera Central. -O: flanco occidental. -E: flanco oriental. RC: Valle Geográfico del río Cauca. *: Especie endémica de Colombia.

| Taxón | Intervalo altitudinal (m s.n.m.) | Municipios | Distribución | Referencia |
|---|----------------------------------|--------------------------------|--------------|--|
| RODENTIA | | | | |
| Cricetidae | | | | |
| <i>Sigmodontomys alfari</i> J. A. Allen 1897 | 300-2000 | Pe | Risaralda | ICN 12157 |
| <i>Thomasomys aureus</i> (Tomes, 1860) | 1500-3800 | Pe, SR, Sa | CC-CO | CUSM 65; FMNH 71264; ICN 12724, 16581-16584, 17017 |
| * <i>Thomasomys bombycinus</i> Anthony, 1925 | 2400-3900 | Sa | CO | IAvH 5625 |
| * <i>Thomasomys cinereiventer</i> J. A. Allen, 1912 | 2000-3500 | Sa | CO | IAvH 5622; ICN 12619-12623 |
| * <i>Thomasomys nicefori</i> Thomas, 1921 | 2000-3800 | Pe | CO, CC | ICN 12196 |
| <i>Transandinomys bolivaris</i> (J. A. Allen, 1901) | 300-1000 | Mi | CO | ICN 12034-12040 |
| Erethizontidae | | | | |
| <i>Coendou rufescens</i> (Gray, 1865) | 900-3500 | LC, Ma, Sa, SR | CO-O, RC, CC | CUSM 39; 268; IAvH 8023, registro fotográfico |
| Caviidae | | | | |
| <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766) | 900-1200 | Pe | RC | CUSM 119, 120, 278-280 |
| Cuniculidae | | | | |
| <i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766) | 300-2500 | Ap, BU, LC, Pe, PR | Risaralda | CUSM 241, 242; registro fotográfico |
| <i>Cuniculus taczanowskii</i> (Stolzmann, 1865) | 2000-3700 | SR | CO, CC | Registro fotográfico |
| Dasyproctidae | | | | |
| <i>Dasyprocta punctata</i> Gray, 1842 | 300-2000 | Ap, BU, LC, Pe, PR, SR | Risaralda | CUSM 182,183, 186,191, 192; registro fotográfico |
| Dinomyidae | | | | |
| <i>Dinomys branickii</i> Peters, 1873 | 1500-3600 | Ap, BU, LC, Mi, Pe, PR, Sa, SR | CO, CC | Saavedra-Rodríguez et al. 2012, Saavedra-Rodríguez et al. 2014; registro fotográfico |
| Echimyidae | | | | |
| <i>Hoplomys gymnurus</i> (Thomas 1897) | 1100 | PR | CO-O | CUSM 282 |
| LAGOMORPHA | | | | |
| Leporidae | | | | |
| <i>Sylvilagus andinus</i> (Thomas, 1897) | 2800-4000 | Pe, SR | Risaralda | IAvH 1811, 5418, 5396, 1445, 1909-1911, CUSM 277 |

John Harold Castaño

Grupo de investigación en Biología de la Conservación y Biotecnología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia
Laboratorio de Ecología Funcional, Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
jhcastano@gmail.com

Diego A. Torres

Grupo de investigación en Biología de la Conservación y Biotecnología, Universidad de Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia
Departamento de Biología Animal, Universidade Federal Viçosa
Viçosa, Brasil
dtorresarboleda@gmail.com

Vladimir Rojas-Díaz

Wildlife Conservation Society
Cali, Colombia
vrojas@wcs.org

Carlos A. Saavedra-Rodríguez

Grupo de Investigación en Ecología Animal,
Universidad del Valle, Cali, Colombia
Wildlife Conservation Society-Programa Colombia,
Cali, Colombia
csaavedra@wcs.org

Jairo Pérez-Torres

Laboratorio de Ecología Funcional, Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
jaiperez@javeriana.edu.co

Mamíferos del departamento de Risaralda, Colombia

Citación del artículo: Castaño, J. H., D. A. Torres, V. Rojas-Díaz, C. A. Saavedra-Rodríguez y J. Pérez-Torres. 2017. Mamíferos del departamento de Risaralda, Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 239–254. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a16

Recibido: 03 de marzo de 2017
Aprobado: 28 de julio de 2017

Anomalías pigmentarias en la focha andina (*Fulica ardesiaca* Tschudi, 1843) del lago San Pablo, provincia de Imbabura, Ecuador

Pigmented anomalies in Andean Coot (*Fulica ardesiaca* Tschudi, 1843) from Lake San Pablo, Imbabura province, Ecuador

Patricio Mena-Valenzuela

Resumen

Se presenta dos tipos de anomalías pigmentarias en individuos de la focha andina *Fulica ardesiaca* (Rallidae), que habita el lago San Pablo del cantón Otavalo, provincia de Imbabura, Ecuador. Algunos individuos adultos presentan varias condiciones de despigmentación en el plumaje, que se pueden clasificar como leucismo parcial y envejecimiento progresivo. El primero ocurre por la falta de melanina y es de carácter hereditario, mientras que el segundo es la pérdida progresiva de pigmento y puede o no ser hereditario. En Ecuador este es el primer caso de estas anomalías pigmentarias en una misma metapoblación.

Palabras clave. Aves. Despigmentación. Ecuador. Metapoblación. Rallidae.

Abstract

Two types of pigmentary abnormalities in the Andean Coot *Fulica ardesiaca* (Rallidae) living in the San Pablo Lagoon, Imbabura-Ecuador, are presented. Several adult individuals show a variety of feather depigmentation patterns, which may be classified as partial leucism and progressive graying due to age. Whereas the first one is caused by lack of melanin and is hereditary, the second one is a progressive loss of pigment and is not necessarily hereditary. This is the first case of such pigmentary abnormalities within one meta-population in Ecuador.

Key words. Birds. Depigmentation. Ecuador. Metapopulation. Rallidae.

Introducción

Los pigmentos más comunes del plumaje de las aves son las melaninas que dan lugar a los colores negro y marrón, la eumelanina da el color negro y la feomelanina el marrón; mientras que los carotenoides dan lugar a amarillos, naranjas y rojos (McGraw 2006). Sin embargo, debido a mutaciones el pigmento puede mostrarse en exceso, faltar o estar ausente dando lugar a diversas aberraciones cromáticas que

se manifiestan en individuos diferentes al resto de la población (van Grouw 2006). Las aberraciones pigmentarias más comunes son el albinismo, leucismo, dilución y melanismo, y otras menos conocidas como el envejecimiento progresivo (“progressive greying”).

El albinismo es ausencia de melanina en las plumas, ojos y piel, debido a un trastorno de carácter hereditario que inhibe a la enzima tirosinasa (Urcola 2011, Guay

et al. 2012, Rodríguez-Ruíz *et al.* 2017). Los ojos por falta de pigmento son rojos y la piel es rosada; los individuos albinos silvestres son escasos, ya que son vulnerables y mueren antes de volar (van Grouw 2013). El leucismo está definido como la falta parcial o total de pigmentos como la eumelanina y feomelanina, dando como resultado individuos con plumas blancas en todo el cuerpo (leucismo total) o en diferentes proporciones y partes del cuerpo (leucismo parcial) (Buckley 1982, van Grouw 2006, Nolazco 2010, Guay *et al.* 2012), y ojos y uñas con pigmentación oscura (Oliveira y Foresti 1996). Tiene origen genético y puede estar asociada a la endogamia (Bensch *et al.* 2000, Hume y van Grouw 2014), condiciones ambientales, el tamaño de las poblaciones (Urcola 2011), la alimentación (Buckley 1982, van Grouw 2006) y la contaminación (Møller y Mousseau 2001). La dilución es la reducción de la cantidad de melaninas, cuando se reduce la eumelanina y la feomelanina se denomina Pastel, las plumas negras se torna grises y las pardo rojizas se tornan pardo amarillentas (Urcola 2011). El melanismo es un exceso del pigmento melanina en las plumas o la piel, lo que provoca en los individuos afectados una coloración más oscura, si se incrementa la eumelanina tiene una apariencia negruzca y si incrementa la feomelanina la apariencia es castaño rojiza (Urcola 2011). El melanismo no es necesariamente un aumento de pigmento, puede ser deposición anormal de la misma cantidad de melanina (van Grouw 2013). El envejecimiento o canoso progresivo es un trastorno temporal que se produce a cierta edad y se manifiesta por la pérdida gradual del pigmento (melaninas) de las plumas lo que ocurre después de cada muda, hasta que todo el plumaje se vuelve blanco, fenómeno que puede o no ser hereditario; se produce por contaminación ambiental, pesticidas, calidad nutricional (van Grouw 2013, Rodríguez-Ruíz *et al.* 2017).

En Ecuador, los primeros casos de *Fulica ardesiaca* con anomalías pigmentarias fueron reportados por Henry (2005), Cadena-Ortiz *et al.* (2015) y Mena-Valenzuela y Mena-González (2016) y corresponden a un individuo de la laguna de Colta y dos del lago San Pablo. En Sudamérica también se conoce varios casos de individuos de la especie o del género (Nolazco 2010,

Urcola 2011, Fuentes y González 2011, Vizcarra 2015).

Fulica ardesica se distribuye por la costa y los Andes de Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina (Schulenberg 2010). En Ecuador habita la península de Santa Elena, las lagunas interandinas y paramales (Ridgely y Greenfield 2006). En el lago San Pablo es la especie más abundante, su población alcanza 645 individuos (Guevara *et al.* 2012), forma grupos y habita las partes poco profundas cercanas a las orillas del lago. En el área de estudio, de acuerdo a las observaciones realizadas (P. Mena-Valenzuela) es una especie territorial, omnívora (Fjeldså y Krabbe 1990) y se alimenta principalmente de plantas acuáticas, algas, adultos de invertebrados (moluscos) y larvas de varias especies (Odonata). Entre los principales alimentos vegetales están la cola de zorro (*Ceratophyllum demersum*) y las algas. Se reproducen durante todo el año y anidan en los totorales (*Schoenoplectus californicus*) o en sitios abiertos construidos por ellos con ramas y raíces de plantas acuáticas.

El lago San Pablo tiene 3,8 km de largo por 2,4 km de ancho, su profundidad es de 35 m, es alimentado por ocho manantiales situados en los alrededores del lago, quebradillas intermitentes y un pequeño río llamado Itambi que nace en la caldera del volcán Cusín y recorre 17 kilómetros para desembocar en el lago San Pablo. En algunas partes de la orilla del lago hay pequeñas colonias de “totora” (*Schoenoplectus californicus*), y al noroccidente, sur y suroriente del lago cubre grandes extensiones. La gente local aprovecha la totora para hacer esteras y artesanías.

En los alrededores del lago están asentadas varias comunidades con una población cercana a los 20.000 habitantes (Gunkel y Casallas 2002) y un alto porcentaje realiza actividades agropecuarias, con el uso de agroquímicos. Varias comunidades carecen de alcantarillado, por lo que las aguas servidas son evacuadas sin previo tratamiento por las quebradas al lago. En las orillas del lago también la gente lava la ropa, sus desechos y basura vierten al lago. El lago está considerado como eutrófico por el arrastre de nutrientes con altas concentraciones de fósforo y nitrógeno (Carrera y Gunkel 2002, Gunkel y Casallas 2002).

Material y métodos

Las observaciones se realizaron en cuatro sitios de los alrededores del lago San Pablo, en el Parque Acuático Araque ubicado en el lado suroriental, en el área de la desembocadura de la quebrada Araque, se encuentra a 2650 m s.n.m. y coordenadas $0^{\circ} 12' 22.34''$ N, $78^{\circ} 12' 26.52''$ W, orilla del lago entre Camuendo Bajo a 2650 m s.n.m. y coordenadas $0^{\circ} 13' 1.89''$ N, $78^{\circ} 13' 9.14''$ W y el muelle del Club Náutico San Pablo a 650 m s.n.m. y coordenadas $0^{\circ} 13' 4.38''$ N, $78^{\circ} 13' 11.95''$ W, en el muelle llamado Chicapán a 2668 m s.n.m. y coordenadas $0^{\circ} 12' 55.40''$ N, $78^{\circ} 14' 15.98''$

W y San Miguel Bajo a 2665 m s.n.m. y coordenadas $0^{\circ} 11' 57.50''$ N, $78^{\circ} 14' 0.30''$ W (Figura 1).

Las observaciones de los especímenes con anomalías pigmentarias fueron realizadas por un observador, desde el 22 de mayo de 2016 al 30 de abril de 2017. En el primer sitio 35 días y en total 46 horas, en el segundo sitio 24 días y 39 horas, en el tercer sitio 16 días y 30 horas, y en el cuarto sitio 25 días y 37 horas, lo que hace un total de 100 días y 152 horas. Se usaron binoculares 12x50, los ejemplares fueron fotografiados con cámaras de 10x y 12x de zoom óptico y filmados videos con una cámara de 5x de zoom óptico.

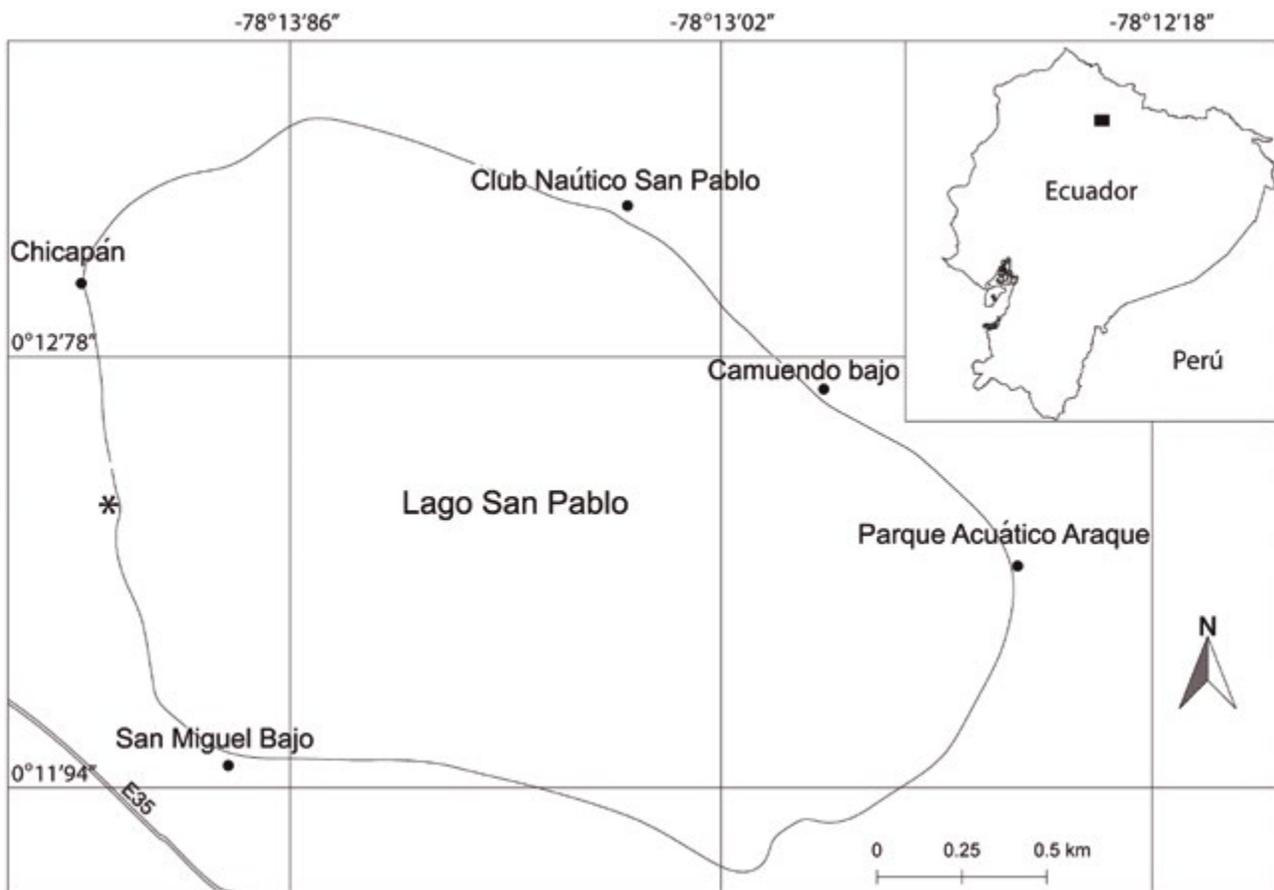


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de observación de la focha andina *Fulica ardesiaca* con anomalías pigmentarias en el lago San Pablo. *Sitio del segundo registro (30 de abril 2017) del ejemplar con envejecimiento progresivo observado por Cisneros en 2012 (Cadena-Ortiz *et al.* 2015).

Resultados

En el lago San Pablo fueron registrados varios individuos con dos tipos de anomalías pigmentarias, leucismo parcial y envejecimiento o canoso progresivo (“progressive greying”). Los ejemplares leucísticos fueron registrados en dos de los cuatro sitios de observación. En el parque acuático Araque fueron observados tres individuos leucísticos y uno en Camuendo Bajo. La anomalía pigmentaria se manifiesta en distintas proporciones y en diferentes partes del plumaje. Los especímenes leucísticos fueron adultos y observados en varias ocasiones, acompañados por otros individuos fenotípicamente normales de la misma especie. El 20 de agosto de 2016 fue observado un individuo con placa frontal de color amarillo y con una pluma blanca entre las coberteras de las alas (Figura 2B); otro fue observado el 20 de agosto de 2016, con placa roja y con dos plumas blancas en las coberteras mayores del lado izquierdo y una en las del lado derecho (Figura 2C); otro individuo fue observado en la misma fecha del anterior, con placa frontal de color blanco, con una pluma blanca en las coberteras menores de las alas y varias plumas en la parte ventral solo visibles cuando está fuera del agua (Figura 2E); el último fue observado el 16 de octubre de 2016 en Camuendo Bajo, con placa frontal color rojo, con dos plumas blancas en las coberteras del lado izquierdo.

Los dos individuos con envejecimiento progresivo fueron reportados como leucísticos por Cadena-Ortiz *et al.* (2015) y Mena-Valenzuela y Mena-González (2016). El reporte del primer individuo con esta anomalía no precisa su ubicación, sin embargo, después de la observación realizada por el autor el 30 de abril de 2017, y de acuerdo a la descripción se trataría del mismo individuo. Este fue observado nadando cerca a la orilla junto a un totoral, entre el muelle Chicapán y San Miguel Bajo (0° 12' 29.73" N, 78° 14' 10.68" W) (Figura 1). Posteriormente, este ejemplar fue observado varias veces por Mena-Valenzuela en el 2017. El segundo ejemplar con la misma anomalía fue registrado en el Parque Acuático Araque y observado varias ocasiones por Mena-Valenzuela y Mena-González (2016) y en 2017 el 19 de junio (Figura 2A). Un tercer ejemplar con placa frontal de color

rojo fue observado el 17 de septiembre de 2016 en el Parque Acuático Araque mientras se acicalaba fuera del agua, este presentó plumas blancas en el vientre solo visibles cuando está fuera del agua (Figura 2D). Este a diferencia de los anteriores presenta pocas plumas blancas en el vientre, lo que podría indicar el inicio de la anomalía (“progressive greying”).

Todos los individuos con anomalías pigmentarias conviven con otros de su especie, forman grandes grupos y en todo momento su comportamiento fue normal, además fueron observados varias veces en el mismo lugar, aunque se dispersan y se alejan del sitio para volver nuevamente a juntarse.

Discusión

Los dos tipos de aberraciones pigmentarias manifiestas en *Fulica ardesiaca* (Rallidae) constituyen el primer caso de este fenómeno en una metapoblación en Ecuador. El leucismo es la aberración pigmentaria más común en las aves y ampliamente reportada (van Grouw 2006, Li *et al.* 2010, Urcola 2011, Cadena-Ortiz *et al.* 2015). Mientras que el envejecimiento o canoso progresivo es la menos conocida y poco reportada.

Aunque los orígenes de la pérdida del pigmento en la focha andina del lago San Pablo son aún inciertos, factores externos no hereditarios como las enfermedades o la deficiencia alimentaria pueden ser la causa (van Grouw 2013). Sin embargo, es necesario hacer estudios genéticos y de calidad del ecosistema (Ayala *et al.* 2014) para determinar las verdaderas causas de las anomalías pigmentarias a fin de proteger a la focha andina del lago San Pablo. Mientras tanto, es necesario establecer un sistema de monitoreo de la población de todo el lago para continuar con observaciones sistemáticas.

Conclusiones

En el lago San Pablo se han registrado dos tipos de anomalías pigmentarias en la población de la focha andina (*Fulica ardesiaca*). La frecuencia del leucismo es del 0,6 %, y si se suman los tres con envejecimiento

progresivo, el porcentaje de ejemplares con anomalías pigmentarias es 1,1 %. En Ecuador, el leucismo en la focha andina ha sido reportado en la laguna de Colta y San Pablo (Henry 2005 y este trabajo); mientras que el envejecimiento o canoso progresivo solamente en el lago San Pablo (Cadena-Ortiz *et al.* 2015, Mena-Valenzuela y Mena-González 2016 y este trabajo).

Agradecimientos

A Sebastián Mena González por la fotografía (A) y la elaboración del mapa. A los revisores que con sus sugerencias contribuyeron a mejorar este trabajo.



Figura 2. Focha andina (*Fulica ardesiaca*), adultos con envejecimiento progresivo y leucismo registrados en el Lago San Pablo. Fotos: A) Sebastián Mena-González; B, C, D, E, F) Patricio Mena-Valenzuela.

Bibliografía

- Ayala, P. V., N. Arce y R. Carmona. 2014. Observaciones de leucismo en cuatro especies de aves acuáticas en Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 982-986. <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.36515>
- Buckley, P. A. 1982. Avian genetics. Pp. 21-110. *En: Petrak, M. L. (Ed.). Diseases of cage and aviary birds. Second edition. Lea and Febiger, Philadelphia (USA).*
- Bensch, S., B. Hansson, D. Hasselquist y B. Nielsen. 2000. Partial albinism in a semi-isolated population of great reed warblers. *Hereditas*, 133: 167-170. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-5223.2000.t01-1-00167.x/pdf>
- Cadena-Ortiz, H., D. Bahamonde-Vinueza, D. Cisneros-Heredia y G. Buitrón-Jurado. 2015. Alteraciones de la coloración en el plumaje de aves silvestres del Ecuador. *Avances en Ciencias e Ingenierías* 7(2): B75 - B90. http://www.usfq.edu.ec/publicaciones/avances/archivo_de_contenidos/Documents/volumen_7_numero_2/B75-7-2-2015.pdf
- Carrera, P. y G. Gunkel. 2002. Ecología del “Río Itambi”, San Pablo-Otavalo, Ecuador. Pp.558. *En: Mercure, S., W. Wilson, T. Whillams (Eds.). Gestión integral de cuencas y asentamientos humanos. Basado en las experiencias del Primer Encuentro Intercultural: Imabukucha, 2002. Ediciones Abya-Yala, Quito-Ecuador.*
- Fjeldsá, J. y N. Krabbe. 1990. Bird of the High Andes. Zoological Museum. University of Copenhagen. Pp. 876.
- Fuentes, D. y D. González. 2011. Aberraciones cromáticas del plumaje en aves: nuevos reportes en Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 17 (2): 113-121. <http://docplayer.es/12674259-Aberraciones-cromaticas-del-plumaje-en-aves-nuevos-reportes-en-chile.html>
- Guay, P. J., D. A. Potvin y R. W. Robinson. 2012. Aberrations in plumage coloration in birds. *Australian Field Ornithology* 29: 23-30. http://vuir.vu.edu.au/22213/7/AFO2012V029N01_023.pdf
- Guevara, E., T. Santander y J. Duivenvoorden. 2012. Seasonal patterns in aquatic bird counts at five Andean lakes of Ecuador. *BioOne* 35: 636-641. <http://asociacioncolombianadeornitologia.org/wp-content/uploads/2016/05/6-MS1405.pdf>
- Gunkel, G. y J. Casallas. 2002. El Lago San Pablo (Imbakucha) ¿Un lago eutrófico?. Pp.558. *En: Mercure, S., W. Wilson, T. Whillams (Eds.). Gestión integral de cuencas y asentamientos humanos. Basado en las experiencias del Primer Encuentro Intercultural: Imabukucha, 2002. Ediciones Abya-Yala, Quito-Ecuador.*
- Henry, P. 2005. New distributional records of birds from Andean and western Ecuador. *Cotinga* 23: 27-32. <http://www.neotropicalbirdclub.org/wp-content/uploads/2016/11/C23-Henry.pdf>
- Hume, J. P. y H. van Grouw. 2014. Colour aberrations in some extinct and endangered birds. *Bulletin British Ornithological Club* 134: 168-193.
- Li, D., L. Li y Y. Wu. 2010. A leucistic Little Grebe *Tachybaptus ruficollis* in Hebei Province and a review of albinistic and leucistic species in China. *BirdingASIA* 16: 75-77.
- McGraw, K. J. 2006. Mechanics of melanin-based coloration. Pp. 243-294. *En: Hill, G. E. y K. J. McGraw (Eds). Bird Coloration - Volume 1: Mechanisms and Measurements, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.*
- Mena-Valenzuela, P. y S. Mena-González. 2016. Otro registro de leucismo parcial en la Focha Andina *Fulica ardesiaca* (Aves: Gruiformes: Rallidae), en Ecuador. *Avances en Ciencias e Ingenierías* 8 (1): 60-62. <http://dx.doi.org/10.18272/ac.v8il.460>
- Møller, A. P. y T. T. Mousseau. 2001. Albinism and phenotype of barn swallows *Hirundo rustica* from Chernobyl. *Evolution* 55: 2097-2104.
- Nolazco, S. 2010. Leucismo parcial en gallareta andina *Fulica ardesiaca* (Familia: Rallidae). *Boletín de Lima* 159: 9-10.
- Oliveira, C. y F. Foresti. 1996. Albinism in the banded knifefish, *Gymnotus carapo*. *Tropical Fish Hobbyist* 44 (12): 92-96.
- Ridgely, R. y P. Greenfield. 2006. *Aves del Ecuador*. Vol. 2. Guía de Campo. Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia y Fundación Jocotoco. Quito. Pp. 812.
- Rodríguez-Ruiz, E. R., W. A. Poot-Poot, R. Ruiz-Salazar y J. Treviño-Carreón. 2017. Nuevos registros de aves con anomalía pigmentaria en México y propuesta de clave dicotómica para la identificación de casos. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 18 (1): 57-70. <http://en.ustc.findplus.cn/?h=articles&db=a9h&an=122839377>
- Schulenberg, T. S. (Ed.). 2010. Slate-colored Coot (*Fulica ardesiaca*), Neotropical Birds Online Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; retrieved from Neotropical Birds Online: http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/overview?p_p_spp=141876
- Urcola, M. R. 2011. Aberraciones cromáticas en aves de la colección ornitológica del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 13: 221-228. <http://ref.scielo.org/xtdvbg>
- van Grouw, H. 2006. Not every white bird is an albino; sense and nonsense about color aberrations in birds. *Dutch Birding* 28 (2): 79-89.
- van Grouw, H. 2013. What colour is that bird? The causes and recognition of common colour aberrations in birds. *British Birds* 106: 17-29.
- Vizcarra, J. 2015. Caso de leucismo parcial en la Gallareta Andina (*Fulica ardesiaca*) en los Humedales de Ite, sur del Perú. *Boletín Unión de Ornitólogos del Perú (UNOP)* 10 (2): 22-25.

Patricio Mena-Valenzuela
Instituto Nacional de Biodiversidad,
Quito, Ecuador
patricio.mena@ambiente.gob.ec

Nota - Anomalías pigmentarias en la focha andina (*Fulica ardesiaca* Tschudi, 1843) del lago San Pablo, provincia de Imbabura, Ecuador

Citación del artículo: Mena-Valenzuela, P. 2017. Anomalías pigmentarias en la focha andina (*Fulica ardesiaca* Tschudi, 1843) del lago San Pablo, provincia de Imbabura, Ecuador. *Biota Colombiana* 18 (2): 255 – 261. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a17

Recibido: 03 de marzo de 2017
Aprobado: 28 de julio de 2017

Primeros registros del colibrí aliazul, *Pterophanes cyanopterus* (Fraser, 1839), (Apodiformes, Trochilidae) en el departamento de Antioquia, Colombia

Firsts records of Great Sapphirewing, *Pterophanes cyanopterus* (Fraser, 1839), (Apodiformes, Trochilidae) in the state of Antioquia, Colombia

Sergio Chaparro-Herrera, Paola Montoya, Héctor F. Rivera y Juan L. Parra

Resumen

Se registra por primera vez al colibrí aliazul (*Pterophanes cyanopterus*) en el departamento de Antioquia, en dos localidades del municipio de Sonsón (Cerro Las Palomas y Cerro La Vieja) ampliando la distribución de la especie 66 km hacia el norte en la cordillera Central de Colombia. El límite norte de la distribución geográfica de esta especie coincide con el límite de otras especies de aves, hecho que puede estar explicado por una leve depresión en la altura promedio de la cordillera, asociado a cambios notables en las condiciones climáticas a lo largo de ésta. Las causas que determinan este límite son aún inciertas y es necesario considerar otras posibles alternativas como causas históricas relacionadas a la orogenia y hábitat.

Palabras clave. Alta montaña. Biogeografía. Cordillera Central. Elevación. Sonsón.

Abstract

For the first time the occurrence of the Great Sapphirewing (*Pterophanes cyanopterus*) in the state of Antioquia is reported in two localities of the municipality of Sonsón (Cerro Las Palomas and Cerro La Vieja). These new records represent an expansion of 66 km of its northern range in the Central Andes Mountain Range in Colombia. This northern limit of the Great Sapphirewing coincides with distributional limit of several other species of birds along the mountain range. There is an altitudinal depression in the area associated with substantial changes in climatic conditions, an aspect that may explain such distributional limits. However, such causes are still uncertain, and alternative explanations such as historical factors related to the orogeny and habitat must be considered.

Key words. Biogeography. Central Andes Mountain Range. Elevation. High Mountain. Sonsón.

Introducción

El colibrí aliazul (*Pterophanes cyanopterus*) es una especie que se distribuye en los Andes desde Colombia hasta Bolivia (Cochabamba) (Sánchez 2003, Heynen *et al.* 2016), siendo registrada en Colombia a lo largo de las cordilleras Central y Oriental entre los 2800 y los 3800 m s.n.m. (usualmente por encima de los

3000 m s.n.m.). Actualmente, para este especie son reconocidas dos subespecies: *P. c. caeruleus* distribuida en zonas elevadas de las cordilleras Centro-Oriental en Cauca, y en la cordillera Central desde Nariño subiendo hacia el norte hasta el sur del departamento de Caldas (alrededores del volcán Nevado del Ruiz), y *P. c. cyanopterus* distribuida en la cordillera Oriental

desde Cundinamarca hasta Norte de Santander (oeste de Cúcuta) (Hilty y Brown 1986, Verhelst 2001, Sánchez 2003, Restall *et al.* 2007, Ayerbe-Quiñones *et al.* 2008, Ayerbe-Quiñones 2015, Heynen *et al.* 2016) (Figura 1). Esta especie habita bosques altoandinos no demasiado densos, bordes de bosque, bosque enano, pendientes con matorrales, ecotono bosque enano-páramo y árboles y arbustos dispersos en páramo en donde es

territorial (Hilty y Brown 1986, Ayerbe-Quiñones 2015). Se alimenta principalmente de néctar en flores de *Barnadesia*, *Bomarea*, *Mutisia*, *Passiflora* y *Puya* aunque en ocasiones de hierbas y arbustos más grandes (*Centropogon*, *Loasa*, *Siphocampylus*), y de insectos los cuales captura al vuelo (Ayerbe-Quiñones 2015, Heynen *et al.* 2016).

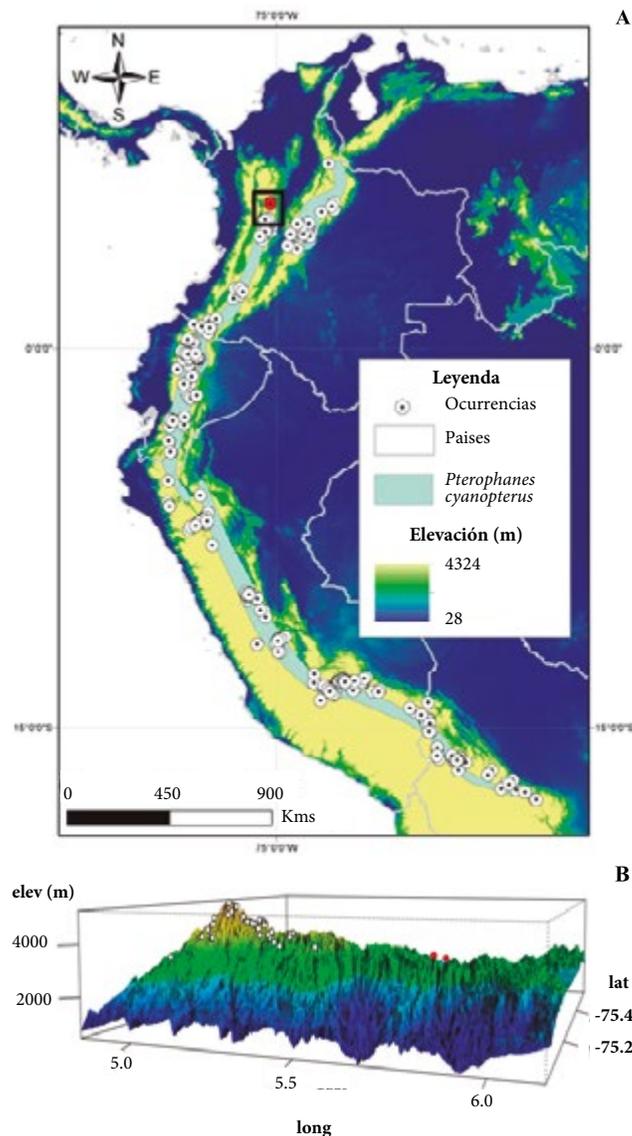


Figura 1. A) Registros del colibrí aliazul (*Pterophanes cyanopterus*) a lo largo de su distribución geográfica. B) Perfil de elevación junto con registros en la zona de interés en el límite de su distribución al norte de la cordillera Central (recuadro negro en A). Los puntos rojos representan las nuevas localidades en el departamento de Antioquia.

Entre abril y julio del 2014 se realizaron dos observaciones del colibrí aliazul en el municipio de Sonsón, departamento de Antioquia (Figura 1). Las observaciones se registraron en el marco del proyecto de identificación de la zona de transición entre bosque altoandino y páramo del Complejo de Páramos de Sonsón, liderado por la Universidad de Antioquia y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

El primer registro se realizó el 15 de abril de 2014 en el Cerro Las Palomas (5° 43'32''N, 75° 14'56''W, 3363 m s.n.m.) en donde fue observado un macho sobrevolando la zona de herbazal (transición páramo-bosque altoandino) realizando vuelos estáticos (suspendido) en frente de los observadores. El segundo registro corresponde al 01 de julio de 2014 en el Cerro La Vieja (5° 46'26''N, 75° 13'57''W, 3247 m s.n.m.) en donde observamos un macho libando en la zona de herbazal (transición páramo-bosque altoandino). Los anteriores dos registros corresponden a los primeros del colibrí aliazul para el departamento de Antioquia y representan las localidades más hacia el norte en la cordillera Central, sin embargo existen dos registros recientes al sur de la ciudad de Medellín en el “Parque el Romeral” y en la “Reserva Natural San Sebastián de La Castellana” (<http://www.ebird.org>), que deben ser corroborados, ya que tras una evaluación en las listas de especies reportadas se encuentran muchas especies que no son esperadas para las localidades asignadas.

Previo a estas observaciones, los registros más septentrionales de la especie en la cordillera Central provenían de la vereda El Desquite y la Reserva Natural Río Blanco en la vereda Las Palomas, ambas en la región de Manizales en el departamento de Caldas (Hilty y Brown 1986, Verhelst 2001, Biomap 2006 (<http://www.biomap.net>), RNOA (http://ipt.sibcolombia.net/rnoa/resource.do?r=censo_aves_rnoa, publicado el 04/10/2013), eBird (<http://www.ebird.org>)) (Figura 1). Entre las localidades mencionadas anteriormente (Caldas y los registros publicados en esta nota, en Antioquia) existe una distancia de 66 km lineales, ampliando la distribución de la especie hacia el norte de la cordillera Central.

Varias especies de aves de alta montaña, incluyendo colibríes, presentan este mismo patrón en sus distribuciones geográficas, las cuales terminan en las laderas hacia el norte del Nevado del Ruiz, el volcán más al norte del cinturón volcánico en la cordillera Central. Entre algunas de las especies con límites similares en su distribución se encuentra *Aglaeactis cupripennis*, *Coeligena lutetiae*, *Lesbia nuna*, *Ramphomicron microrhynchum*, *Eriocnemis derbyi*, *E. mosquera*, todos colibríes de alta montaña al igual que *P. cyanopterus*. El límite compartido por todas estas especies implica un recambio en la avifauna hacia el norte de la cordillera. Aunque el origen y causa de este recambio aún es incierto, Graham y colaboradores (2010) identificaron esta zona como una discontinuidad ambiental y la caracterizan como una transición de sur a norte de condiciones frías a cálidas y ligeramente más secas. Aunque en dicho artículo este límite no fue identificado como una barrera climática debido a un cambio abrupto en elevación, el área disponible en elevaciones por encima de los 3000 m s.n.m. disminuye de manera considerable alrededor del límite entre Caldas y Antioquia (~5,41° latitud), reduciendo el área potencial de distribución de *P. cyanopterus* hacia el norte de la cordillera Central (Figura 2). Los registros más al norte de su distribución, como los reportados en esta nota, posiblemente pueden ser considerados como esporádicos y no como parte estable de la distribución geográfica habitual de la especie. Sin embargo, es necesario considerar escenarios históricos relacionados a la orogenia de la cordillera o a la historia de erupciones del sistema de volcanes como explicaciones alternativas o complementarias de este recambio así como escenarios relacionados con hábitat fuente y sumidero. Existen ejemplos de especies que tienen su límite de distribución coincidente, pero que ocurren a elevaciones intermedias como *Habia cristata* y *Anisognathus igniventris*, en donde no ocurriría un cambio abrupto en las condiciones ambientales.

Finalmente, los registros presentados en este escrito evidencian la necesidad de seguir inventariando zonas poco conocidas, así como evaluar los diferentes aspectos que puedan estar limitando o restringiendo la distribución de las especies en las diferentes regiones del país.

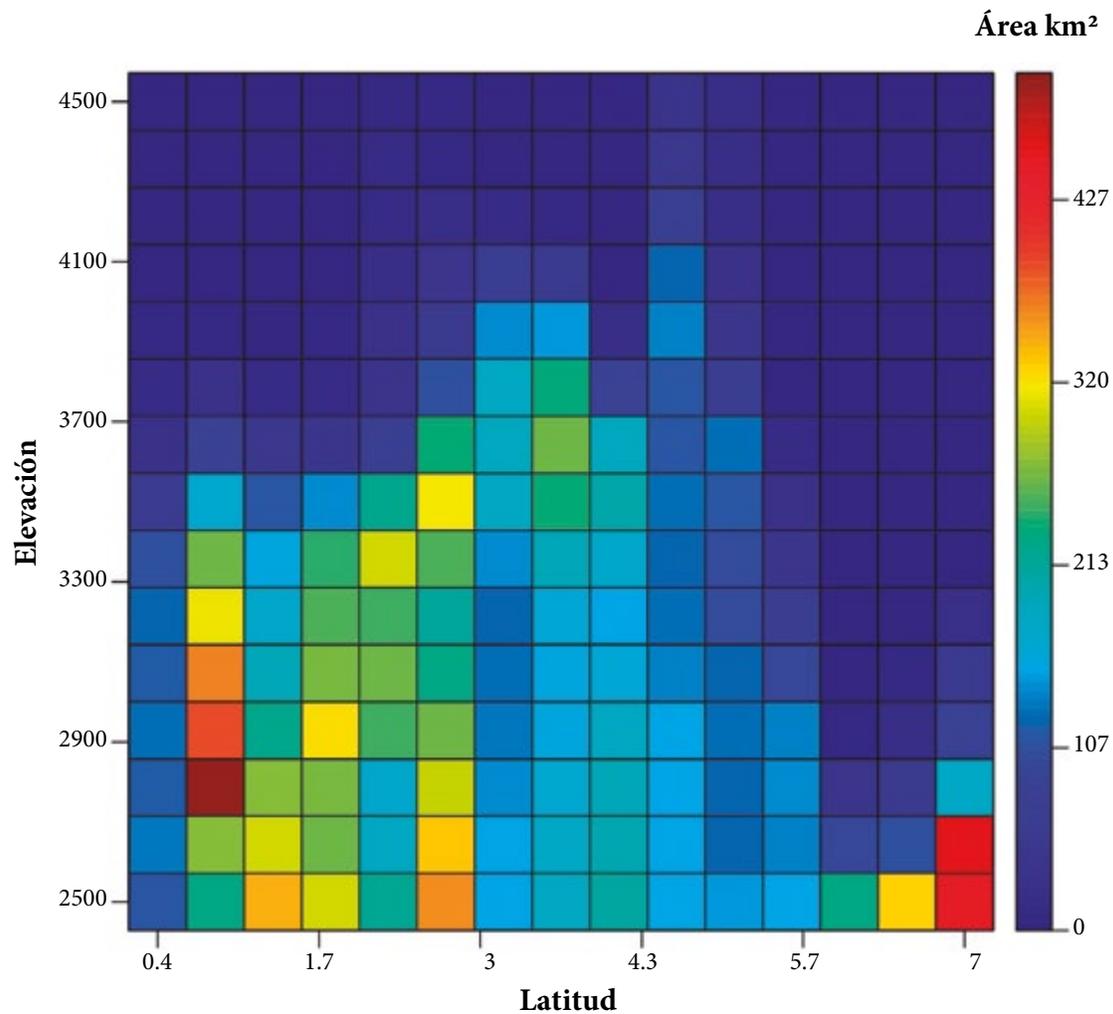


Figura 2. Área disponible (km²) para *P. cyanoopterus* (2800-3800 m s.n.m.) en cada franja de elevación (100 m) moviéndose de sur a norte (latitud) a lo largo de la cordillera Central en Colombia.

Bibliografía

- Ayerbe-Quiñones, F., J. P. López-Ordóñez, M. F. González-Rojas, F. A. Estela, M. B. Ramírez-Burbano, J. V. Sandoval-Sierra y L. G. Gómez-Bernal. 2008. Aves del departamento del Cauca-Colombia. *Biota Colombiana* 9 (1): 77-132.
- Ayerbe-Quiñones, F. 2015. Colibríes de Colombia. Serie: Avifauna Colombiana. Wildlife Conservancy Society. 352 pp.
- Graham, C., N. Silva y J. Velásquez-Tibatá. 2010. Evaluating the potential causes of range limits of birds of the Colombian Andes. *Journal of Biogeography* 37: 1863-1875.
- Heynen, I., P. Boesman, y G. M. Kirwan. 2016. Great Sapphirewing (*Pterophanes cyanoopterus*). En: del Hoyo, J., A. Elliott, J. Sargatal, D.A. Christie y E. de Juana (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Editions, Barcelona. (acceso desde <http://www.hbw.com/node/55571> el 20 junio 2016).
- Hilty, S. L. y W. L. Brown. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 836 pp.
- Restall, R., C. Rodner y M. Lentino. 2007. Birds of Northern South America: An identification Guide: Species Accounts. Yale University Press. 880 pp.
- Sánchez, C. 2003. Taxonomy, Phylogeny, and Biogeography of the Andean Hummingbird. Genera *Coeligena* LESSON, 1832; *Pterophanes* GOULD, 1849; *Ensifera* LESSON 1843; and *Patagona* GRAY, 1840 (Aves: Trochiliformes). Trabajo Doctoral. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Germany. 202 pp.
- Verhelst, J. C., J. C. Rodríguez, O. Orrego, J. E. Botero, J. A. López, V. M. Franco y A. M. Pfeifer. 2001. Aves del Municipio de Manizales- Caldas, Colombia. *Biota Colombiana* 2 (3): 265-284.

Sergio Chaparro-Herrera

Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados,
Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia
sergioupn@gmail.com

Paola Montoya

Laboratorio de Biología Evolutiva de Vertebrados,
Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia
dremon.val@gmail.com

Héctor Fabio Rivera

Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados,
Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia
fabio.rivera@udea.edu.co

Juan Luis Parra

Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados,
Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia
juanl.parra@udea.edu.co

Nota - Primeros registros del colibrí aliazul, *Pterophanes cyanopterus* (Fraser,1839), (Apodiformes, Trochilidae) en el departamento de Antioquia, Colombia

Citación del artículo: Chaparro-Herrera, S., P. Montoya, H. F. Rivera y J. L. Parra. 2017. Nota - Primeros registros del colibrí aliazul, *Pterophanes cyanopterus* (Fraser,1839), (Apodiformes, Trochilidae) en el departamento de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana* 18 (2): 262 – 266. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a18.

Recibido: 13 de febrero de 2017
Aprobado: 02 de agosto de 2017

Carábidos (Coleoptera: Carabidae) del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia)

Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) of the Entomology Museum of the Universidad del Valle (Cali, Colombia)

Anderson Arenas-Clavijo y Carmen E. Posso-Gómez

Resumen

Los escarabajos carábidos (Coleoptera: Carabidae) constituyen una importante porción de la diversidad de la fauna edáfica. Dada su importancia en aspectos como el control natural de plagas y su respuesta como bioindicadores, es importante reconocer los géneros y especies presentes en una determinada localidad, sin embargo, en Colombia su estudio ha sido relativamente pobre. En el presente conjunto de datos se listan los géneros y algunas especies de carábidos, depositados en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle. Esta colección cuenta con 355 registros de 38 géneros, de los cuales sólo 10 tienen especímenes identificados a la categoría de especie.

Palabras clave. Altitud. Colombia. Escarabajos. Espécimen. Zona de vida.

Abstract

Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) constitute an important part of the diversity of edaphic fauna. Given its importance in natural control of pests and its response as bioindicators, it is important to recognize the genera and species present in a particular locality; nevertheless, in Colombia, their study has been relatively poor. The present dataset lists the genera and some species of carabids deposited in the *Entomology Museum of the Universidad del Valle* (University of Valle). This collection has 355 records belonging to 38 genera, of which only 10 have specifications identified to the species category.

Key words. Altitude. Colombia. Beetles. Specimen. Life zone.

Introducción

Propósito: La familia Carabidae pertenece al orden Coleoptera, suborden Adephaga (Grimaldi y Engel 2005). Los especímenes de esta familia son comúnmente llamados “escarabajos bombarderos” por el famoso comportamiento de las especies de la subfamilia Brachininae (Erwin 1965), en la mayoría de publicaciones en idioma inglés son referidos como ground beetles, pues pertenecen a los Geodephaga (adéfagos del suelo), algunos autores también

reconocen a los “escarabajos tigre” como integrantes de esta familia bajo diferentes categorías taxonómicas (Cassola y Pearson 2001, Erwin *et al.* 2012). Los carábidos ocupan una gran cantidad de microhábitats en la mayoría de las zonas de vida, incluyendo riberas de ríos, costas marinas, hojarasca de bosques, zonas cultivadas y ganaderas, también habitan bajo rocas, en cuevas, dosel de los bosques, entre otros.

En estudios realizados con carábidos, se ha resaltado su importancia principalmente en el contexto agrícola,

como controladores naturales de plagas (Sunderland 2002, White *et al.* 2012); sin embargo, algunas especies tienen adaptaciones para el consumo de semillas y muchas otras pueden ser polifágicas (Nisensohn *et al.* 1999, Arndt y Kirmse 2002, Yábar *et al.* 2006, Lundgren 2009). En el contexto de la diversidad, los carábidos son reconocidos como bioindicadores (Rainio y Niemela 2003, Pearce y Venier 2006).

En el mundo –y dependiendo del criterio taxonómico utilizado– se reconocen alrededor de 40 subfamilias, 90 tribus, 2000 géneros y 40000 especies de Carabidae. En Colombia se han registrado cerca de 680 especies, de al menos 152 géneros (Martínez 2005, Erwin 2011, Erwin y Zamorano 2014). La mayoría de los registros de carábidos en Colombia se concentran en la región Andina, mientras que las regiones Amazónica y Orinoquía son las menos representadas (Martínez 2005).

En Colombia hay varios estudios relacionados con la diversidad de carábidos, algunos se enfocan en aspectos ecológicos, donde se registran especies de acuerdo con el uso del suelo (Pardo-Locarno y Puerta-Paz 1990, Pardo-Locarno *et al.* 1991, Camero 2003). Por su parte, otros estudios han establecido inferencias ecológicas con base en la revisión de especímenes depositados en colecciones, que a su vez han sido obtenidos en muestreos dirigidos a capturas generales de insectos (Martínez 2005, Ramírez-Mora 2008, Torres-Domínguez y Mendivil-Nieto 2012).

En Colombia, pocos investigadores locales han estudiado los carábidos desde el contexto taxonómico, (Camero 2003, Martínez y Ball 2003, Martínez 2005), pues la mayoría de aportes taxonómicos se han realizado con especímenes colombianos depositados en colecciones extranjeras (Gidaspow 1963, Ball y Maddison 1987, Mateu 1991, Erwin 2011, Erwin y Zamorano 2014). Actualmente, algunos estudios han incluido a los carábidos en los análisis de diversidad en complemento con otros taxa, como las hormigas (Arenas *et al.* 2013, Arenas *et al.* 2015, Uribe L y Vallejo E 2013).

Este documento busca ampliar el conocimiento sobre la diversidad biológica y distribución de la familia Carabidae (excluyendo Cicindelinae), principalmente de la región suroccidental de Colombia, con información extraída de los registros de especímenes colectados entre los años 1970 y 2015 del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MUSENUV). Los individuos fueron colectados en el marco de diferentes cursos de docencia, en trabajos relacionados con diversidad general de artrópodos, entre otros.

Datos del proyecto

Título. Carábidos (Coleoptera: Carabidae) del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia)

Nombre. Anderson Arenas Clavijo (Autor)

Fuentes de financiación. Universidad del Valle, Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación, Colombia).

Cobertura taxonómica

Descripción. Los 355 especímenes fueron identificados hasta la categoría taxonómica de género (38), de los cuales el 18,6 % (66 especímenes) están identificados hasta especie (17 especies). El género más representado es *Notiobia* con 55 registros (15,5 %), seguido de *Dyscolus* (en sentido amplio) con 43 registros (12,1 %). Los taxa con menor representación son *Clivina*, *Ctenodactyla*, *Eurycoleus macularius* Chevrolat, 1835, *Platycerozaena* y *Stratiotes*. Este conjunto de datos representa el 28,4 % de los géneros reportados en Colombia. El género con mayor distribución espacial es *Dyscolus*, que tiene registros en 6 departamentos, seguido de *Galerita* y *Pachyteles* (5 departamentos).

Categorías

Género. *Clinidium* Kirby, 1830, *Clivina* Latreille, 1802, *Loxandrus* LeConte, 1852, *Aspidoglossa* Putzeys, 1846, *Selenophorus* Dejean, 1831, *Tachys*

Dejean, 1821, *Micratopus* Casey, 1914, *Pseudaptinus* Castelnau, 1834, *Pachyteles* Perty, 1830, *Incagonum* Lieberr, 1994, *Glyptolenus* Bates, 1878, *Anchonoderus* Reiche, 1842, *Pheropsophus* Solier, 1833, *Scarites* Fabricius, 1775, *Stratiotes* Putzeys, 1846, *Colliuris* Degeer, 1774, *Calleida* Latreille & Dejean, 1824, *Brachinus* Weber, 1801, *Calophaena* Klug, 1821, *Dyscolus* Dejean, 1831, *Agra* Fabricius, 1801, *Notiobia* Perty, 1830, *Athrostictus* Bates, 1878, *Pentagonica* Schmidt-Goebel, 1846, *Apenes* LeConte, 1851, *Leptotrachelus* Latreille, 1829, *Lebia* Latreille, 1802, *Coptodera* Dejean, 1825, *Amblygnathus* Dejean, 1829, *Platycerozaena* Bänninger, 1927, *Bembidion* Latreille, 1802, *Ctenodactyla* Dejean, 1825.

Subgénero. *Pseudaptinus* (*Thalpius*) LeConte, 1851.

Especie. *Dailodontus clandestinus* (Klug, 1834), *Loxandrus tetrastigma* Bates, 1871, *Galerita* (*Galerita*) *occidentalis* (Olivier, 1795), *Galerita* (*Galerita*) *aequinoctialis* Chaiudoir, 1852, *Galerita* (*Galerita*) *moritzi* Mannerheim, 1837, *Pheropsophus aequinoctialis* (Linnaeus, 1763), *Calleida amethystina* (Fabricius, 1787), *Calleida fulvipes* Reiche, 1842, *Calleida ohausi* Liebke, 1939, *Calleida onorei* Casale, 2008, *Calleida rutilans* Chaiudoir, 1850, *Calleida schumacheri* Steinheil, 1875, *Stenognathus* (*Stenognathus*) *crenulatus* Chaiudoir, 1869, *Amblygnathus darlingtoni* Ball & Maddison, 1987, *Notiobia jucunda* Bates, 1878, *Enceladus gygas* Bonelli, 1813, *Eurycoleus macularius* Chevrolat, 1835.

Subespecie. *Calosoma* (*Castrida*) *alternans granulatum* Perty, 1830.

Cobertura geográfica

Descripción. La mayoría de los registros representan la diversidad del suroccidente colombiano, principalmente de las regiones naturales Andina (Valle del Cauca, Risaralda, Huila y Cauca) y Pacífica (Valle del Cauca y Chocó), y en menor proporción de las regiones naturales Caribe, Amazónica y Orinoquía, en general se registran especímenes de 44 municipios y 14

departamentos. El 75,5 % (268) de los registros son del Valle del Cauca, que además concentra la mayoría de los géneros, seguido por Risaralda y Huila (Figura 1). El rango altitudinal de los registros está entre 0 y 3700 m s.n.m., la mayoría de los cuales está entre 0 y 1000 m s.n.m. (Figura 2).

Coordenadas. 0°28'51.6"N y 10°53'31.2"N Latitud; 81°4'4.8"W y 70°14'2.4"W Longitud

Cobertura temporal

1 de febrero de 1970 - 18 de abril de 2015

Datos de la colección

Nombre de la colección. Museo de Entomología de la Universidad del Valle

Identificador de la colección. MUSENUV

Identificador de la colección parental. Registro Nacional de Colecciones 077

Método de preservación de los especímenes. Pinned

Unidades curatoriales. Entre 350 y 360 (Montados con alfileres)

Materiales y métodos

Área de estudio

Los especímenes fueron colectados durante 45 años en diferentes localidades colombianas, principalmente en el Valle del Cauca, en zonas de vida como el bosque seco tropical, bosque húmedo tropical, bosque premontano, bosque montano y páramo. Además del Valle del Cauca, los sitios de colecta para la zona de vida de bosque seco tropical se localizaron en los departamentos de Cauca y Risaralda, mientras que los especímenes asociados al bosque premontano, montano y al páramo fueron colectados en Risaralda, Cauca y Huila. La menor proporción de los especímenes de la colección proviene de los departamentos de Caldas,

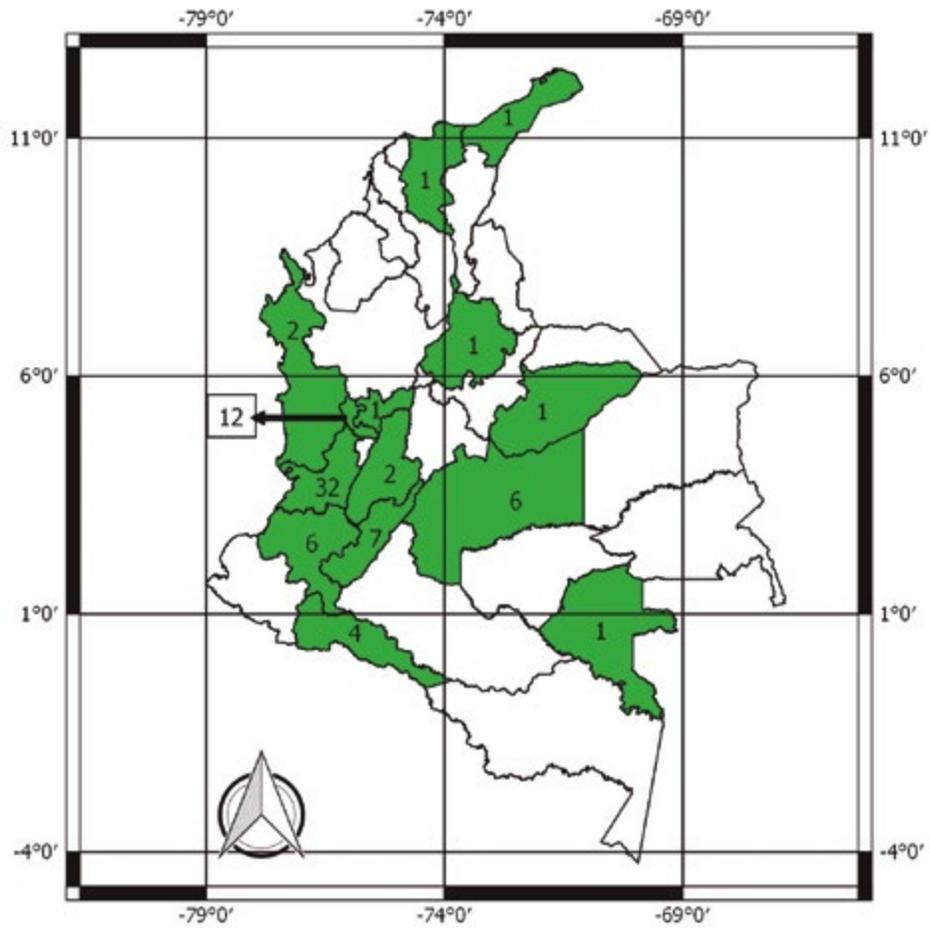


Figura 1. Cantidad de géneros de Carabidae por departamentos, depositados en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle. El número encerrado en un recuadro corresponde al departamento de Risaralda.

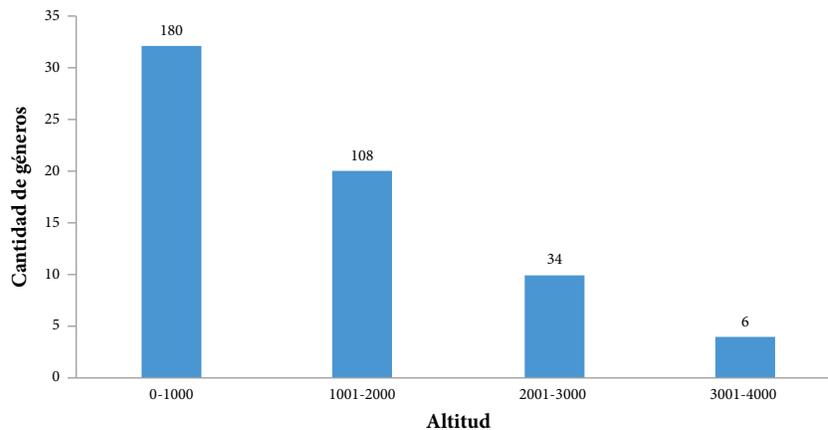


Figura 2. Distribución altitudinal de los géneros de Carabidae registrados en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle, los números ubicados sobre cada barra representan el número de registros. 27 registros no presentaron información sobre la altitud de las localidades.

Casanare, Chocó, La Guajira, Magdalena, Meta, Putumayo, Santander, Tolima y Vaupés. Las áreas de estudio incluyeron el interior de bosques, vegetación riparia y áreas abiertas como cultivos y potreros.

Descripción del muestreo

Los especímenes fueron colectados en diferentes jornadas de campo, realizadas en el marco de los cursos de docencia de la Sección de Entomología, Departamento de Biología, de la Universidad del Valle.

Control de calidad

Los especímenes depositados en la colección fueron verificados de acuerdo con claves taxonómicas para géneros y especies (Gidaspow 1963, Reichardt 1967, Straneo 1991, Martínez 2005) y con la ayuda de expertos en la familia. Una vez identificados, se asignaron a las categorías supragenéricas de acuerdo con la información de la página <http://carabidae.org> (consultado en junio de 2015), y confirmados en la base de datos de la página de internet <http://www.catalogueoflife.org/col/search/all> (consultado en junio de 2015). Los departamentos y municipios fueron listados de acuerdo con la codificación político-administrativa de Colombia, año 2014. Los datos se almacenaron en una plantilla excel y se organizaron en una plantilla Darwin-Core, sugerida por el SIB-Colombia. La base de datos fue procesada con el programa OpenRefine para asegurar la congruencia entre los registros revisados.

Descripción de la metodología paso a paso

Los métodos de colecta incluyeron la captura directa, trampas de luz, trampas de caída, sacos mini-Winkler, red entomológica y aspirador bucal. Las capturas manuales que incluyeron el uso de red entomológica, aspirador bucal y agitación de follaje fueron realizadas por medio de búsqueda activa en todos los microhábitats de cada área de estudio. Las trampas de luz operaron entre las 18:00 y las 22:00, el tiempo de acción de

las trampas de caída fue 24 horas, por su parte, las muestras procesadas en sacos mini-Winkler operaron durante 48 horas.

Resultados

Descripción del conjunto de datos

URL del recurso. Para acceder a la última versión del conjunto de datos:

IPT. http://ipt.biodiversidad.co/valle/resource?r=carabidae_musenuv

Portal de datos. <http://datos.biodiversidad.co/>

Portal GBIF. <http://www.gbif.org/dataset/6246f26c-aec8-492c-b8a1-ac7f327445ae>

Nombre. Archivo Darwin Core Carábidos (Coleoptera: Carabidae) del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia)

Idioma. Español

Codificación de caracteres. UTF-8

URL del archivo. Para acceder a la versión del conjunto de datos descrita en este artículo: http://ipt.biodiversidad.co/biota/archive.do?r=carabidae_musenuv

Formato del archivo. Darwin Core

Versión del formato del archivo. 1.0

Nivel de jerarquía. Dataset

Fecha de publicación de los datos: 2017-07-26

Idioma de los metadatos. Español

Fecha de creación de los metadatos. 2015-06-11

Licencia de uso. Este trabajo está bajo una licencia Creative Commons Zero (CC0) 1.0 <http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>.

Discusión

La mayoría de los especímenes depositados en la colección pertenecen a la región andina, particularmente al valle geográfico del río Cauca (cuenca media), que corresponde a bosque seco tropical. Este hallazgo muestra un esfuerzo de captura mayor en esta región que en el resto del país, y no necesariamente la diversidad intrínseca de cada región natural del país. Otra zona de vida relativamente bien representada es el bosque húmedo tropical del chocó biogeográfico, aunque esta representación está concentrada en el departamento de Valle del Cauca. Una zona de vida que se encuentra pobremente representada es el páramo, la colecta de carábidos en zonas de vida inexploradas probablemente permitirá ampliar el inventario de especies en Colombia.

Los géneros *Ctenodactyla* y *Clinidium* se reportan por primera vez para el Valle del Cauca, es probable que la gran riqueza de ambientes presente en este departamento propicie la presencia de muchas más especies que las reportadas hasta el momento. El presente conjunto de datos representa alrededor del 29 % de los géneros del país, sin embargo, la determinación taxonómica a especie es muy baja, lo cual refleja la necesidad de trabajos taxonómicos con mayor resolución, que incluyan los especímenes depositados en esta colección.

En la medida que la resolución taxonómica de las especies colombianas de Carabidae aumente, los estudios ecológicos cobrarán mayor importancia y se podrán establecer conclusiones más acertadas sobre las relaciones entre especies y entre estas y su ambiente. Dado lo anterior, el presente conjunto de datos contribuye con el conocimiento de los carábidos en Colombia, en términos de su distribución y a su inventario en colecciones locales.

Bibliografía

- Arenas, A., I. Armbrrecht y P. Chacón. 2013. Carábidos y hormigas del suelo en dos áreas cultivadas con maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 18 (3): 439-448.
- Arenas, A., G. Corredor e I. Armbrrecht. 2015. Hormigas y carábidos del suelo en cuatro ambientes del piedemonte del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 41 (1): 120-125.
- Arndt, E. y S. Kirmse. 2002. Adaptation to seed-feeding in ground beetles (Coleoptera: Carabidae: Harpalini) of South Venezuela. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 37 (2): 151-157.
- Ball, G. E. y D. R. Maddison. 1987. Classification and evolutionary aspects of the species of the New World genus *Amblygnathus* Dejean, with description of *Platymetopsis*, new genus, and notes about selected species of *Selenophorus* Dejean (Coleoptera: Carabidae: Harpalini). *Transactions of the American Entomological Society* 113 (3): 189-307.
- Camero, E. 2003. Caracterización de la fauna de carábidos (Coleoptera: Carabidae) en un perfil altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias* 27 (105): 491-516.
- Cassola, F. y D. L. Pearson. 2001. Neotropical tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): checklist and biogeography. *Biota Colombiana* 2 (1): 3-24.
- Erwin, T. L., C. Micheli y G. Hevel. 2012. The Beetle Family Carabidae of Guyane (French Guyana): the Tribes, Genera, and number of species known, with notes on their ways of life. (Insecta: Coleoptera: Adepaga). *Bulletin Le Coleopteriste* 5: 1-88.
- Erwin, T. L. 1965. A revision of *Brachinus* of North America: Part I. The California species (Coleoptera: Carabidae). *The Coleopterists Bulletin* 19 (1): 1-19.
- Erwin, T. L. 2011. Rainforest understory beetles of the Neotropics, *Mizotrechus* Bates 1872, a generic synopsis with descriptions of new species from Central America and northern South America (Coleoptera, Carabidae, Perigonini). *ZooKeys* 145: 79-128.
- Erwin, T. L. y L. S. Zamorano. 2014. A synopsis of the tribe Ichnophorini, with a new genus of neotropical distribution and a revision of the neotropical genus *Asklepia* Liebke, 1938 (Insecta, Coleoptera, Carabidae). *ZooKeys* 430: 1-108.
- Gidaspow, T. 1963. The genus *Calosoma* in Central America, The Antilles, and South America (Coleoptera, Carabidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 124: 275-314.
- Grimaldi, D. y M. S. Engel. 2005. Evolution of the insects. Cambridge University Press. 755 pp.
- Lundgren, J. G. 2009. Relationships of Natural Enemies and Non-Prey Foods. Springer Science + Business Media B.V. Brookings, SD., 453 pp.
- Martínez, C. 2005. Introducción a los Escarabajos Carabidae (Coleoptera) de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., 546 pp.
- Martínez, C. y G. E. Ball. 2003. Los Platynini (Coleoptera: Carabidae) de Colombia. *Biota Colombiana* 4 (2): 175-186.

- Mateu, J. 1991. Sur le genre *Oxytrechus* Jeannel, 1927, avec la description de nouvelles especes de l'Equateur et de la Colombie (Coleoptera, Carabidae, Trechinae). *EOS* 67: 71.83.
- Nisensohn, L., D. Faccini, G. Montero y M. Lietti. 1999. Predación de semillas de *Amaranthus quitensis* H.B.K. en un cultivo de soja: influencia del sistema de siembra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34 (3): 377-384.
- Pardo-Locarno, L. C. y M. Puerta-Paz. 1990. Contribución al registro taxonómico y ecología de las familias de Coleoptera (Insecta) de la zona plana del Valle del Cauca-Colombia. *Cespedesia* 59(16-17): 7-30.
- Pardo-Locarno, L. C., M. Puerta-Paz y J. I. Pulido. 1991. Coleópteros de la zona plana del Valle del Cauca: registros taxonómicos, observaciones ecológicas y económicas generales. *Agricultura Tropical* 28 (3): 93-108.
- Pearce, J. L. y L. A. Venier. 2006. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecological Indicators* 6: 780-793.
- Rainio, J. y J. Niemela. 2003. Ground beetles (Coleoptera : Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12: 487-506.
- Ramírez Mora, M. A. 2008. Escarabajos tigre (Coleoptera: Cicindelidae) del Museo entomológico Francisco Luis Gallego: nuevos registros para departamentos de Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agricultura, Medellín* 61 (1): 4302-4315.
- Reichardt, H. 1967. A monographic revision of the american Galeritini (Coleoptera, Carabidae). *Arquivos de Zoologia* 15 (1-2): 1-176.
- Straneo, S. 1991. South American species of *Loxandrus* LeConte, 1852 (Coleoptera: Carabidae: Pterostichini). *Annals of Carnegie Museum* 60 (1): 1-62.
- Sunderland, K. D. 2002. Invertebrate Pest Control by Carabids. pp. 165–214. *En: Holland, J. M. (Ed). The Agroecology of Carabid Beetles*. Andover, Hampshire.
- Torres Domínguez, D. M. y J. A. Mendivil Nieto. 2012. Escarabajos tigre (Coleoptera: Carabidae: Cicindelinae) del PNN Gorgona, Cauca, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 13 (2): 20-25.
- Uribe L., M. y L.F. Vallejo E. 2013. Diversidad de escarabajos Carabidae y Scarabacidae de un bosque tropical en el Magdalena medio colombiano. *Boletín Científico Centro de Museos* 17 (2): 174-196.
- White, W. H., T. L. Erwin y B. J. Viator. 2012. *Leptotrachelus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae): A Candidate Biological Control Agent of the Sugarcane Borer in Louisiana. *Florida Entomologist* 95 (2): 261-267.
- Yábar, E., E. Castro, L. Meló y E. Gianoli. 2006. Predación de *Bembidion* sp., *Notiobia peruviana* (Dejean) y *Metius* (Coleoptera: Carabidae) sobre huevos de *Premnotrypes latithorax* (Pierce) (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Peruana de Entomología* 45: 91-94.

Anderson Arenas-Clavijo
Sección de Entomología,
Departamento de Biología,
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas,
Universidad del Valle
Cali, Colombia
anderson.arenas@correounivalle.edu.co

Carmen Elisa Posso-Gómez
Sección de Entomología,
Departamento de Biología,
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas,
Universidad del Valle
Cali, Colombia
carmen.posso@correounivalle.edu.co

Carábidos (Coleoptera: Carabidae) del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia)

Citación del artículo: Arenas-Clavijo, A. y C. E. Posso-Gómez. 2017. Carábidos (Coleoptera: Carabidae) del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). *Biota Colombiana* 18 (2): 267 – 273. DOI: 10.21068/c2017.v18n02a19

Recibido: 4 de enero de 2016
Aprobado: 31 de julio de 2017

Guía para autores

(humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota)

Preparación del manuscrito

El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Los trabajos pueden estar escritos en español, inglés o portugués, y se recomienda que no excedan las 40 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas) incluyendo tablas, figuras y anexos. En casos especiales el editor podrá considerar la publicación de trabajos más extensos, monografías o actas de congresos, talleres o simposios. De particular interés para la revista son las descripciones de especies nuevas para la ciencia, nuevos registros geográficos y listados de la biodiversidad regional.

Para la elaboración de los textos del manuscrito se puede usar cualquier procesador de palabras (preferiblemente Word); los listados (a manera de tabla) deben ser elaborados en una hoja de cálculo (preferiblemente Excel). Para someter un manuscrito es necesario además anexar una carta de intención en la que se indique claramente:

1. Nombre completo del (los) autor (es), y direcciones para envío de correspondencia (es indispensable suministrar una dirección de correo electrónico para comunicación directa).
2. Título completo del manuscrito.
3. Nombres, tamaños y tipos de archivos suministrados.
4. Lista mínimo de tres revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

Evaluación del manuscrito

Los manuscritos sometidos serán revisados por pares científicos calificados, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) *aceptado* (en cuyo caso se asume que no existe ningún cambio, omisión o adición al artículo, y que se recomienda su publicación en la forma actualmente presentada); b) *aceptación condicional* (se acepta y recomienda el artículo para su publicación solo si se realizan los cambios indicados por el evaluador); y c) *rechazo* (cuando el evaluador considera que los contenidos o forma de presentación del artículo no se ajustan a los requerimientos y estándares de calidad de *Biota Colombiana*).

Texto

- Para la presentación del manuscrito configure las páginas de la siguiente manera: hoja tamaño carta, márgenes de 2,5 cm en todos los lados, interlineado 1,5 y alineación hacia la izquierda (incluyendo título y bibliografía).
- Todas las páginas de texto (a excepción de la primera correspondiente al título), deben numerarse en la parte inferior derecha de la hoja.

- Use letra Times New Roman o Arial, tamaño 12 puntos en todos los textos. Máximo 40 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos. Para tablas cambie el tamaño de la fuente a 10 puntos. Evite el uso de negritas o subrayados.
- Los manuscritos debe llevar el siguiente orden: título, resumen y palabras clave, abstract y key words, introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones (optativo), agradecimientos (optativo) y bibliografía. Seguidamente, presente una página con la lista de tablas, figuras y anexos. Finalmente, incluya las tablas, figuras y anexos en archivos separadas, debidamente identificadas.
- Escriba los nombres científicos de géneros, especies y subespecies en *cursiva* (itálica). Proceda de la misma forma con los términos en latín (p. e. *sensu, et al.*). No subraye ninguna otra palabra o título. No utilice notas al pie de página.
- En cuanto a las abreviaturas y sistema métrico decimal, utilice las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI) recordando que siempre se debe dejar un espacio libre entre el valor numérico y la unidad de medida (p. e. 16 km, 23 °C). Para medidas relativas como m/seg., use m.seg¹.
- Escriba los números del uno al diez siempre con letras, excepto cuando preceden a una unidad de medida (p. e. 9 cm) o si se utilizan como marcadores (p. e. parcela 2, muestra 7).
- No utilice punto para separar los millares, millones, etc. Utilice la coma para separar en la cifra la parte entera de la decimal (p. e. 3,1416). Enumere las horas del día de 0:00 a 24:00.
- Exprese los años con todas las cifras sin demarcadores de miles (p. e. 1996-1998). En español los nombres de los meses y días (enero, julio, sábado, lunes) siempre se escriben con la primera letra minúscula, no así en inglés.
- Los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O (en inglés W), etc. La indicación correcta de coordenadas geográficas es como sigue: 02°37'53"N-56°28'53"W. La altitud geográfica se citará como se expresa a continuación: 1180 m s.n.m. (en inglés 1180 m a.s.l).
- Las abreviaturas se explican únicamente la primera vez que son usadas.
- Al citar las referencias en el texto mencione los apellidos de los autores en caso de que sean uno o dos, y el apellido del primero seguido por *et al.* cuando sean tres o más. Si menciona varias referencias, éstas deben ser ordenadas cronológicamente y separadas por comas (p. e. Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- RESUMEN: incluya un resumen de máximo 200 palabras, tanto en español o portugués como inglés.
- PALABRAS CLAVE: máximo seis palabras clave, preferiblemente complementarias al título del artículo, en español e inglés.

Agradecimientos

Opcional. Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la bibliografía. Evite títulos como Dr., Lic., TSU, etc.

Fotografías, figuras, tablas y anexos

Refiera las figuras (gráficas, diagramas, ilustraciones y fotografías) sin abreviación (p. e. Figura 3) al igual que las tablas (p. e. Tabla 1). Gráficos (p. e. CPUE anuales) y figuras (histogramas de tallas), preferiblemente en blanco y negro, con tipo y tamaño de letra uniforme. Deben ser nítidas y de buena calidad, evitando complejidades innecesarias (por ejemplo, tridimensionalidad en gráficos de barras); cuando sea posible use solo colores sólidos en lugar de tramas. Las letras, números o símbolos de las figuras deben ser de un tamaño adecuado de manera que sean claramente legibles una vez reducidas. Para el caso de las fotografías y figuras digitales es necesario que estas sean guardadas como formato tiff con una resolución de 300 dpi. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertarla.

Lo mismo aplica para las tablas y anexos, los cuales deben ser simples en su estructura (marcos) y estar unificados. Presente las tablas en archivo aparte (Excel), identificadas con su respectivo número. Haga las llamadas a pie de página de tabla con letras ubicadas como superíndice. Evite tablas grandes sobrecargadas de información y líneas divisorias o presentadas en forma compleja. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertar tablas y anexos.

Bibliografía

Contiene únicamente la lista de las referencias citadas en el texto. Ordénelas alfabéticamente por autores y cronológicamente para un mismo autor. Si hay varias referencias de un mismo autor(es) en el mismo año, añada las letras a, b, c, etc. No abrevie los nombres de las revistas. Presente las referencias en el formato anexo, incluyendo el uso de espacios, comas, puntos, mayúsculas, etc.

ARTÍCULO EN REVISTAS

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

LIBROS, TESIS E INFORMES TÉCNICOS

Libros: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 118 pp.

Tesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 160 pp.

Informes técnicos: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

Capítulo en libro o en informe: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Resumen en congreso, simposio, talleres: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

PÁGINAS WEB

No serán incluidas en la bibliografía, sino que se señalarán claramente en el texto al momento de mencionarlas.

Guidelines for authors

(humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota)

Manuscript preparation

Submitting a manuscript implies the explicit statement by the author(s) that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese and it is recommended not exceeding 40 pages (with paragraphs spaced at 1,5) including tables, figures and Annex. For special cases, the editor could consider publishing more extensive papers, monographs or symposium conclusions. New species descriptions for science, new geographic records and regional biodiversity lists are of particular interest for this journal.

Any word-processor program may be used for the text (Word is recommended). taxonomic list or any other type of table, should be prepared in spreadsheet application (Excel is recommended). To submit a manuscript must be accompanied by a cover letter which clearly indicate s:

1. Full names, mailing addresses and e-mail addresses of all authors. (Please note that email addresses are essential to direct communication).
2. The complete title of the article.
3. Names, sizes, and types of files provide.
4. A list of the names and addresses of at least three (3) reviewers who are qualified to evaluate the manuscript.

Evaluation

Submitted manuscript will have a peer review evaluation. Resulting in any of the following: a) *accepted* (in this case we assume that no change, omission or addition to the article is required and it will be published as presented.); b) *conditional acceptance* (the article is accepted and recommended to be published but it needs to be corrected as indicated by the reviewer); and c) *rejected* (when the reviewer considers that the contents and/or form of the paper are not in accordance with requirements of publication standards of *Biota Colombiana*).

Text

- The manuscript specifications should be the following: standard letter size paper, with 2.5 cm margins on all sides, 1.5-spaced and left-aligned (including title and bibliography).
- All text pages (with the exception of the title page) should be numbered. Pages should be numbered in the lower right corner.
- Use Times New Roman or Arial font, size 12, for all texts. Use size 10 text in tables. Avoid the use of bold or underlining. 40 pages maximum, including tables, figures and annex. For tables use size 10 Times New Roman or Arial Font (the one used earlier).
- The manuscripts must be completed with the following order: title, abstract and key words, then in Spanish Título, Resumen y Palabras claves. Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, conclusions (optional), acknowledgements (optional) and bibliography. Following include a page with the Table, Figure and Annex list. Finally tables, figures and annex should be presented and clearly identified in separate tables.
- Scientific names of genera, species and subspecies should be written in italic. The same goes for Latin technical terms (i.e sensu, *et al.*). Avoid the use of underlining any word or title. Do not use footnotes.
- As for abbreviations and the metric system, use the standards of the International System of Units (SI) remembering that there should always be a space between the numeric value and the measure unit (e.g., 16 km, 23 °C). For relative measures such as m/sec, use m.sec⁻¹.
- Write out numbers between one to ten in letters except when it precedes a measure unit (e.g., 9 cm) or if it is used as a marker (e.g., lot 9, sample 7).
- Do not use a point to separate thousands, millions, etc. Use a comma to separate the whole part of the decimal (e.g., 3,1416). Numerate the hours of the from 0:00 to 24:00. Express years with all numbers and without marking thousands (e.g., 1996-1998). In Spanish, the names of the months and days (enero, julio, sábado, lunes) are always written with the first letter as a lower case, but it is not this way in English.
- The cardinal points (north, south, east, and west) should always be written in lower case, with the exception of abbreviations N, S, E, O (in English NW), etc. The correct indication of geographic coordinates is as follows: 02°37'53"N-56°28'53"W. The geographic altitude should be cited as follows: 1180 m a.s.l.
- Abbreviations are explained only the first time they are used.

- When quoting references in the text mentioned author's last names when they are one or two, and et al. after the last name of the first author when there are three or more. If you mention many references, they should be in chronological order and separated by commas (e.g., Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- ABSTRACT: include an abstract of 200 words maximum, in Spanish, Portuguese or English.
- KEY WORDS: six key words maximum, complementary to the title.

Pictures, Figures, Tables and Annex

- Figures (graphics, diagrams, illustrations and photographs) without abbreviation (e.g. Figure 3) the same as tables (e.g., Table 1). Graphics and figures should be in black and white, with uniform font type and size. They should be sharp and of good quality, avoiding unnecessary complexities (e.g., three dimensions graphics). When possible use solid color instead of other schemes. The words, numbers or symbols of figures should be of an adequate size so they are readable once reduced. Digital figures must be sent at 300 dpi and in .tiff format. Please indicate in which part of the text you would like to include it.
- The same applies to tables and annexes, which should be simple in structure (frames) and be unified. Present tables in a separate file (Excel), identified with their respective number. Make calls to table footnotes with superscript letters above. Avoid large tables of information overload and fault lines or presented in a complex way. It is appropriate to indicate where in the text to insert tables and annexes.

Bibliography

References in bibliography contains only the list of references cited in the text. Sort them alphabetically by authors and chronologically by the same author. If there are several references by the same author(s) in the same year, add letters a, b, c, etc. Do not abbreviate journal names. Present references in the attached format, including the use of spaces, commas, periods, capital letters, etc.

JOURNAL ARTICLE

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

BOOK, THESIS, TECHNICAL REVIEWS

Book: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 118 pp.

Thesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 160 pp.

Technical reviews: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe

Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. 80 pp.

Book chapter or in review: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Symposium abstract: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

WEB PAGES

Not be included in the literature, but clearly identified in the text at the time of mention.

Guía para autores - Artículos de Datos

www.humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota-biotacol@humboldt.org.co

www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co

El objetivo de esta guía es establecer y explicar los pasos necesarios para la elaboración de un manuscrito con el potencial de convertirse en artículo de datos para ser publicado en la revista *Biota Colombiana*. En esta guía se incluyen aspectos relacionados con la preparación de datos y el manuscrito.

¿Qué es un artículo de datos?

Un artículo de datos o *Data Paper* es un tipo de publicación académica que ha surgido como mecanismo para incentivar la publicación de datos sobre biodiversidad, a la vez que es un medio para generar reconocimiento académico y profesional adecuado a todas las personas que intervienen de una manera u otra en la gestión de información sobre biodiversidad.

Los artículos de datos contienen las secciones básicas de un artículo científico tradicional. Sin embargo, estas se estructuran de acuerdo a un estándar internacional para metadatos (información que le da contexto a los datos) conocido como el *GBIF Metadata Profile (GMP)*¹. La estructuración del manuscrito con base en este estándar se da, en primer lugar, para facilitar que la comunidad de autores que publican conjuntos de datos a nivel global, con presencia en redes como la *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)* y otras redes relacionadas, puedan publicar fácilmente artículos de datos obteniendo el reconocimiento adecuado a su labor. En segundo lugar, para estimular que los autores de este tipo de conjuntos de datos que aún no han publicado en estas redes de información global, tengan los estímulos necesarios para hacerlo.

Un artículo de datos debe describir de la mejor manera posible el quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo de la toma y almacenamiento de los datos, sin llegar a convertirse en el medio para realizar un análisis exhaustivo de los mismos, como sucede en otro tipo de publicaciones académicas. Para profundizar en este

modelo de publicación se recomienda consultar a Chavan y Penev (2011)².

¿Qué manuscritos pueden llegar a ser artículos de datos?

Manuscritos que describan conjuntos de datos primarios y originales que contengan registros biológicos (captura de datos de la presencia de un(os) organismo(s) en un lugar y tiempo determinados); información asociada a ejemplares de colecciones biológicas; listados temáticos o geográficos de especies; datos genómicos y todos aquellos datos que sean susceptibles de ser estructurados con el estándar *Darwin Core*³ (DwC). Este estándar es utilizado dentro de la comunidad de autores que publican conjuntos de datos sobre biodiversidad para estructurar los datos y de esta manera poder consolidarlos e integrarlos desde diferentes fuentes a nivel global. No se recomienda someter manuscritos que describan conjuntos de datos secundarios, como por ejemplo compilaciones de registros biológicos desde fuentes secundarias (p.e. literatura o compilaciones de registros ya publicados en redes como GBIF o IABIN).

Preparación de los datos

Como se mencionó anteriormente los datos sometidos dentro de este proceso deben ser estructurados en el estándar DwC. Para facilitar su estructuración, el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia), ha creado dos plantillas en Excel, una para registros biológicos y otra para listas de especies. Lea y siga detenidamente las instrucciones de las plantillas para la estructuración de los datos a publicar. Para cualquier duda sobre el proceso de estructuración de estos datos por favor contactar al equipo coordinador del SiB Colombia (EC-SiB) en sib+iac@humboldt.org.co.

¹ Wieczorek, J. 2011. Perfil de Metadatos de GBIF: una guía de referencia rápida. *En:* Wieczorek, J. *The GBIF Integrated Publishing Toolkit User Manual*, version 2.0. Traducido y adaptado del inglés por D. Escobar. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 23p. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>.

² Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 12 (Suppl 15): S2.

³ TDWG. 2011. *Darwin Core*: una guía de referencia rápida. (Versión original producida por TDWG, traducida al idioma español por Escobar, D.; versión 2.0). Bogotá: SiB Colombia, 33 pp. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>

Preparación del manuscrito

Para facilitar la creación y estructuración del manuscrito en el estándar GMP, se cuenta con la ayuda de un editor electrónico (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) que guiará al autor en dicho proceso y que finalmente generará una primera versión del manuscrito. Se recomienda el uso del manual GMP, como una guía de la información a incluir en cada sección del manuscrito, junto con el anexo 1.

Pasos a seguir para la elaboración del manuscrito:

1. Solicite al correo sib+iac@humboldt.org.co el acceso al editor electrónico. El EC-SiB le asignará un usuario y contraseña.
2. Ingrese con su usuario y contraseña al editor electrónico, luego diríjase a la pestaña *Gestión de recursos* y cree un nuevo recurso asignando un nombre corto a su manuscrito usando el formato “AcrónimoDeLaInstitución_año_tipoDeConjuntoDeDatos”, p.e. ABC_2010_avestinije y dar clic en el botón crear.
3. En la vista general del editor seleccione “editar” en la pestaña *Metadatos* (por favor, no manipule ningún otro elemento), allí encontrará diferentes secciones (panel derecho) que lo guiarán en la creación de su manuscrito. Guarde los cambios al finalizar cada sección, de lo contrario perderá la información. Recuerde usar el manual GMP. A continuación se presentan algunas recomendaciones para la construcción del manuscrito. Las secciones se indican en MAYUSCULAS y los elementos de dichas secciones en **negrilla**.
 - En PARTES ASOCIADAS incluya únicamente aquellas personas que no haya incluido en INFORMACIÓN BÁSICA.
 - Los DATOS DEL PROYECTO y DATOS DE LA COLECCIÓN son opcionales según el tipo de datos. En caso de usar dichas secciones amplíe o complemente información ya suministrada, p. ej. no repita información de la **descripción** (COBERTURA GEOGRÁFICA) en la **descripción del área de estudio** (DATOS DEL PROYECTO).
 - De igual manera, en los MÉTODOS DE MUESTREO, debe ampliar o complementar información, no repetirla. La información del **área de estudio** debe dar un contexto específico a la metodología de muestreo.
 - Es indispensable documentar el **control de calidad** en MÉTODOS DE MUESTREO. Aquí se debe describir que herramientas o protocolos se utilizaron para garantizar la calidad y coherencia de los datos estructurados con el estándar DwC.

- Para crear la **referencia del recurso**, en la sección REFERENCIAS, utilice uno de los dos formatos propuestos (Anexo 2). No llene el **identificador de la referencia**, este será suministrado posteriormente por el EC-SiB.
- Para incluir la bibliografía del manuscrito en **referencias**, ingrese cada una de las citas de manera individual, añadiendo una nueva referencia cada vez haciendo clic en la esquina inferior izquierda.

4. Rectifique que el formato de la información suministrada cumpla con los lineamientos de la revista (p. ej. abreviaturas, unidades, formato de números etc.) en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.
5. Una vez incluida y verificada toda la información en el editor electrónico notifique al EC-SiB al correo electrónico sib+iac@humboldt.org.co, indicando que ha finalizado la edición del manuscrito. Adicionalmente adjunte la plantilla de Excel con los datos estructurados (elimine todas las columnas que no utilizó). El EC-SiB realizará correcciones y recomendaciones finales acerca de la estructuración de los datos y dará las instrucciones finales para que usted proceda a someter el artículo.

Someter el manuscrito

Una vez haya terminado la edición de su manuscrito y recibido las instrucciones por parte del EC-SiB, envíe una carta al correo electrónico biotacol@humboldt.org.co para someter su artículo, siguiendo las instrucciones en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.

Recuerde adjuntar:

- Plantilla de Excel con la última versión de los datos revisada por el EC-SiB.
- Documento de Word con las figuras y tablas seguidas de una lista las mismas.

Cuando finalice el proceso, sus datos se harán públicos y de libre acceso en los portales de datos del SiB Colombia y GBIF. Esto permitirá que sus datos estén disponibles para una audiencia nacional e internacional, manteniendo siempre el crédito para los autores e instituciones asociadas.

Anexo 1. Estructura base de un artículo de datos y su correspondencia con el editor electrónico basado en el GMP.

| SECCIÓN/SUBSECCIÓN | CORRESPONDENCIA CON LOS ELEMENTOS DEL EDITOR ELECTRÓNICO |
|-----------------------------------|--|
| TÍTULO | Derivado del elemento título . |
| AUTORES | Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas . |
| AFILIACIONES | Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas . De estos elementos, la combinación de organización, dirección, código postal, ciudad, país y correo electrónico , constituyen la afiliación. |
| AUTOR DE CONTACTO | Derivado de los elementos creador del recurso y proveedor de los metadatos. |
| CITACIÓN | Para uso de los editores. |
| CITACIÓN DEL RECURSO | Derivada del elemento referencia del recurso . |
| RESUMEN | Derivado del elemento resumen . Máximo 200 palabras. |
| PALABRAS CLAVE | Derivadas del elemento palabras clave . Máximo seis palabras. |
| ABSTRACT | Derivado del elemento abstract . Máximo 200 palabras. |
| KEY WORDS | Derivadas del elemento key words . Máximo seis palabras. |
| INTRODUCCIÓN | Derivado del elemento propósito (de las secciones Introducción y Antecedentes). Se sugiere un breve texto para introducir las siguientes secciones. Por ejemplo, historia o contexto de la colección biológica o proyecto en relación con los datos descritos, siempre y cuando no se repita información en las subsecuentes secciones. |
| Datos del proyecto | Derivada de los elementos de la sección Datos del proyecto: título, nombre, apellido, rol, fuentes de financiación, descripción del área de estudio y descripción del proyecto . |
| Cobertura taxonómica | Derivada de los elementos de la sección Cobertura taxonómica: descripción, nombre científico, nombre común y categoría . |
| Cobertura geográfica | Derivada de los elementos de la sección Cobertura geográfica: descripción, latitud mínima, latitud máxima, longitud mínima, longitud máxima . |
| Cobertura temporal | Derivada de los elementos de la sección Cobertura temporal: tipo de cobertura temporal . |
| Datos de la colección | Derivada de los elementos de la sección Datos de la colección: nombre de la colección, identificador de la colección, identificador de la colección parental, método de preservación de los especímenes y unidades curatoriales . |
| MATERIAL Y MÉTODOS | Derivado de los elementos de la sección Métodos de muestreo: área de estudio, descripción del muestreo, control de calidad, descripción de la metodología paso a paso . |
| RESULTADOS | |
| Descripción del conjunto de datos | Derivado de los elementos de las secciones Discusión y Agradecimientos, contiene información del formato de los datos y metadatos: nivel de jerarquía, fecha de publicación y derechos de propiedad intelectual . |
| DISCUSIÓN | Se deriva del elemento discusión . Un texto breve (máximo 500 palabras), que puede hacer referencia a la importancia, relevancia, utilidad o uso que se le ha dado o dará a los datos en publicaciones existentes o en posteriores proyectos. |
| AGRADECIMIENTOS | Se deriva del elemento agradecimientos . |
| BIBLIOGRAFÍA | Derivado del elemento bibliografía . |

Anexo 2. Formatos para llenar el elemento referencia del recurso.

La referencia del recurso es aquella que acompañará los datos descritos por el artículo, públicos a través de las redes SiB Colombia y GBIF. Tenga en cuenta que esta referencia puede diferir de la del artículo. Para mayor información sobre este elemento contacte al EC-SiB. Aquí se sugieren dos formatos, sin embargo puede consultar otros formatos establecidos por GBIF⁴.

| TIPO DE RECURSO | PLANTILLA | EJEMPLO |
|--|---|--|
| El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de un proyecto de carácter institucional o colectivo con múltiples participantes. | <Institución publicadora/ Grupo de investigación> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>. <Número total de registros>, <aportados por:> <parte asociada 1 (rol), parte asociada 2 (rol) (...)>. <En línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA>. | Centro Nacional de Biodiversidad (2013). Vertebrados de la cuenca de la Orinoquia. 1500 registros, aportados por Pérez, S. (Investigador principal, proveedor de contenidos, proveedor de metadatos), M. Sánchez (Procesador), D. Valencia (Custodio, proveedor de metadatos), R. Rodríguez (Procesador), S. Sarmiento (Publicador), V. B. Martínez (Publicador, editor). En línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , publicado el 01/09/2013. |
| El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de una iniciativa personal o de un grupo de investigación definido. | <Parte asociada 1, parte asociada 2 (...)> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>, <Número total de registros>, <en línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA> | Valencia, D., R. Rodríguez y V. B. Martínez (2013). Vertebrados de la cuenca del Orinoco. 1500 registros, en línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin . Publicado el 01/09/2001. |

Guidelines for authors - Data Papers

www.humboldt.org.co/es/biblioteca/publicaciones/biota-biotacol@humboldt.org.co | [www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co](mailto:sib+iac@humboldt.org.co)

The purpose of this guide is to establish and explain the necessary steps to prepare a manuscript with the potential to become a publishable data paper in Biota Colombiana. This guide includes aspects related to the preparation of both data and the manuscript.

What is a Data Paper?

A data paper is a scholarly publication that has emerged as a mechanism to encourage the publication of biodiversity data as well as an approach to generate appropriate academic and professional recognition to all those involved in the management of biodiversity information.

A data paper contains the basic sections of a traditional scientific paper. However, these are structured according to an international standard for metadata (information that gives context to the data)

known as the *GBIF Metadata Profile* (GMP)⁵. The structuring of the manuscript based on this standard enables the community of authors publishing datasets globally, with presence in networks such as the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) and other related networks, to publish data easily while getting proper recognition for their work and to encourage the authors of this type of data sets that have not yet published in these global information networks to have the necessary incentives to do so.

A data paper should describe in the best possible way the Whom, What, Where, When, Why and How of documenting and recording of data, without becoming the instrument to make a detailed analysis of the data, as happens in other academic publications. To deepen this publishing model, it is recommended to consult Chavan & Penev (2011)⁶.

⁴ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan), Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

⁵ GBIF (2011). GBIF Metadata Profile, Reference Guide, Feb 2011, (contributed by O Tuama, E., Braak, K., Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 19 pp. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_metadata_profile_how-to_en_v1.

⁶ Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. BMC Bioinformatics 12 (Suppl 15): S2.

Which manuscripts are suitable for publication as data paper?

Manuscripts that describe datasets containing original primary biological records (data of occurrences in a particular place and time); information associated with specimens of biological collections, thematic or regional inventories of species, genomic data and all data likely to be structured with the standard *Darwin Core Darwin Core*⁷ (DwC). This standard is used in the community of authors publishing biodiversity datasets to structure the data and thus to consolidate and integrate from different sources globally. It is not recommended to submit manuscripts describing secondary datasets, such as biological records compilations from secondary sources (e.g. literature or compilations of records already published in networks such as GBIF or IABIN).

Dataset preparation

As mentioned above data submitted in this process should be structured based on DwC standard. For ease of structuring, the Biodiversity Information System of Colombia (SiB Colombia), created two templates in Excel; one for occurrences and other for species checklist. Carefully read and follow the template instructions for structuring and publishing data. For any questions about the structure process of data please contact the Coordinator Team of SiB Colombia (EC-SiB) at sib+iac@humboldt.org.co

Manuscript preparation

To assist the creation and structuring of the manuscript in the GMP standard, an electronic writing tool is available (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) to guide the author in the process and ultimately generate a first version of the manuscript. The use of GMP manual as an information guide to include in each section of the manuscript, as well as the annex 1 is recommended.

Steps required for the manuscript preparation:

- 1 Request access to the electronic writing tool at sib+iac@humboldt.org.co. The EC-SiB will assign a username and password.
2. Login to the electronic writing tool, then go to the tab Manage Resources and create a new resource by assigning a short name for your manuscript and clicking on the Create button. Use the format: "InstitutionAcronym_Year_DatasetFeature", e.g. NMNH_2010_rainforestbirds.
3. In the overview of the writing tool click on edit in Metadata section (please, do not use any other section), once there you will find different sections (right panel) that will guide you creating your manuscript. Save the changes at the end of each section, otherwise you will lose the information. Remember to use the GMP manual. Here are some recommendations for editing the metadata, sections are indicated in CAPS and the elements of these sections in **bold**.

- In ASSOCIATED PARTIES include only those who are not listed in BASIC INFORMATION.
 - PROJECT DATA and COLLECTION DATA are optional depending on the data type. When using these sections extend or complement information already provided, i.e. do not repeat the same information describing the **description** (GEOGRAPHIC COVERAGE) in the **study area description** (PROJECT DATA).
 - Likewise, in SAMPLING METHODS, you must expand or complete the information, not repeat it. The information in **study extent** should give a specific context of the sampling methodology.
 - It is essential to document the **quality control** in SAMPLING METHODS. Here you should describe what tools or protocols were used to ensure the quality and consistency of data structured with DwC standard.
 - To create the **resource citation** in the CITATIONS section, follow one of the two formats proposed (Annex 2). Do not fill out the **citation identifier**, this will be provided later by the EC-SiB.
 - To include the manuscript bibliography in **citations**, enter each of the citations individually, adding a new citation each time by clicking in the bottom left.
4. Check that the format of the information provided meets the guidelines of the journal (e.g. abbreviations, units, number formatting, etc.) in the *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.
 5. Once included and verified all information in the writing tool, notify to EC-SiB at sib+iac@humboldt.org.co, indicating that you have finished editing the manuscript. Additionally attach the Excel template with structured data (remove all columns that were not used). The EC-SiB will perform corrections and final recommendations about the structure of the data and give you the final instructions to submit the paper.

Submit the manuscript

Once you have finished editing your manuscript and getting the instructions from EC-SIB, send a letter submitting your article to email biotacol@humboldt.org.co, following the instructions of *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.

Remember to attach:

- Excel template with the latest version of the data reviewed by the EC-SiB.
- Word document with figures and tables followed by a list of them.

At the end of the process, your information will be public and freely accessible in the data portal of SiB Colombia and GBIF. This will allow your data to be available for national and international audience, while maintaining credit to the authors and partner institutions.

⁷ Biodiversity Information Standards – TDWG. Accesible at <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/>

Annex 1. Basic structure of a data paper and its mapping to the writing tool elements based on GM.

| SECTION/SUB-SECTION HEADING | MAPPING WITH WRITING TOOL ELEMENTS |
|--------------------------------|--|
| TITLE | Derived from the title element. |
| AUTHORS | Derived from the resource creator, metadata provider, and associated parties elements. |
| AFFILIATIONS | Derived from the resource creator, metadata provider and associated parties elements. From these elements combinations of organization, address, postal code, city, country and email constitute the affiliation. |
| CORRESPONDING AUTHOR | Derived from the resource contact, metadata provider elements. |
| CITATION | For editors use. |
| RESOURCE CITATION | Derived from the resource citation element. |
| RESUMEN | Derived from the resumen element. 200 words max. |
| PALABRAS CLAVE | Derived from the palabras clave element. 6 words max. |
| ABSTRACT | Derived from the abstract element. 200 words max. |
| KEY WORDS | Derived from the key words element. 6 words max. |
| INTRODUCTION | Derived from the purpose (Introduction and Background section). A short text to introduce the following sections is suggested. For example, history or context of the biological collection or project related with the data described, only if that information is not present in subsequent sections. |
| Project data | Derived from elements title, personnel first name, personnel last name, role, funding, study area description, and design description. |
| Taxonomic Coverage | Derived from the taxonomic coverage elements: description, scientific name, common name and rank. |
| Geographic Coverage | Derived from the geographic coverage elements: description, west, east, south, north. |
| Temporal Coverage | Derived from the temporal coverage elements: temporal coverage type. |
| Collection data | Derived from the collection data elements: collection name, collection identifier, parent collection identifier, specimen preservation method and curatorial units. |
| MATERIALS AND METHODS | Derived from the sampling methods elements: study extent, sampling description, quality control and step description. |
| RESULTS | |
| Description of dataset | Derived from the discussion and acknowledgments, contains information about the format of the data and metadata: hierarchy level, date published and ip rights. |
| DISCUSSION | Derived from the discussion element. A short text (max 500 words), which can refer to the importance, relevance, usefulness or use that has been given or will give the data in the published literature or in subsequent projects. |
| ACKNOWLEDGMENTS | Derived from the acknowledgments element. |
| BIBLIOGRAPHY | Derived from the citations element. |