

Estructura y composición de la vegetación arbórea y arbustiva en dos localidades del cañón del  
Chicamocha, Santander, Colombia.

Jorge Enrique Parra Jaimes

Trabajo de Grado para Optar al Título de Biólogo

Director

Jhon Alexander Mantilla Carreño

Biólogo

Codirector

Andrés Felipe Castaño González

Dr. en Biología Vegetal

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2022

### **Dedicatoria**

A mi madre, Nayiver Jaimes Hernández, quien fue mi compañía y mi apoyo emocional, me alivió cargas para poder continuar y culminar mi carrera universitaria.

A mi padre, Angel Parra, quien con su trabajo arduo me apoyó y me permitió realizar mis estudios.

A mis abuelos Efigenio Jaimes y Nelly Hernández, quienes son mi ejemplo para seguir y mi más grande apoyo.

A mis amigos del barrio, universidad y colegio que todo el tiempo me compartieron risas, apoyo y recuerdos llenos de ocio y diversión.

### **Agradecimientos**

A las personas del Cañón del Chicamocha por su amabilidad y colaboración durante las salidas de campo.

A mi familia por su esfuerzo infinito.

A mis docentes de la escuela de biología quienes me formaron para ser un profesional integro e independiente.

A mí director Jhon Alexander Mantilla por compartir sus conocimientos conmigo y apoyarme en campo.

A mí Codirector y director del Herbario UIS Felipe Castaño por confiar en mí y encaminarme hacia el estudio de la flora de Santander.

Al grupo de estudios en biodiversidad GEBIO y al personal asociado al Herbario UIS.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1. Objetivos .....	14
1.1. Objetivo General .....	14
1.2. Objetivos Específicos .....	14
2. Competencias .....	15
3. Marco de referencia .....	16
3.1. Estudios de la vegetación en Colombia: Composición y estructura .....	16
3.2. Bosque seco tropical (BsT) en Colombia .....	17
4. Metodología .....	19
4.1. Área de estudio .....	19
4.2. Inventario de la vegetación, determinación taxonómica y herborización.....	22
4.3. Análisis de datos .....	23
4.3.1. Ordenamiento y limpieza de datos.....	23
4.3.2. Composición florística .....	23
4.3.3. Estructura florística.....	23
4.3.4. Diversidad florística.....	24
5. Resultados .....	24
5.1. Composición florística .....	24
5.1.1. Chocó .....	25
5.1.2. Umpalá.....	33

5.2. Estructura de la vegetación .....	40
5.2.1. Estructura vertical .....	40
5.2.2. Estructura horizontal .....	40
5.2.3. Índice de importancia ecológica .....	44
5.3. Diversidad .....	53
5.4. Disimilitud entre sitios .....	58
6. Discusión.....	61
6.1. Composición florística .....	61
6.2. Estructura de la vegetación .....	61
6.3. Diversidad .....	63
6.4. Especies amenazadas y endémicas .....	65
7. Conclusiones .....	66
Referencias bibliográficas.....	67

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. IVI especies Chocoa .....	45
Tabla 2. IVI familias Chocoa.....	46
Tabla 3. IVI especies Umpalá.....	49
Tabla 4. IVI familias Umpalá .....	50
Tabla 5. Resultado números de Hill con iNEXT .....	54

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de la localidad de Chocoa.....	20
Figura 2. Mapa de la localidad de Umpalá .....	21
Figura 3. Familias con mayor abundancia: Chocoa.....	26
Figura 4. Géneros con mayor abundancia: Chocoa .....	27
Figura 5. Especies con mayor abundancia: Chocoa.....	28
Figura 6. Familias con mayor número de géneros: Chocoa.....	29
Figura 7. Géneros con mayor riqueza de especies: Chocoa.....	30
Figura 8. Familias con mayor riqueza de especies: Chocoa .....	31
Figura 9. Familias con mayor abundancia: Umpalá .....	33
Figura 10. Géneros con mayor abundancia: Umpalá.....	34
Figura 11. Especies con mayor abundancia: Umpalá .....	35
Figura 12. Familias con mayor número de géneros: Umpalá .....	36
Figura 13. Familias con mayor riqueza de especies: Umpalá.....	37
Figura 14. Géneros con mayor riqueza de especies: Umpalá .....	38
Figura 15. Boxplot de altura .....	41
Figura 16. Boxplot de área basal.....	42
Figura 17. Barplot IVI especies Chocoa .....	46
Figura 18. Barplot IVI familias Chocoa .....	47
Figura 19. Barplot IVI especies Umpalá.....	50
Figura 20. Barplot IVI familias Umpalá.....	51

Figura 21. Curva de acumulación de especies .....	54
Figura 22. Extrapolación de cobertura de muestreo .....	55
Figura 23. Curvas de Interpolación/extrapolación.....	56
Figura 24. Análisis de componentes principales (PCoA).....	58
Figura 25. Especies que influyen en el ordenamiento .....	59

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Composición de especies en Chocó.....	75
Apéndice B. Composición de especies en Umpalá.....	75

## Resumen

**Título:** Estructura y composición de la vegetación arbórea y arbustiva en dos localidades del cañón del Chicamocha, Santander, Colombia\*

**Autor:** Jorge Enrique Parra Jaimes\*\*

**Palabras Clave:** Bosque seco tropical, Diversidad, IVI, *Zamia encephalartoides*

**Descripción:** El bosque seco tropical (BsT) posee unas condiciones ambientales muy contrastantes. En Colombia se extiende sobre las tierras bajas y sobre los valles de ríos como el Magdalena, Cauca y Chicamocha. Ha soportado asentamientos humanos y el desarrollo de actividades como la agricultura, ganadería, minería y extracción de madera que lo han llevado a ser el bosque tropical más amenazado. Biológicamente tiene un gran interés debido a su alto endemismo y diversidad sobre la cual hay un alto riesgo. Se realizó un estudio de composición y estructura florística en 2 fragmentos de BsT circundante a poblaciones de *Z. encephalartoides* localizadas en los municipios de Piedecuesta y Girón, departamento de Santander. Se aplicó la metodología RAP para muestrear un área total de 0,2 hectáreas donde se censaron 374 individuos con  $DAP \geq 2.5$  cm, pertenecientes a 31 familias, 68 géneros y 75 morfoespecies. Los resultados de composición, estructura y el índice de valor de importancia (IVI) permiten inferir que el bosque se encuentra en una sucesión temprana-intermedia principalmente debido a presiones antrópicas, pero también de origen natural. Es necesario aumentar los estudios en la zona con el fin de proponer planes de conservación y mantenimiento tanto para las coberturas vegetales como para las especies endémicas que allí habitan.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Biología. Director: Jhon Alexander Mantilla Carreño. Biólogo. Codirector: Andrés Felipe Castaño González. Doctor en Biología Vegetal.

### Abstract

**Title:** Structure and composition of tree and shrub vegetation in two localities of the Chicamocha canyon, Santander, Colombia\*

**Author(s):** Jorge Enrique Parra Jaimes\*\*

**Key Words:** Tropical dry forest, Diversity, IVI, *Zamia encephalartoides*

Description: The tropical dry forest (BsT) has very contrasting environmental conditions. In Colombia it extends over the lowlands and valleys of rivers such as the Magdalena, Cauca and Chicamocha. It has supported human settlements and the development of activities such as agriculture, cattle ranching, mining and timber extraction, which have made it the most threatened tropical forest. Biologically, it is of great interest due to its high endemism and diversity, which is at high risk. A study of floristic composition and structure was carried out in 2 fragments of BsT surrounding populations of *Z. encephalartoides* located in the municipalities of Piedecuesta and Girón, department of Santander. The RAP methodology was applied to sample a total area of 0.2 hectares where 374 individuals with  $DBH \geq 2.5$  cm, belonging to 31 families, 68 genera and 75 morphospecies were censused. The results of composition, structure and the importance value index (IVI) allow inferring that the forest is in an early-intermediate succession mainly due to anthropic pressures, but also of natural origin. It is necessary to increase studies in the area in order to propose conservation and maintenance plans for both the vegetation cover and the endemic species that inhabit it.

---

\* Degree Work

Faculty of Science. School of Biology. Biology. Director: Jhon Alexander Mantilla Carreño. Biologist. Coodirector: Andrés Felipe Castaño González. Ph.D Plant Biology.

## Introducción

El bosque seco tropical (BsT) es un bioma con unas condiciones climáticas muy variables haciendo que no haya un consenso sobre estas; un ejemplo de esto son las precipitaciones que oscilan entre 250 mm hasta 2000 mm (Holdridge, 1967; Espinal & Montenegro, 1977; Murphy & Lugo, 1986), la temperatura supera los 17 °C y la evapotranspiración supera la precipitación (Holdridge, 1967). La vegetación varía desde zonas con un porte bajo, con presencia de matorrales aromáticos espinosos y cardonales, hasta el otro extremo donde se presentan bosques con estructura de dosel caducifolios y bosques siempre verdes en sitios dónde las condiciones de disponibilidad de agua lo permiten, como en los bosques riparios (Dirzo et al., 2011; Pizano & Garcia, 2014). En Colombia el BsT se encuentra distribuido en zonas como la Costa Caribe, los Llanos Orientales, y en los valles del río Cauca, Magdalena y Chicamocha (Pizano & Garcia, 2014). Se estima que en el territorio colombiano permanecen alrededor de 1 millón de hectáreas de BsT que están en riesgo por el aumento de la población, expansión de la frontera agrícola, la ganadería, la minería y la provocación de incendios para la adecuación de terrenos (Miles et al., 2006), siendo de los bosques tropicales el más amenazado (Janzen, 1988).

El cañón del río Chicamocha presenta una extensión de BsT que ha soportado asentamientos humanos desde la época prehispánica, esto gracias a que brinda servicios ecosistémicos como fuentes hídricas y suelos fértiles que actualmente han permitido el desarrollo y extensión del pastoreo de principalmente ganado caprino y de cultivos como tabaco, café, cacao y algodón (Pardo & Moreno-Arias, 2018). A pesar de la intervención, los bosques que aún permanecen en el enclave del cañón del Chicamocha se mantienen gracias a que los terrenos

presentan una alta inclinación impidiendo el acceso y el establecimiento (Pizano & Garcia, 2014). Para la adecuación de terrenos, muchas hectáreas de este ecosistema han sido sometidas a la extracción de madera y quema indiscriminada, causando la erosión de los suelos, cambio drástico del paisaje y disminución de las coberturas vegetales (Valencia-Duarte et al., 2012; Albesiano et al., 2003).

Además de los servicios ecosistémicos, el BsT posee una gran importancia biológica, gracias a la variedad de suelos, humedad y vegetación que resulta en una alta diversidad beta y en un nivel de endemismo singularmente alto (Dirzo et al., 2011). *Zamia encephalartoides* D. W.Stev., especie endémica del BsT con poblaciones de distribución restringida (Stevenson, 2001), se encuentra en la categoría vulnerable (VU) Según la IUCN debido a la actividad humana y la consecuente pérdida de hábitat (López-Gallego, 2022). Para desarrollar planes de manejo y contar con una aproximación al estado de conservación de la especie es importante estudiar la vegetación circundante (Díaz-Pérez et al., 2011). Con la intención de contribuir a llenar este vacío de conocimiento, por medio de esta pasantía se propone realizar un estudio de la composición y estructura florística en fragmentos de BsT adyacentes a poblaciones de *Z. encephalartoides* en dos localidades del cañón del Chicamocha, departamento de Santander, Colombia.

## 1. Objetivos

### 1.1. Objetivo General

Caracterizar la composición y estructura de la vegetación asociada a *Z. encephalartoides* en dos localidades del cañón del Chicamocha, Santander, Colombia.

### 1.2. Objetivos Específicos

Estimar la abundancia y la riqueza de especies, géneros y familias.

Estimar la diversidad alfa y diversidad beta en el área de estudio.

Comparar los resultados obtenidos con estudios similares realizados en remanentes de bosque seco tropical en Colombia.

Generar una base de datos Darwin-Core para el sistema de información sobre la diversidad en Colombia.

## 2. Competencias

Elaborar inventarios de la vegetación mediante la aplicación correcta de técnicas de muestreo y toma de datos.

Realizar determinación taxonómica del material colectado mediante herramientas web, recursos bibliográficos y comparación con especímenes de herbario.

Analiza datos relacionados con diversidad y estructura a través del uso de software estadístico.

Maneja y publica bases de datos y metadatos en formato Darwin Core a partir de la inclusión de especímenes en el herbario (UIS).

### 3. Marco de referencia

#### 3.1. Estudios de la vegetación en Colombia: Composición y estructura

Los estudios basales de la vegetación en Colombia se realizaron con un enfoque paisajístico, es decir dejando de lado aspectos de la composición y estructura florística (Van der Hammen & Rangel, 1997). Cuatrecasas (1934) y Holdridge (1967) incluyeron aspectos relacionados con la composición y estructura, tal como la dominancia de especies, dando nombre a formaciones vegetales de los bosques tropicales y constituyendo una importante fuente de consulta (Van der Hammen & Rangel, 1997).

El primer paso para conocer la biodiversidad es identificar y estudiar las especies que la componen (Villareal et al., 2006). Un inventario florístico es la forma más directa y sencilla de conocer la diversidad vegetal de un lugar, esto se hace mediante el ordenamiento, catalogación y cuantificación de los caracteres de las especies allí presentes (Gaston, 1996; Villareal et al., 2006). Los inventarios de la vegetación son un soporte importante para la conservación de ecosistemas tropicales (Villareal et al., 2006), en este sentido se recopila información sobre la diversidad alfa o específica, diversidad beta o recambio de especies y datos de estructura. Esta información se debe tomar mediante la ejecución de metodologías efectivas y de rápida aplicación, que complementen los caracteres cualitativos y cuantitativos a tomar (Villareal et al., 2006). Gentry (1982) planteó una metodología de ejecución breve, la cual es de gran importancia y de amplio uso para el levantamiento de información florística en zonas de alta diversidad como los bosques neotropicales.

### 3.2. Bosque seco tropical (BsT) en Colombia

El bosque seco tropical es un ecosistema dinámico compuesto de ambientes variables, como resultado no hay un consenso sobre las variables climáticas que definen este ecosistema (IAVH, 1998). Según Holdridge (1967) y Murphy & Lugo (1986) la temperatura promedio anual es mayor o igual a 17°C, la precipitación anual oscila entre 250-2000 mm al año, y la evapotranspiración supera la precipitación. Bernal y colaboradores (2017) plantean una estacionalidad marcada por un periodo de sequía y uno de lluvias.

Se distribuye en las regiones tropicales a lo largo del mundo (Miles et al., 2006), la mitad de su área se encuentra en Suramérica siendo el 22% de sus áreas boscosas (IAVH, 1998), el resto está repartido en Centroamérica, África y Asia (Álvarez et al., 2012). La vasta extensión de estos bosques permite que sean un fuerte sumidero de CO<sub>2</sub> atmosférico (Álvarez et al., 2012), y este gran tamaño resulta en ambientes contrastantes con una diversidad beta singularmente alta, una distribución restringida de especies y un alto grado de especiación (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010). Esto hace que el BsT sea un reservorio genético valioso y un importante objetivo de conservación (Pizano & García, 2014). En Colombia debido a las glaciaciones y deshielo que se desarrollaron a lo largo del periodo cuaternario, se alternaron periodos de humedad y sequía que derivaron en la fragmentación y cambio de distribución de la vegetación existente (Pizano & García, 2014). Por consiguiente, en Colombia se generaron enclaves secos en la región del Caribe, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, los enclaves secos del norte de los Andes, valles de los ríos Dagua y Patía, y en el piedemonte de los Llanos Orientales (Etter, 1993), representando el 7% del territorio nacional (80.000 km<sup>2</sup>) (Pizano & García, 2014).

La vegetación puede tener un porte bajo como pastizales, matorrales espinosos y cardonales, hasta un porte más alto generando bosques de dosel en lugares con una alta disponibilidad hídrica de agua (Dirzo et al., 2011; Pizano & García, 2014). Las especies poseen adaptaciones xeromórficas como hojas compuestas con folíolos pequeños, corteza de los troncos lisa y presencia de espinas. Hay pocas especies de plantas epífitas, el estrato herbáceo del sotobosque es escaso y se presentan plantas suculentas como los cactus (IAVH, 1995). De acuerdo con Pizano y colaboradores (2014), en el bosque seco se han reportado alrededor de 2569 especies de plantas vasculares distribuidas en 1049 géneros y 180 familias. La familia más diversa es Fabaceae, seguida de Rubiaceae y Malvaceae. Los diferentes enclaves del BsT pueden diferir en las abundancias de las familias, géneros y especies, pero por lo general están compuestas por los mismos taxones (Albesiano & Fernández-Alonso, 2006; Figueroa et al., 2016; Ruíz-Vega & Saab, 2020; Vargas Rojas et al., 2021).

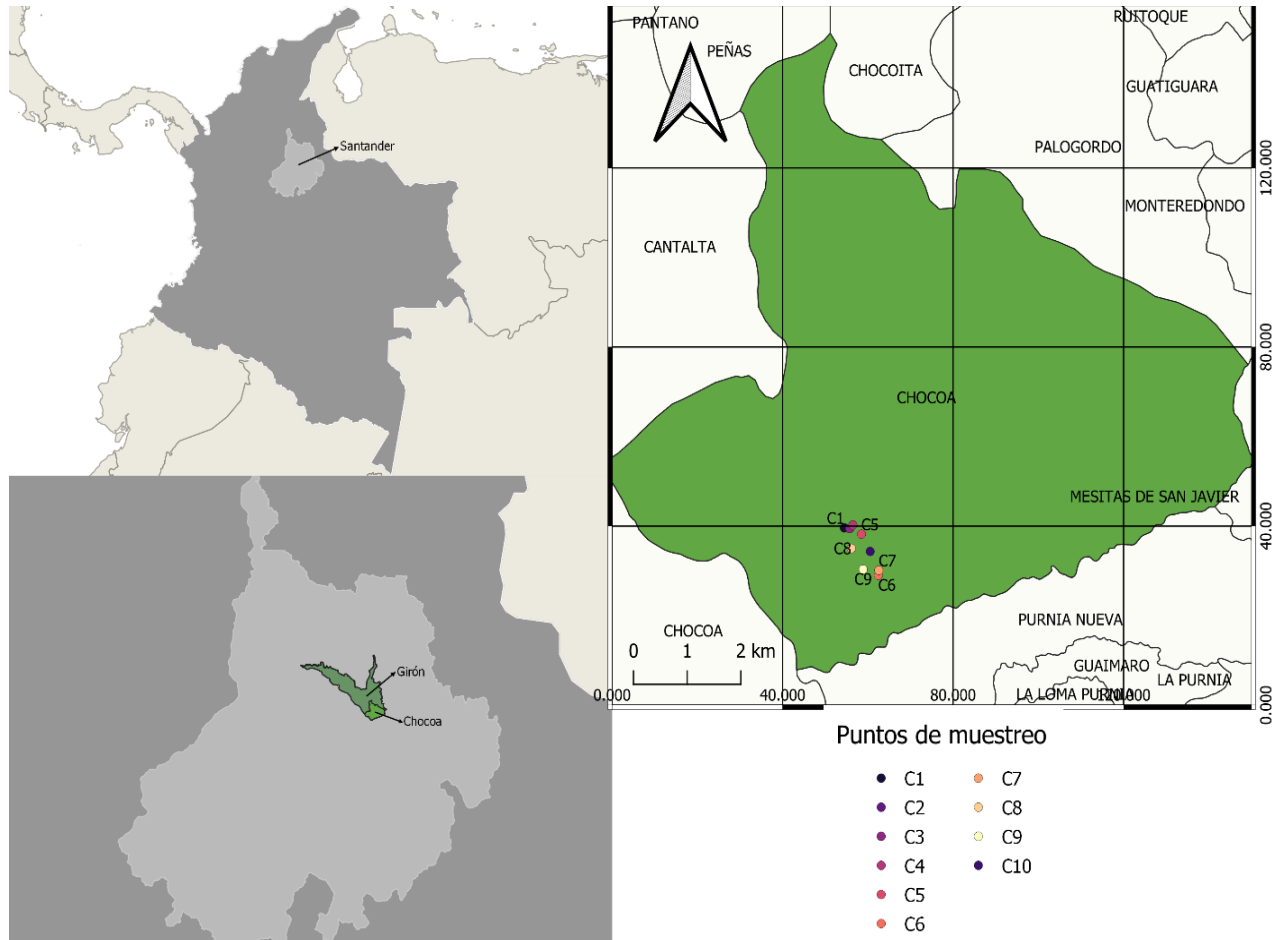
Históricamente el BsT ha soportado el establecimiento de poblaciones humanas gracias a que brinda una serie de servicios ecosistémicos necesarios para el desarrollo de estas, tales como fertilidad en los suelos para el desarrollo de cultivos, acceso a recursos hídricos, madera, belleza paisajística y una vasta área para ejercer la ganadería (Cárdenas-Camacho et al., 2021). Actualmente la expansión de la frontera agrícola, urbana y el aumento de la ganadería intensiva, la tala y la minería lo han convertido en uno de los ecosistemas más amenazados del planeta (Murphy & Lugo, 1986; Hoekstra et al, 2005; Pizano & García, 2014). Sumado a las amenazas anteriormente mencionadas, el BsT presenta una baja representatividad en áreas protegidas y es especialmente sensible al cambio climático (IAVH, 1998; Miles et al, 2006), esto compromete tanto a las especies que allí habitan como a los asentamientos humanos que se han desarrollado, siendo de gran relevancia su estudio y la conservación (Trejo & Dirzo, 2000; Yirdaw et al., 2017).

## 4. Metodología

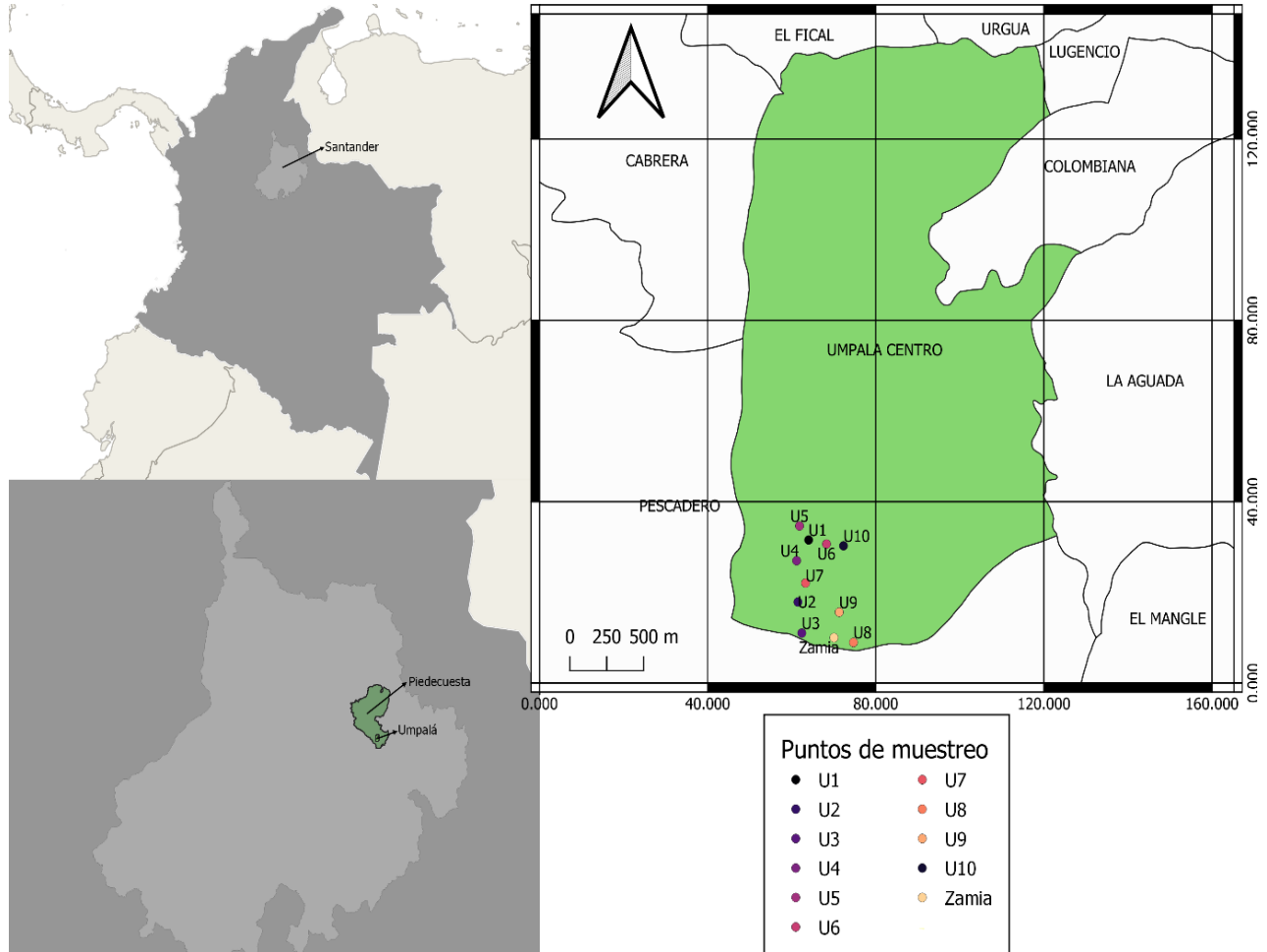
### 4.1. Área de estudio

Se seleccionaron dos sitios de estudio: el primero de ellos se ubicó en la vereda Chocóa, municipio de Girón, Santander, dentro de una localidad conocida como “El cañón de las iguanas”. Esta área se caracteriza por ser un ambiente xerofítico que presenta aún pequeños parches conservados de bosque seco. El segundo sitio se ubicó en el corregimiento de Umpalá, municipio de Piedecuesta, Santander. Contrario al primer sitio, este presenta una vegetación de porte bajo, compuesta principalmente por arbustos espinosos, plantas suculentas y aromáticas (Albesiano & Fernández-Alonso, 2006).

Ambas localidades se encuentran en el bosque seco correspondiente al enclave del cañón de Chicamocha, con vegetación xerofítica y subxerofítica (Cuatrecasas, 1989). Este ecosistema posee temperaturas entre 22°C y 26°C, y precipitaciones bajas de 800 a 1200 mm (Pardo & Moreno-Arias, 2018).

**Figura 1***Mapa de la localidad de Chocoa*

Nota: Cada transecto está etiquetado por la letra “C”. Mapa elaborado con QGIS gratuito y de código abierto.

**Figura 2***Mapa de la localidad Umpalá*

Nota: Cada transecto está etiquetado por la letra “U”, además se agregó un punto llamado “Zamia” en dónde se ubica la población de esta especie. Mapa elaborado con QGIS gratuito y de código abierto.

#### 4.2. Inventario de la vegetación, determinación taxonómica y herborización

El muestreo realizado en la localidad de Chocoa fue ejecutado entre los meses de julio y agosto del año 2021, mientras en la localidad de Umpalá se realizó a lo largo del mes de mayo del año 2022. En ambos sitios se utilizó un muestreo tipo RAP propuesto por Gentry (1982). Se muestrearon 0,2 hectáreas en total (0,1 hectáreas por sitio), realizando 10 transectos de 50x2 metros por localidad (cada uno de 100m<sup>2</sup>). Estos se ubicaron de manera aleatoria teniendo en cuenta la proximidad con las poblaciones de *Z. encephalartoides*. Cada transecto fue georreferenciado bajo el sistema de coordenadas WGS84.

Se tomaron muestras y datos de los individuos con un DAP mayor o igual a 2,5 cm, registrando los siguientes caracteres: hábito según Font-Quer (1985), altura total, altura fustal, diámetro de copa, circunferencia a la altura del pecho (CAP), fotografías y una descripción de las características particulares de cada individuo como fenología y coloración de los órganos para facilitar su posterior determinación. Las muestras se procesaron mediante las técnicas convencionales de herborización (Alexiades, 1996; Lot & Chiang, 1986).

La determinación taxonómica se realizó mediante la comparación con la colección de referencia del herbario UIS, e imágenes gratuitas a partir de bases de datos como *GBIF* (GBIF: The Global Biodiversity Information Facility, 2022), Tropicos (Tropicos.org, 2020), *World Flora Online* (WFO, 2022), Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Bernal et al., 2019) y Nombres Comunes de las Plantas de Colombia (Bernal *et al.*, 2017). Además, se utilizaron las claves taxonómicas de Gentry (1993), Parra (2014) y Mendoza y colaboradores (2004).

### 4.3. Análisis de datos

#### 4.3.1. Ordenamiento y limpieza de datos

Los datos se digitalizaron en una base de datos en formato .CSV en el *Software Microsoft Excel*. Para evitar errores de tipo nomenclatural, de ortografía y la presencia de duplicados, se incluyeron en el programa *Open-refine* para su ordenamiento y depuración (SiB Colombia, 2019). La base de datos se introdujo en el programa *Rstudio* en dónde se realizaron los posteriores análisis (R Core Team, 2020).

#### 4.3.2. Composición florística

La composición florística se representó a través de diagramas tipo *Barplot* de las especies, los géneros y las familias más representativas de cada localidad.

#### 4.3.3. Estructura florística

Mediante el uso de diagramas tipo *Boxplot* se representó la estructura florística. Para la estructura vertical se emplearon los datos de la variable altura total y para la estructura horizontal se calculó el área basal. Los datos se transformaron por medio de logaritmo en base 10 y para evaluar estadísticamente las dominancias y alturas obtenidas se realizó una prueba tipo ANOVA de una vía para cada variable. El índice de valor de importancia se calculó para las familias (IVIF) y las morfoespecies (IVIS) de cada una de las localidades. Esto se realizó a través del cálculo y sumatoria de los siguientes parámetros relativos: dominancia (área basal de cada especie respecto al área basal total), abundancia (número de individuos por especie respecto al número total) y frecuencia (número de transectos en los que se censó la especie con respecto al número de transectos totales) (Mateucci & Colma, 1982; Mostacedo & Fredericksen, 2000).

#### **4.3.4. Diversidad florística**

El cálculo de diversidad se realizó a través del paquete iNEXT del programa Rstudio, aplicando los números de Hill: riqueza de especies ( $q=0$ ), diversidad de Shannon ( $q=1$ ) y diversidad de Simpson ( $q=2$ ). Sumado a esto, mediante este paquete se graficaron curvas de interpolación/extrapolación, curva de acumulación de especies y curva de extrapolación para predecir el comportamiento de la riqueza y evaluar el esfuerzo del muestreo (Chao et al., 2014). Con el objetivo de observar la disparidad entre los puntos de muestreo se realizó un método de ordenamiento (PCoA) por medio del índice de disimilitud de Bray-Curtis (Ricotta & Podani, 2017). La significancia del ordenamiento se estimó a través de la aplicación de una PERMANOVA.

## **5. Resultados**

En total se censaron 374 individuos distribuidos en 31 familias botánicas, 68 géneros y 75 morfoespecies.

### **5.1. Composición florística**

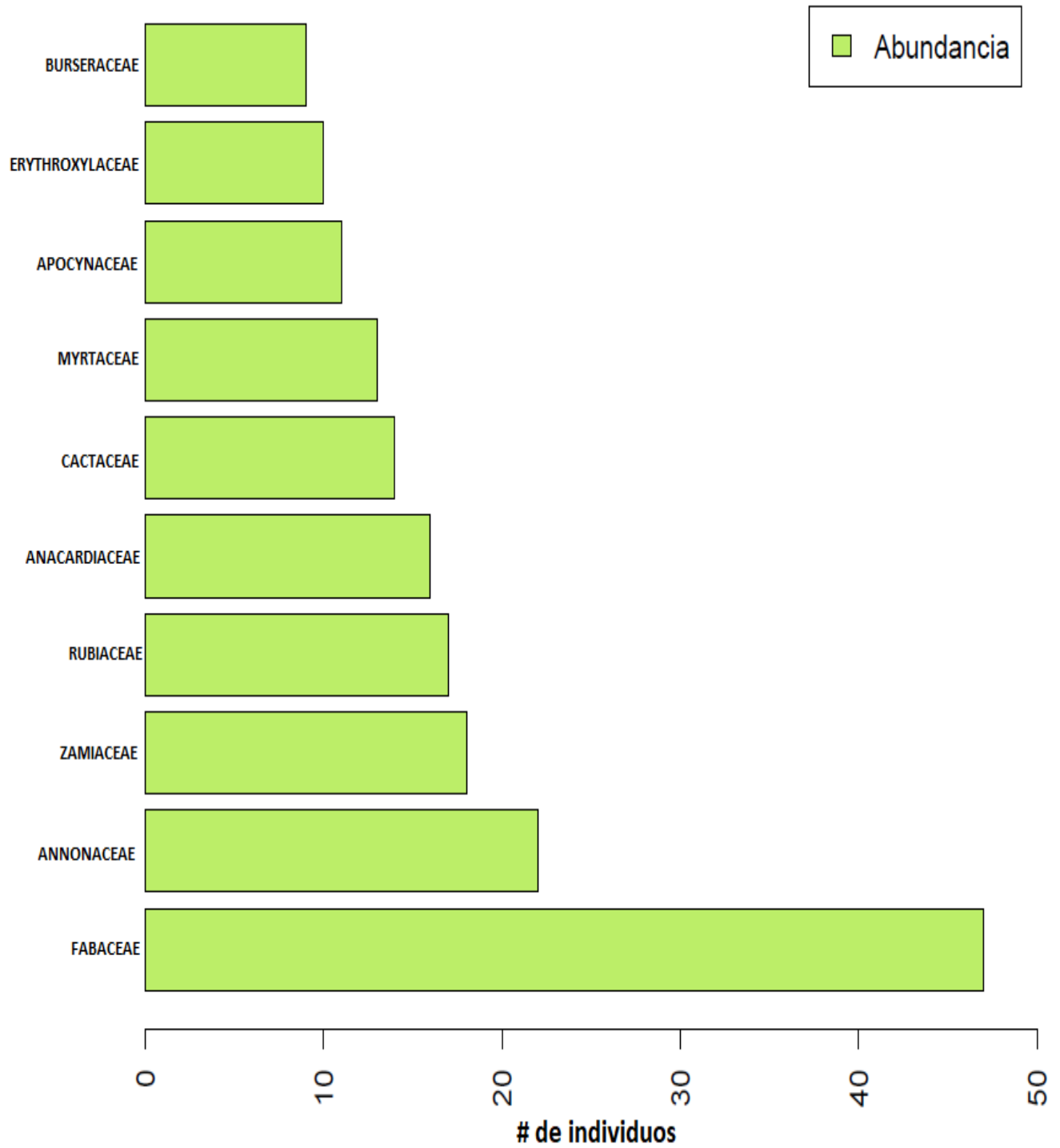
### 5.1.1. *Chocoa*

En el muestreo realizado en esta localidad se censaron 241 individuos distribuidos en 23 familias botánicas, 39 géneros y 44 morfoespecies. La familia más abundante fue Fabaceae (47=19,5%), seguida por Annonaceae (22=9,1%), Zamiaceae (18=7,5), Rubiaceae (17=7,1%), Anacardiaceae (16=6,6%) y Cactaceae (14=5,8%) (Figura 3). Los géneros más abundantes fueron *Platymiscium* (21=8,7%), *Oxandra* (18=7,5%), *Zamia* (18=7,5%), *Eugenia* (13=5,4%), *Cascabela* (11=4,6%) y *Erythroxylum* (10=4,1%) (Figura 4). Las especies más abundantes fueron *Platymiscium pinnatum* (21=8,7%), *Oxandra cf. lanceolata* (18=7,5%), *Zamia encephalartoides* (18=7,5%), *Cascabela thevetia* (11=4,6%), *Erythroxylum oxycarpum* (10=4,1%) y *Bursera simaruba* (9=4%) (Figura 5), dentro de las especies censadas el 15,9% tuvieron un solo individuo registrado.

Las familias con mayor número de géneros fueron Fabaceae (7=18%), Anacardiaceae (3=7,7%), Cactaceae (3=7,7%), Euphorbiaceae (3=7,7%), Rubiaceae (3=7,7%) y Annonaceae (2=5,1%), el resto de las familias sólo tuvieron un solo género representado (17=43,6%) (Figura 6). Las familias con mayor diversidad de especies fueron Fabaceae (7=16%), Anacardiaceae (3=6,8%), Cactaceae (3=6,8%), Euphorbiaceae (3=6,8%), Myrtaceae (3=6,8%) y Rubiaceae (3=6,8%) (Figura 7), el 52,2% restante tuvo una sola especie. Los géneros más diversos fueron *Eugenia* (3=6,8%), *Clusia* (2=4,5%), *Solanum* (2=4,5%) y *Zanthoxylum* (2=4,5%) (Figura 8), el resto de los géneros fueron representados por una única especie.

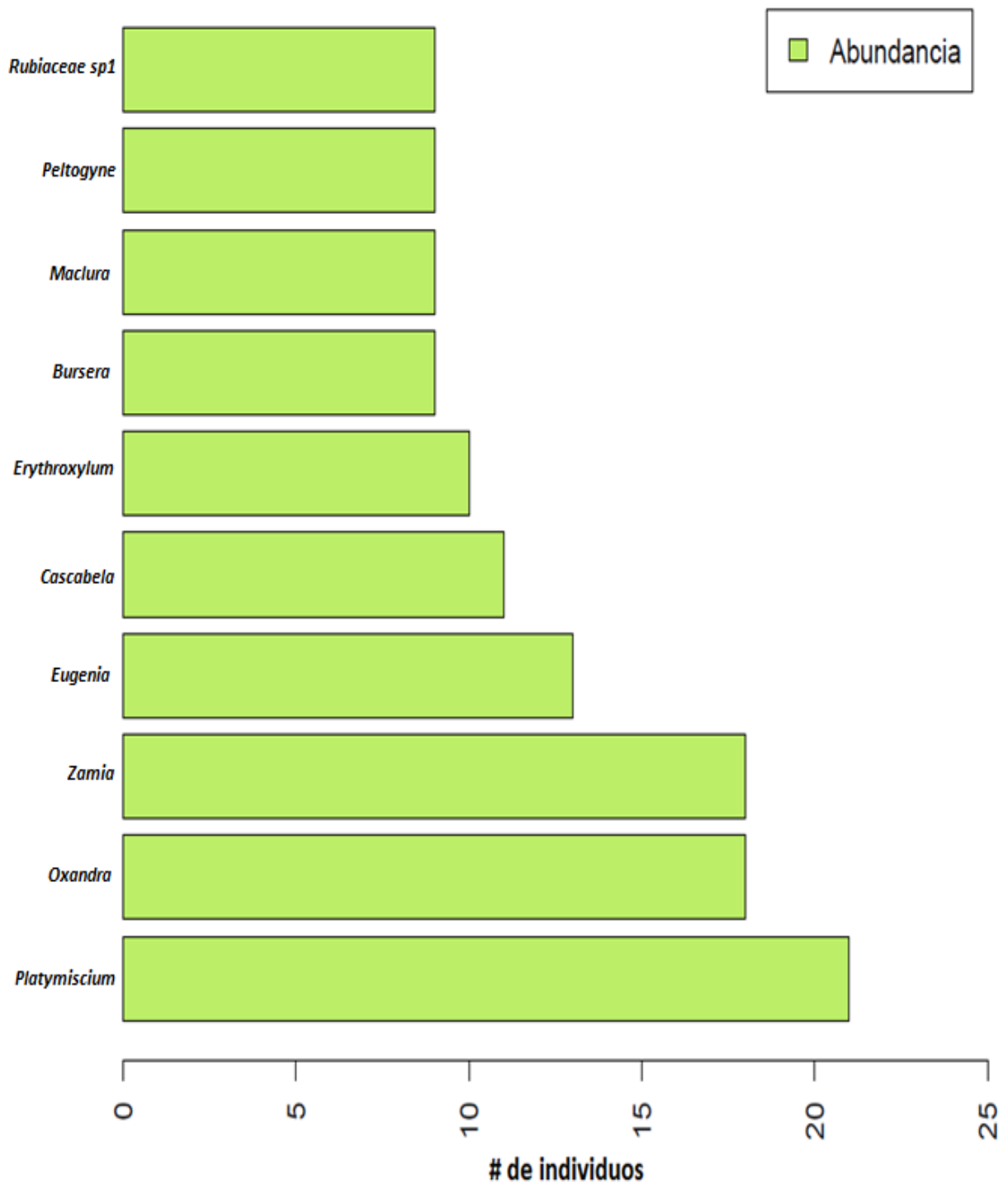
**Figura 3**

*Familias con mayor abundancia: Chocoma*



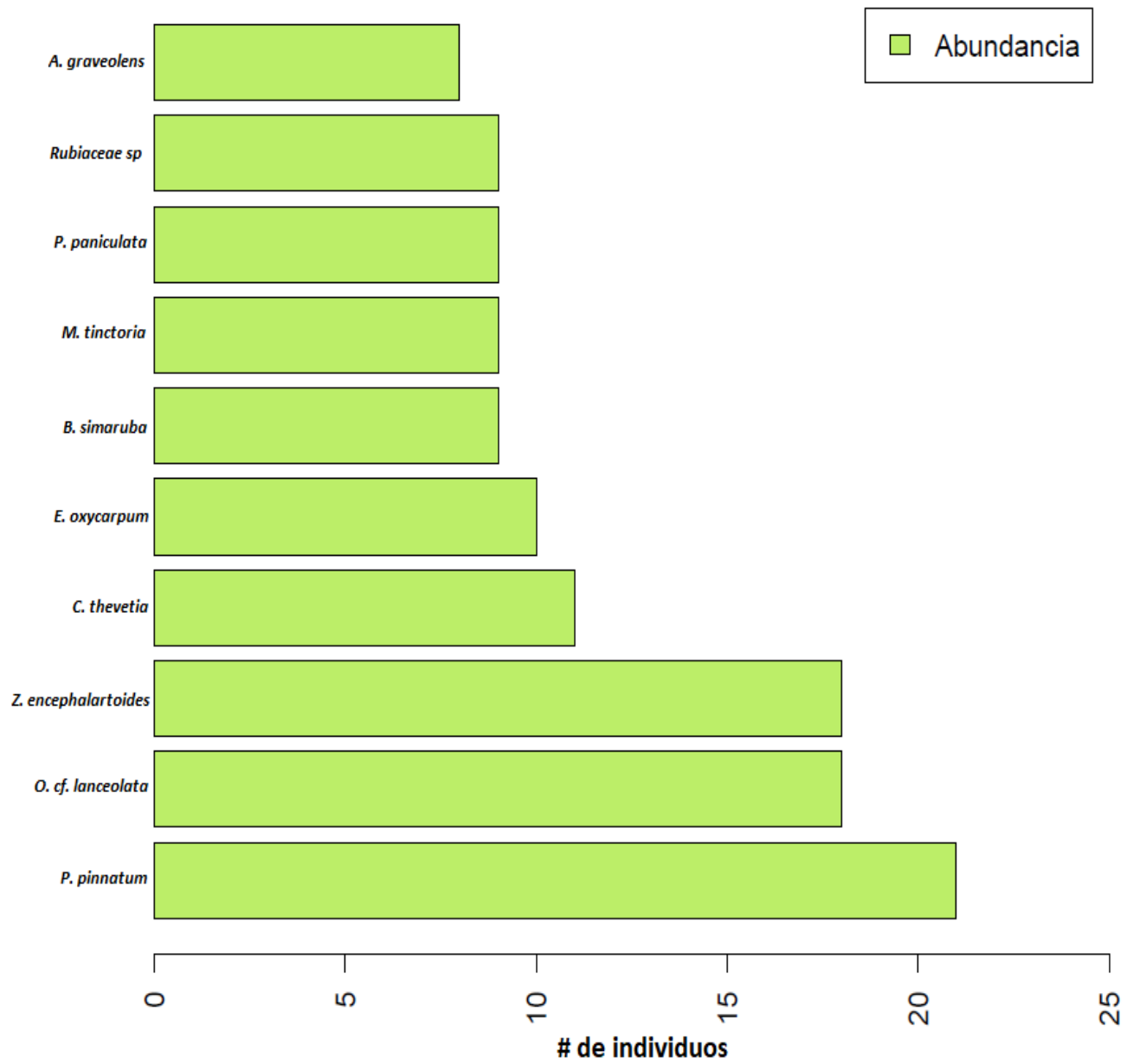
**Figura 4**

Géneros con mayor abundancia: Chocoma



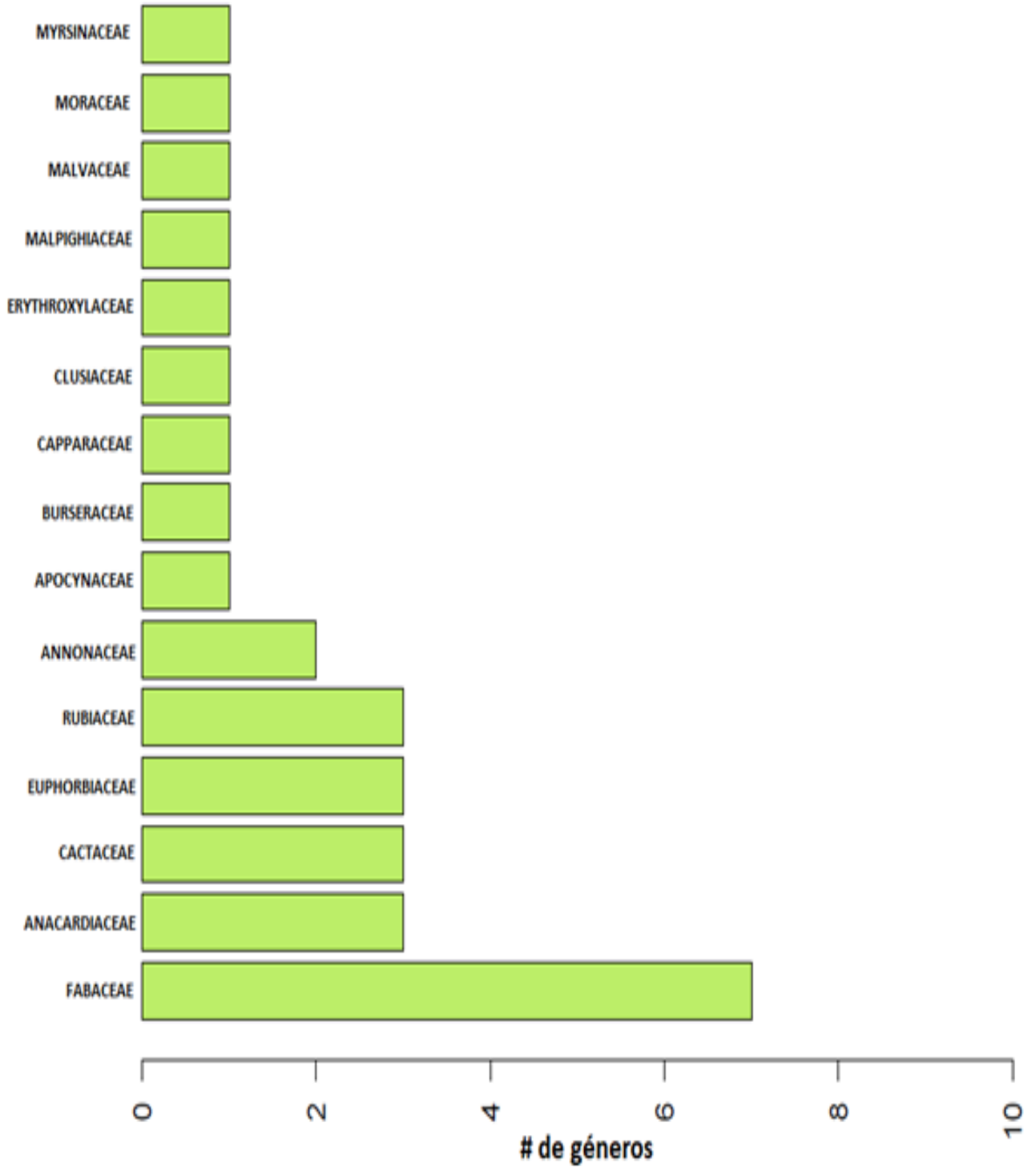
**Figura 5**

*Especies con mayor abundancia: Chocoma*



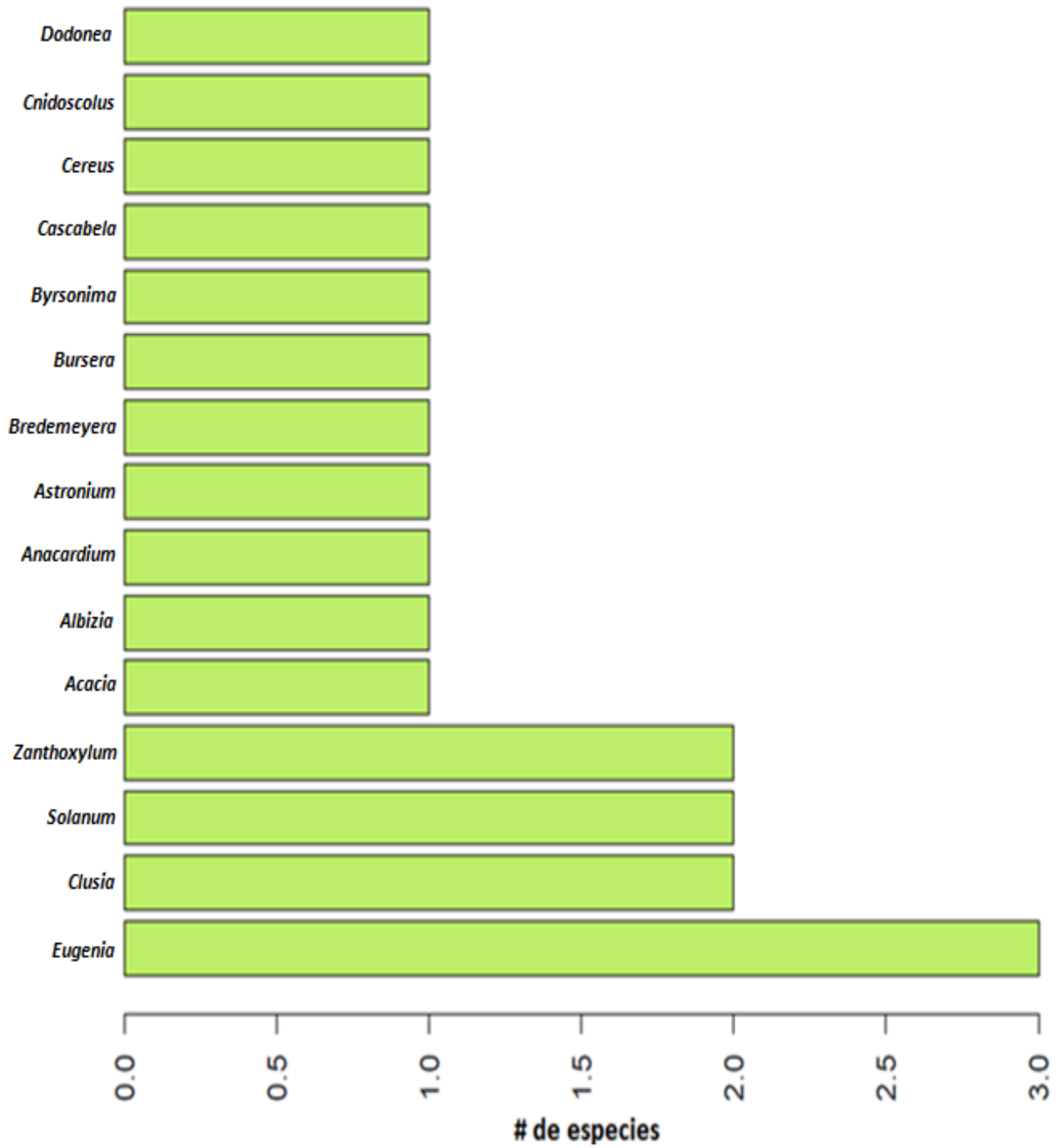
**Figura 6**

*Familias con mayor número de géneros: Chocoma*



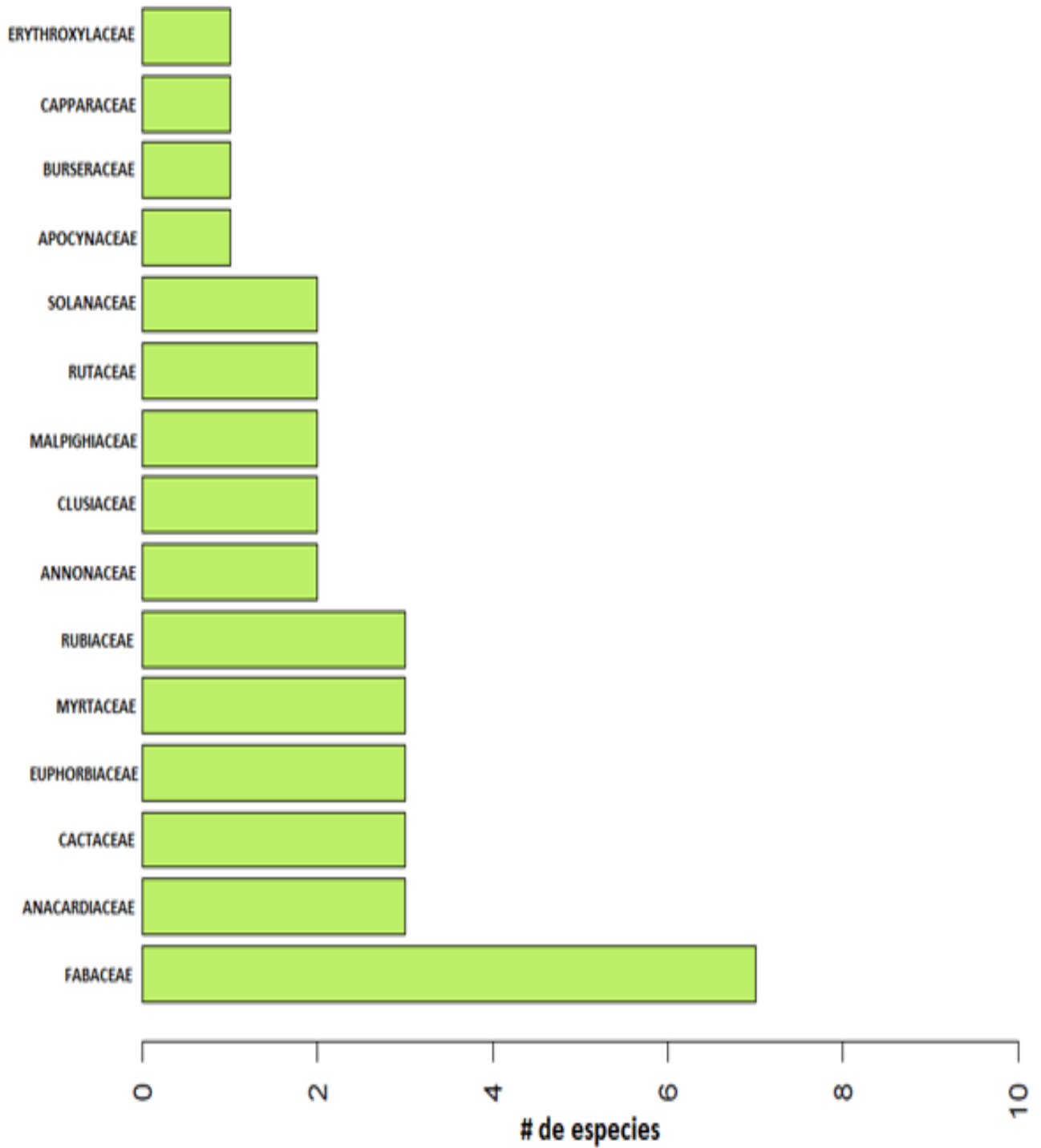
**Figura 7**

*Géneros con mayor riqueza de especies: Chocóa*



**Figura 8**

*Familias con mayor riqueza de especies: Chocoma*



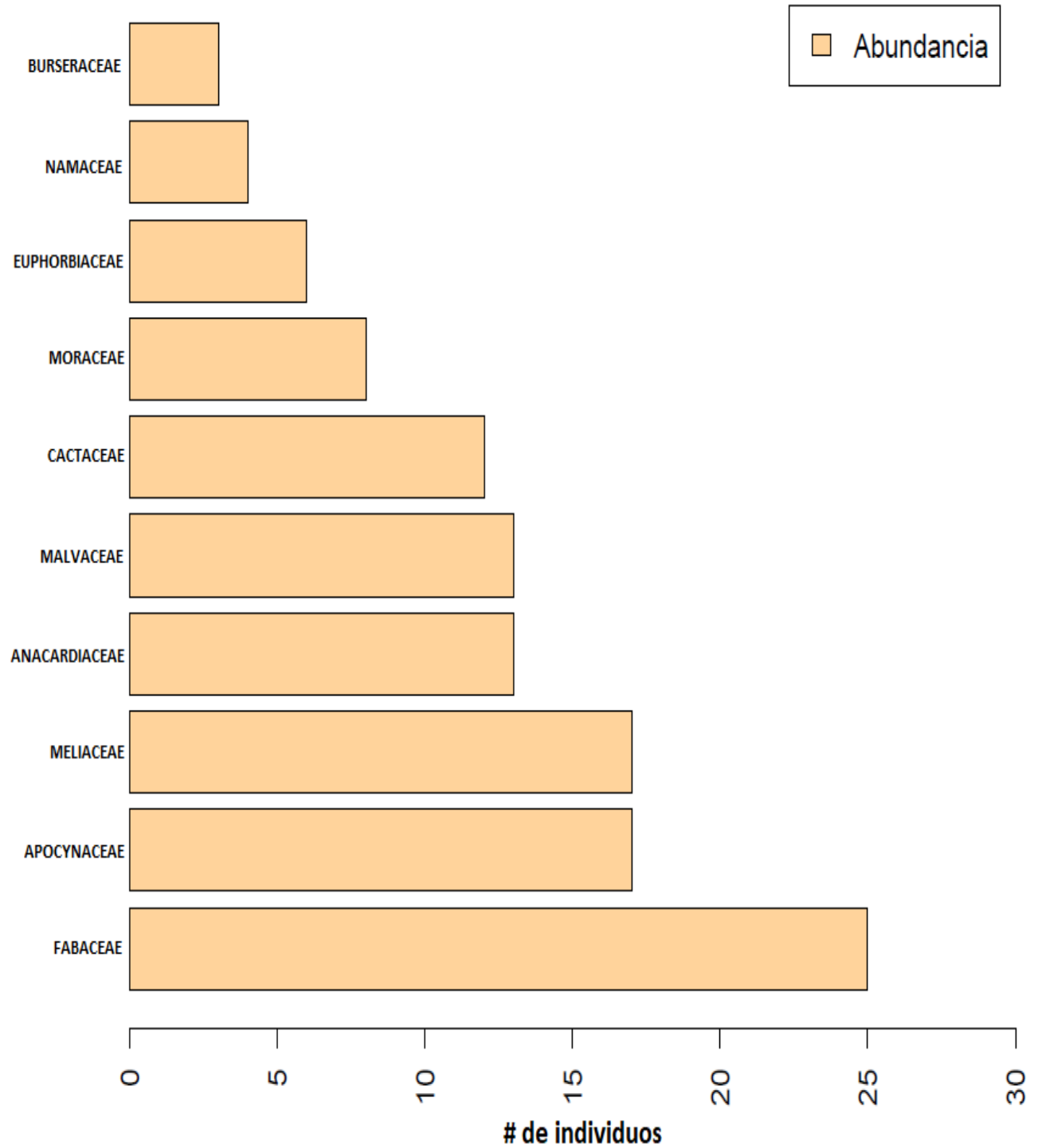
### 5.1.2. Umpalá

En el muestreo realizado en esta localidad se censaron 133 individuos distribuidos en 20 familias, 40 géneros y 41 morfoespecies. Las familias más abundantes fueron Fabaceae (25=18,8%), Meliaceae (17=13%), Apocynaceae (17=13%), Malvaceae (13=9,8%), Anacardiaceae (13=9,8%) y Cactaceae (12=9%) (Figura 9). Los géneros más abundantes fueron *Cedrela* (17=13%), *Inga* (11=8,3%), *Cascabela* (9=6,8%), *Astronium* (7=5,3%), *Stemmadenia* (7=5,3%) y *Pithecellobium* (6=4,5%) (Figura 10). Las especies más abundantes fueron *Cedrela odorata* (17=13%), *Inga vera* (11=8,3%), *Cascabela thevetia* (9=6,8%), *Astronium graveolens* (7=5,3%), *Stemmadenia grandiflora* (7=5,3%) y *Pithecellobium dulce* (6=4,5%) (Figura 11), el 36,6% restante se vio representado por un único individuo.

Las familias con mayor número de géneros fueron Fabaceae (7=17,5%), Cactaceae (4=10%), Malvaceae (4=10%), Anacardiaceae (3=7,5%), Apocynaceae (3=7,5%) y Moraceae (3=7,5%) (Figura 12). Las familias con mayor diversidad de especies no se distancian de las familias con mayor diversidad de géneros, Fabaceae (7=17%), Cactaceae (4=9,8%), Malvaceae (4=9,8%), Anacardiaceae (3=7,3%), Apocynaceae (3=7,3%) y Euphorbiaceae (3=7,3%) (Figura 13). Esto se debe a que, de los 40 géneros censados, 39 registraron una única especie a excepción del género *Jatropha* que posee 2 (4,9%) (Figura 14).

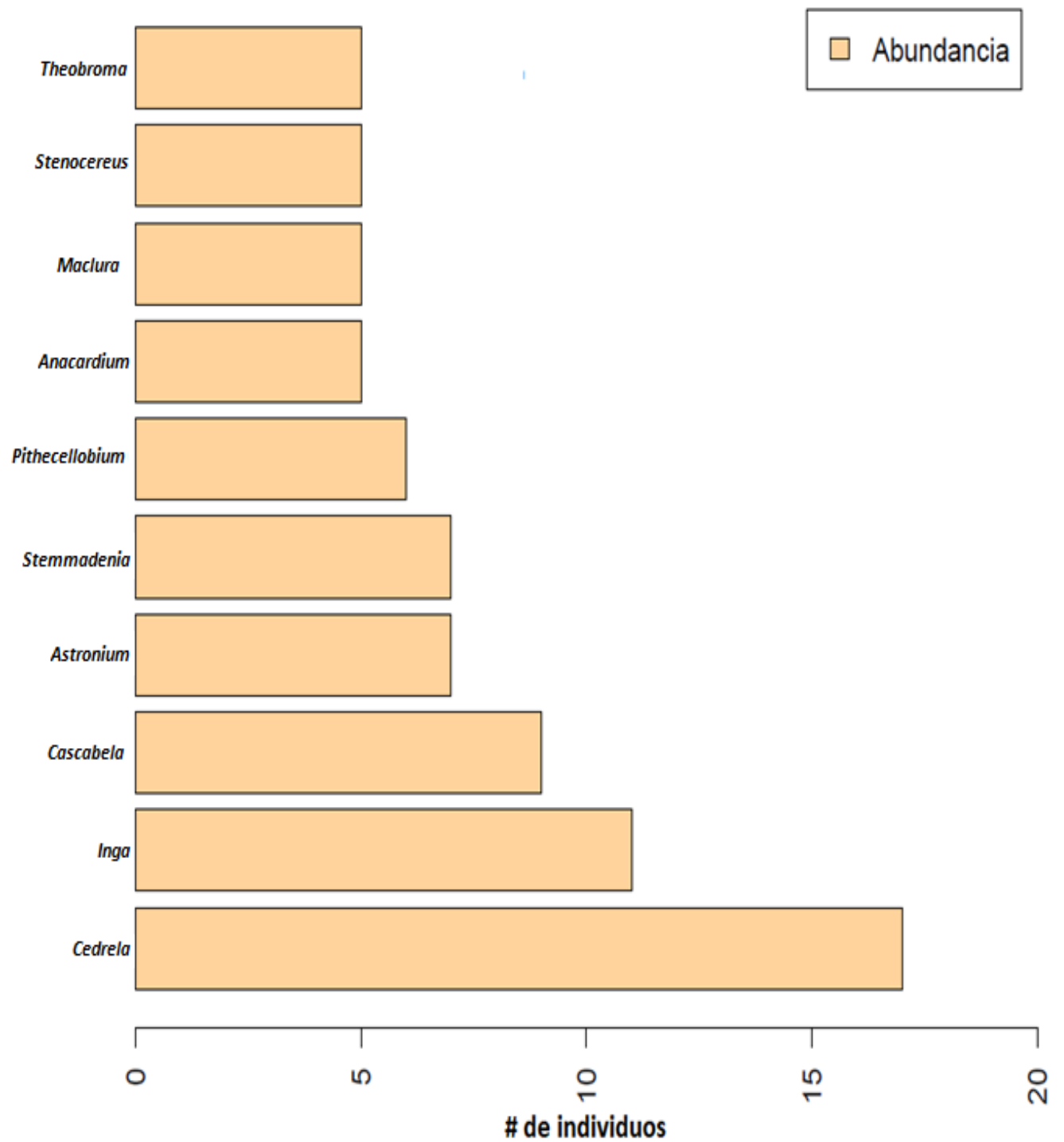
**Figura 9**

*Familias con mayor abundancia: Umpalá*



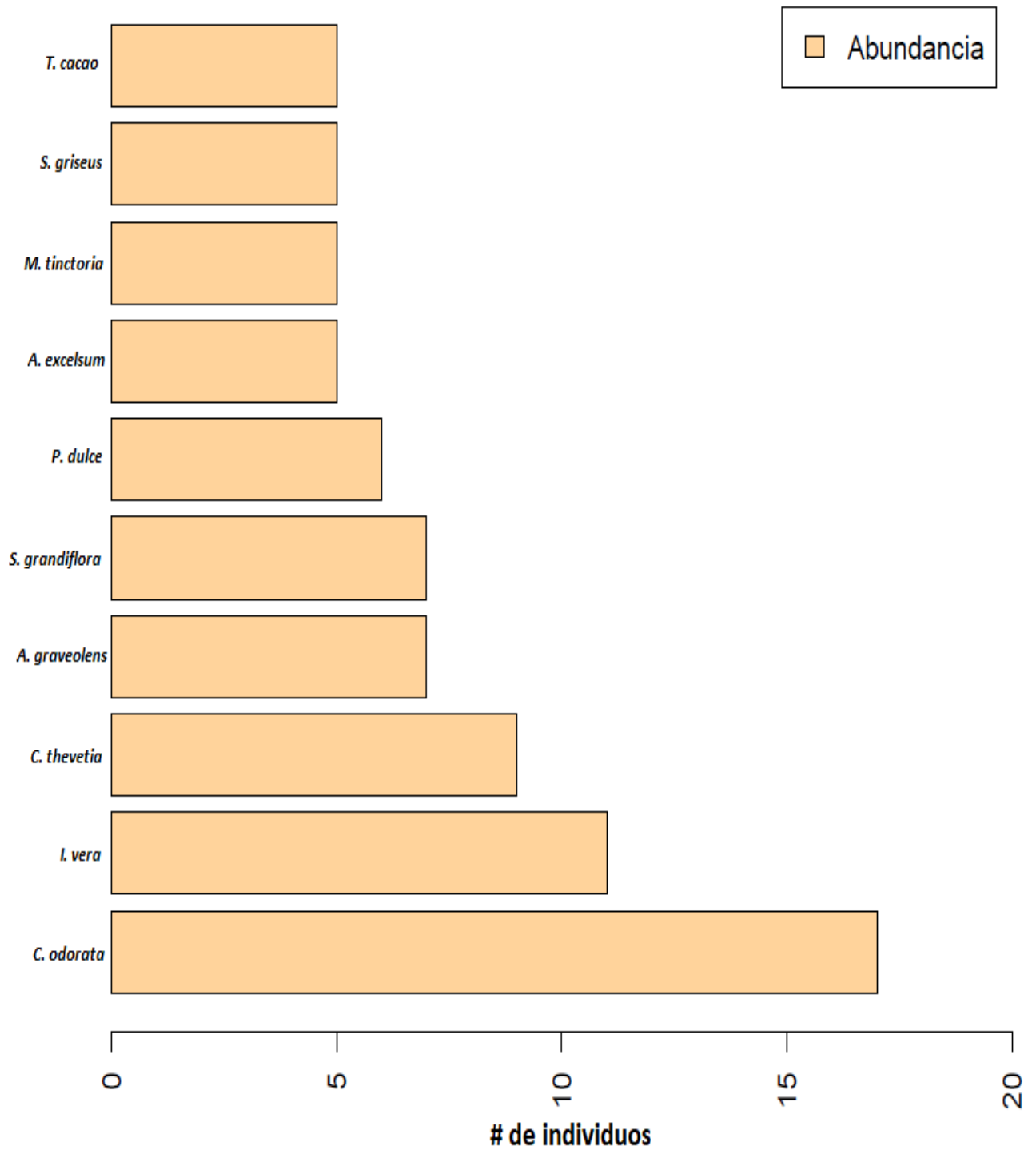
**Figura 10**

*Géneros con mayor abundancia: Umpalá*



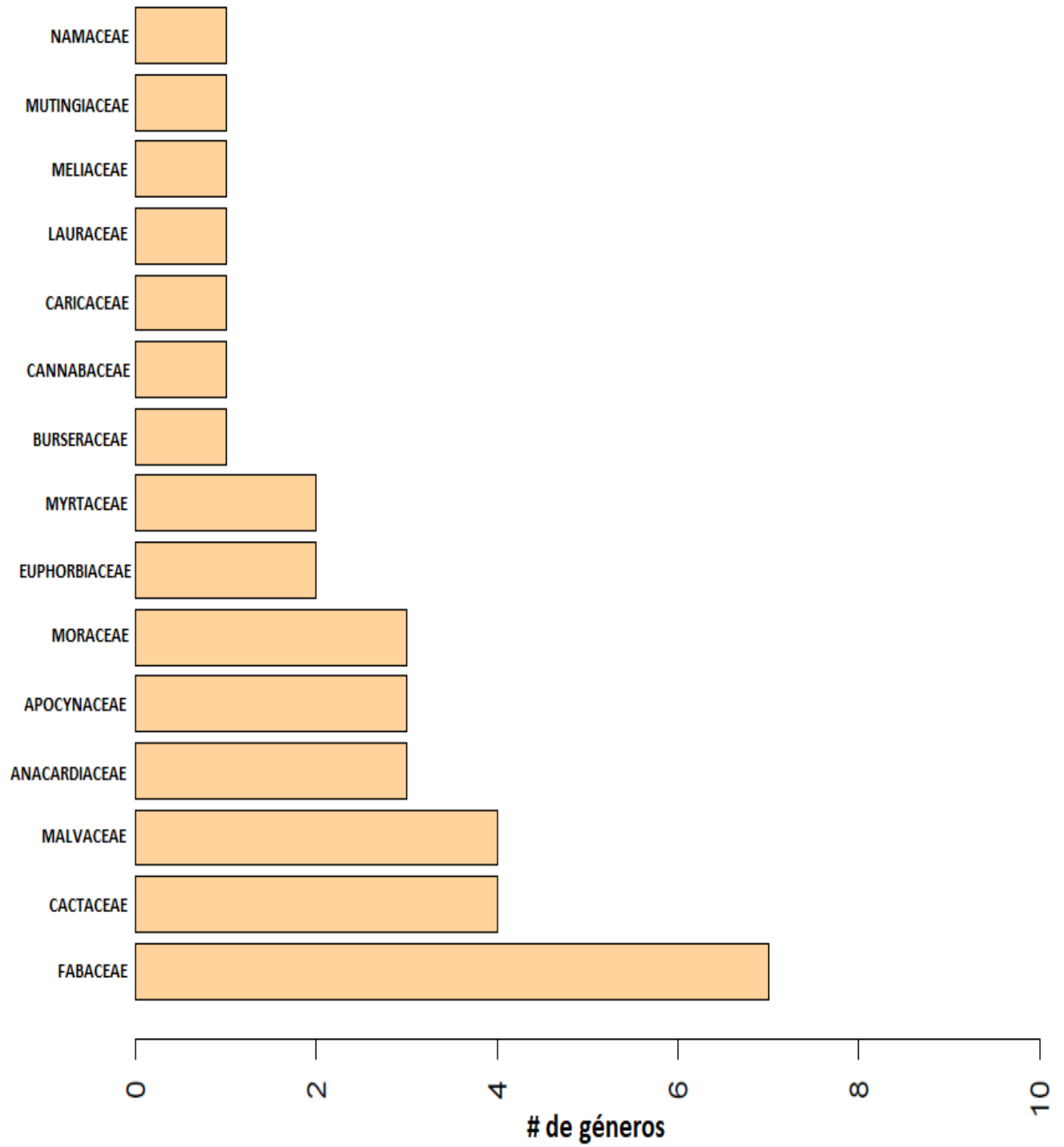
**Figura 11**

*Especies con mayor abundancia: Umpalá*



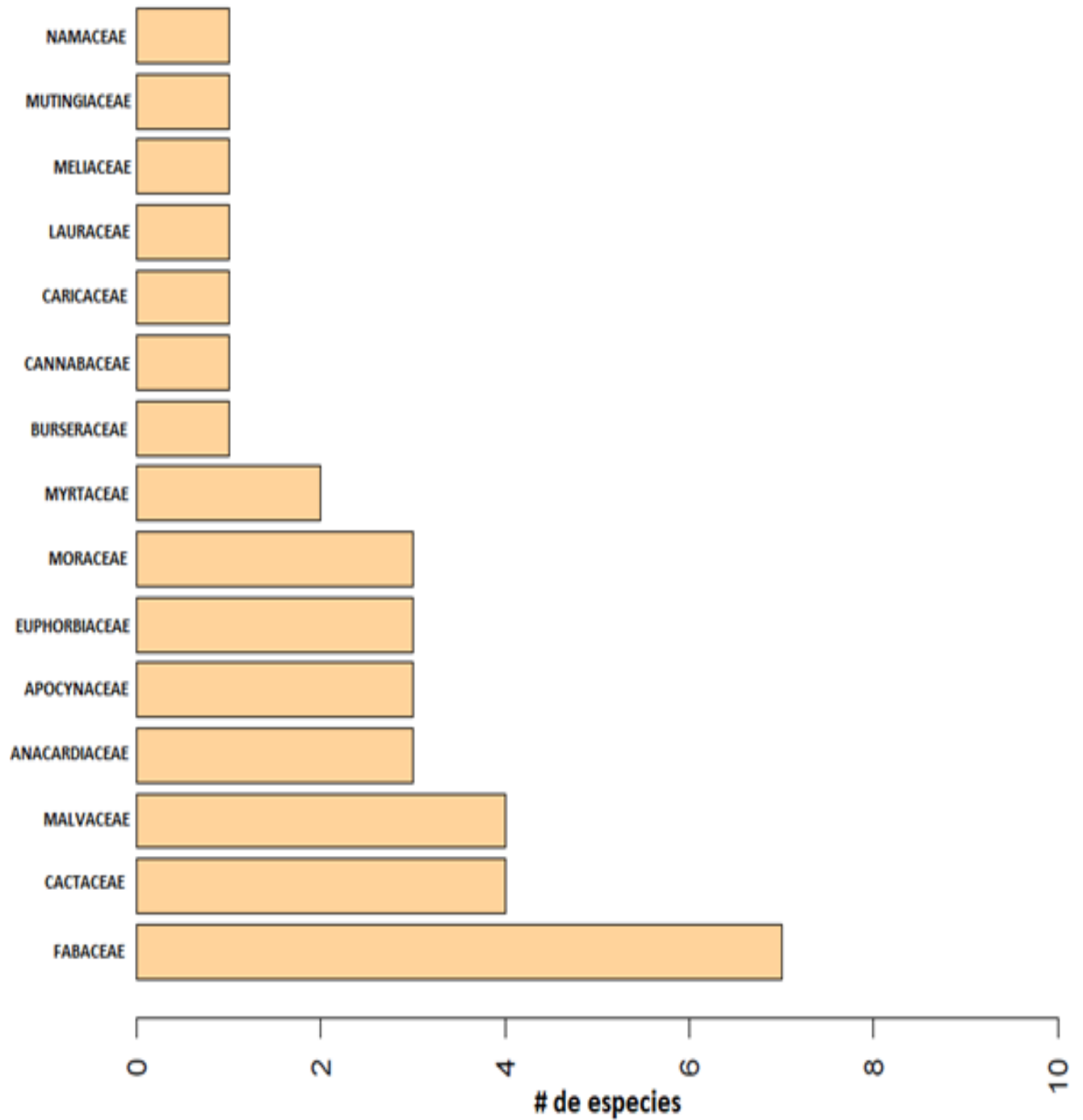
**Figura 12**

*Familias con mayor número de géneros: Umpalá*



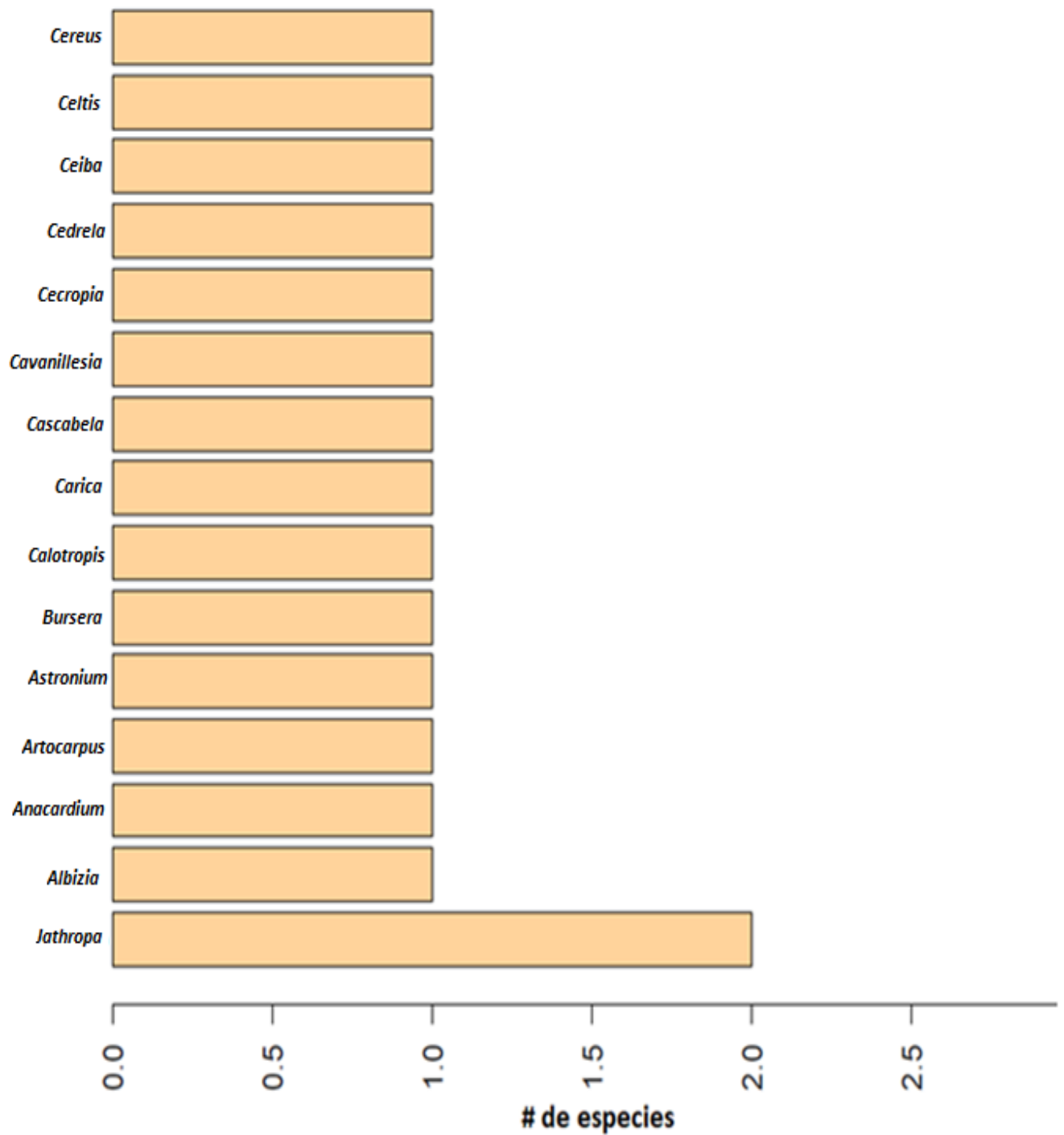
**Figura 13**

*Familias con mayor riqueza de especies: Umpalá*



**Figura 14**

*Géneros con mayor riqueza de especies: Umpalá*



## 5.2. Estructura de la vegetación

### 5.2.1. Estructura vertical

En Chocóa el valor promedio de la altura total de los individuos fue de 6.65 m, en dónde se ubican el 51,4% de los individuos. Los valores que sobresalen formando una estructura de dosel se ubicaron desde los 8 m hasta los 28 m de longitud (24,5%).

Respecto a Umpalá, el valor promedio de los individuos fue de 5,8 m, en este valor se agruparon el 55,6% de los individuos. Datos sobresalientes se localizaron desde los 7 m hasta los 20 m (20,3%). En ambas localidades el hábito arbóreo fue dominante sobre el hábito arbustivo, en Chocóa 139 individuos (57,7%) fueron árboles y 102 individuos de hábito arbustivo (42,3%). De igual manera, en Umpalá 70 individuos fueron de hábito arborescente (52,7%) y 63 individuos de hábito arbustivo (47,4%).

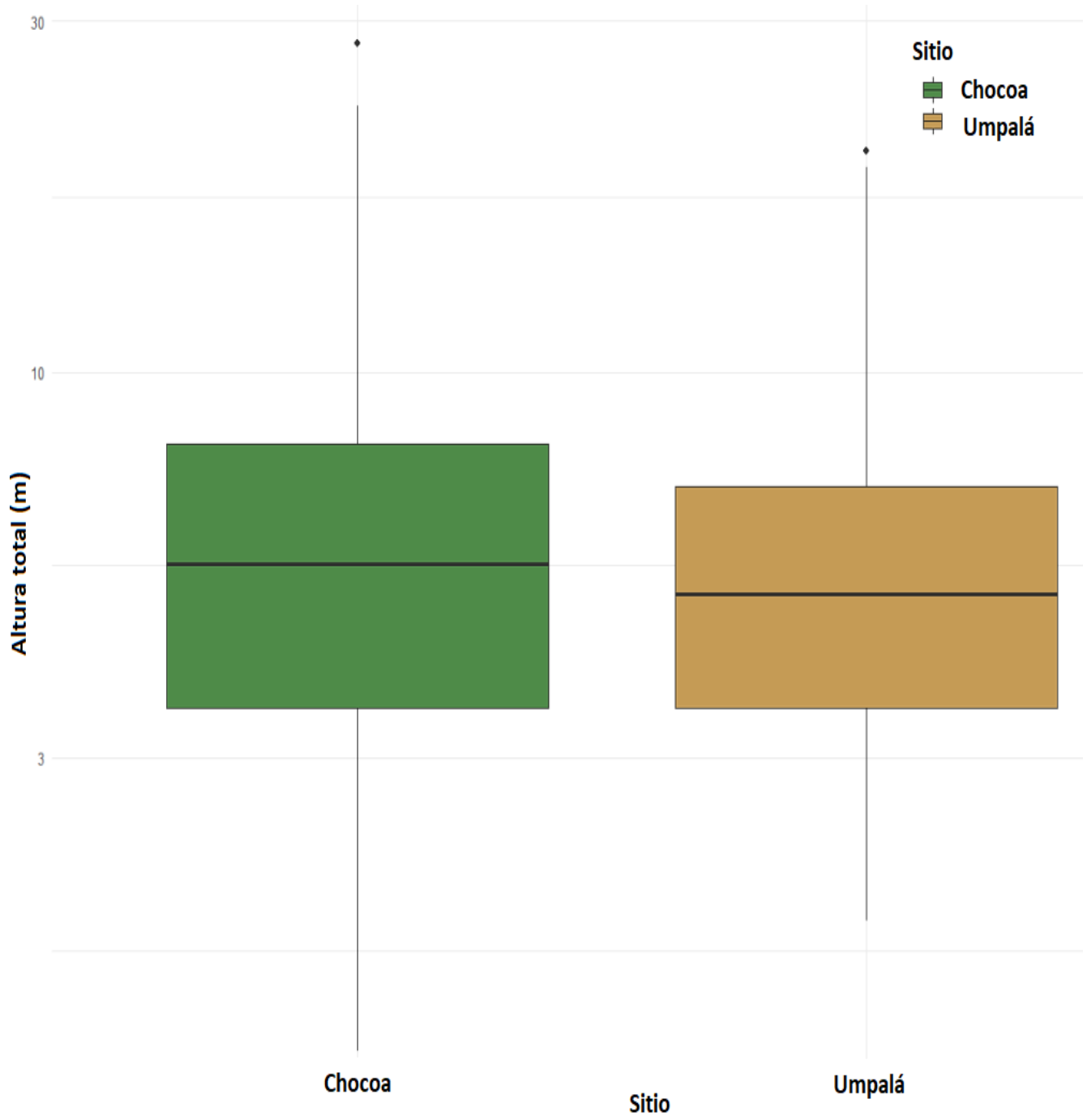
Se puede observar disparidad entre las medias de la altura en ambos sitios y esto se ve contradicho por el análisis ANOVA el cual arrojó un P valor de 0,07 evidenciando que no hay diferencias significativas entre las medias de la altura (Figura 15).

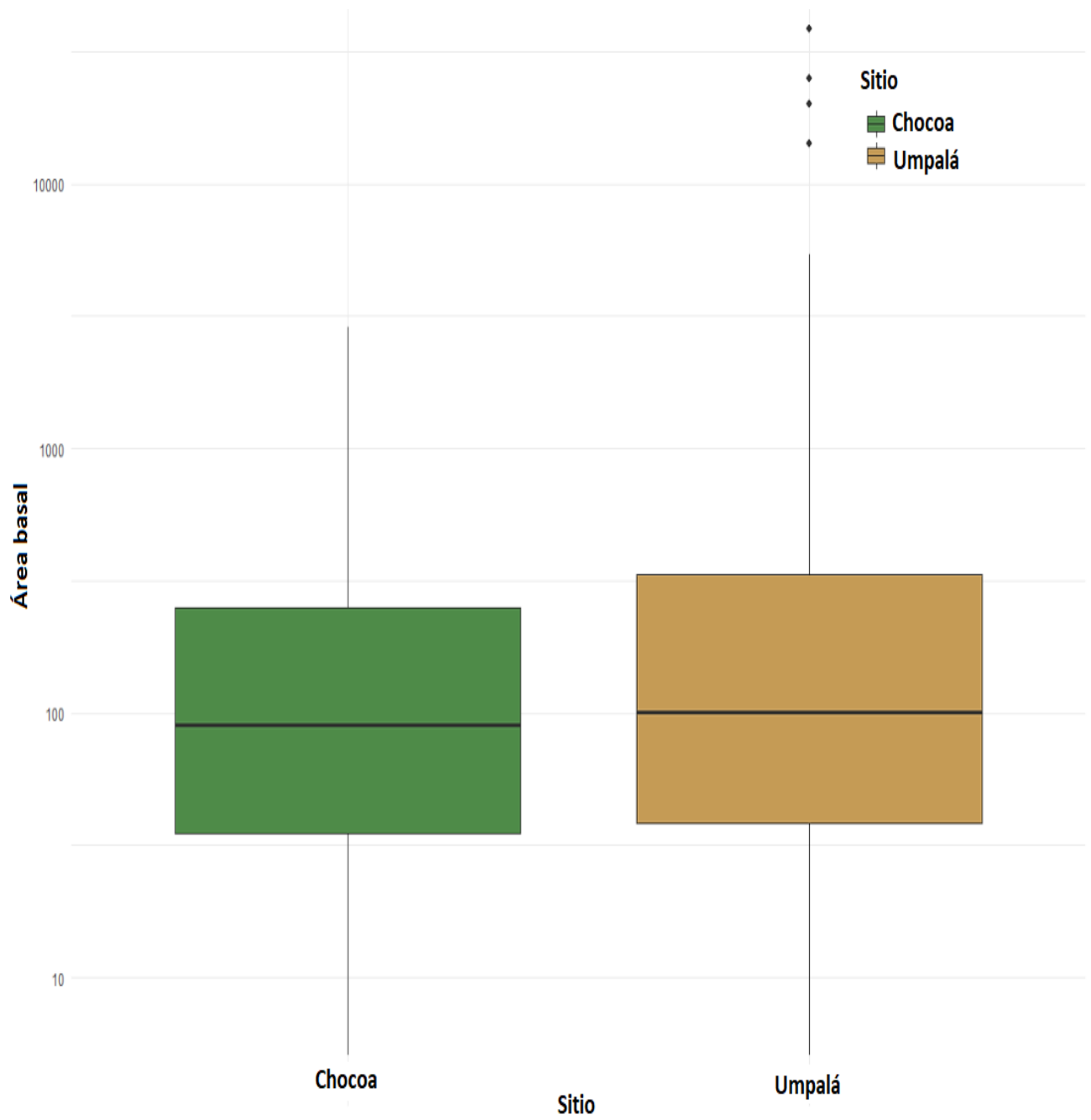
### 5.2.2. Estructura horizontal

El valor promedio del área basal en Chocóa fue de 21,03 m<sup>2</sup> dónde se agrupó el 50,6% de los individuos. El 24,1% de los datos pertenecen a los individuos preponderantes que van desde 24,95 m<sup>2</sup> hasta 287,27 m<sup>2</sup>. Referente a Umpalá, el valor promedio fue 10,47 m<sup>2</sup> y agrupó el 48,8% de los datos. El 25,6% agrupa los datos sobresalientes y van desde 33,52 m<sup>2</sup> hasta 386,59 m<sup>2</sup>. La diferencia entre medias fue dada a que en la localidad de Umpalá los individuos censados con hábito de árbol poseían un DAP de mayor tamaño, puesto que son árboles conservados por la

comunidad por un largo periodo de tiempo ya que brindan algún servicio ecosistémico o poseen alguna importancia social y cultural para los habitantes que allí residen.

En cuanto a la estructura horizontal, se observan diferencias soportadas por el análisis ANOVA, el cual arrojó un P valor de 0,004 confirmando que hay diferencias significativas entre los dos sitios teniendo en cuenta esta variable (Figura 16).

**Figura 15***Boxplot de altura*

**Figura 16***Boxplot de área basal*

### 5.2.3. Índice de importancia ecológica

**5.3.1.1. Índice de Valor de Importancia por Especie Chocóa (IVIS).** Las 5 especies con el Índice de valor de importancia más alto en la localidad de Chocóa fueron *Platymiscium pinnatum* (34%), *Zamia encephalartoides* (23%), *Oxandra cf. lanceolata* (18%), *Bursera simaruba* (17%) y *Anacardium excelsum* (17%) (Figura 17, Tabla 1).

**5.3.1.2. Índice de Valor de Importancia por Familia Chocóa (IVIF).** Las 5 familias con el índice de valor de importancia más alto en la localidad de Chocóa fueron Fabaceae (53%), Anacardiaceae (28,7%), Zamiaceae (24%), Annonaceae (22,7%) y Burseraceae (18,6%) (Figura 18, Tabla 2).

**5.3.1.3. Índice de Valor de Importancia por Especies Umpalá (IVIS).** Las 5 especies con el índice de valor de importancia más alto en la localidad de Umpalá fueron *Cavanillesia chicamochae* (45,5%), *Anacardium excelsum* (29,8%), *Cedrela odorata* (25,2%), *Ceiba pentandra* (16,5%) y *Cascabela thevetia* (14,4%) (Figura 19, Tabla 3).

**5.3.1.4. Índice de Valor de Importancia por Familias Umpalá (IVIF).** Las 5 familias con el índice de valor de importancia más alto en la localidad de Umpalá fueron Malvaceae (72,3%), Anacardiaceae (45,7%), Fabaceae (35,6%), Meliaceae (27,3%) y Apocynaceae (24,1%) (Figura 20, Tabla 4).

**Tabla 1***IVI Especies Chocó*

Especie	D. R	A. R	F. R	IVI %
<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	17,9	8,7	7,5	34
<i>Zamia encephalartoides</i> D.W. Stev.	11,8	7,4	3,7	23
<i>Oxandra cf. lanceolata</i> (Sw.) Baill.	5	7,4	5,6	18
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	8	3,7	5,6	17
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels	11	2,9	2,8	17
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	8,2	2,4	1,8	13
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	4	4,5	2,8	11
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	3	3,3	3,7	10
<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	2,4	3,7	3,7	10
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex G. Don	2	3,7	3,7	9,5
<i>Rubiaceae sp</i> Juss.	1,3	3,7	3,7	9
<i>Pilosocereus lanuginosus</i> (L.) Byles & G.D. Rowley	0,8	2,4	3,7	7
<i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill.	1,7	2,4	2,8	7
<i>Pradosia colombiana</i> (Standl.) Penn. ex T.J. Ayers & Boufford	4,3	0,8	1,8	7
<i>Eugenia sp1</i> L.	0,7	3,3	2,8	7
<i>Erythroxylum oxycarpum</i> O.E. Schulz	0,7	4,1	1,8	7
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0,7	2,9	2,8	6,5
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	1,4	2,4	1,8	6
<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	0,4	2,4	2,8	6
<i>Randia aculeata</i> L.	0,8	1,6	2,8	5
Especies raras	14	25,3	31,1	70
Total:	100	100	100	300

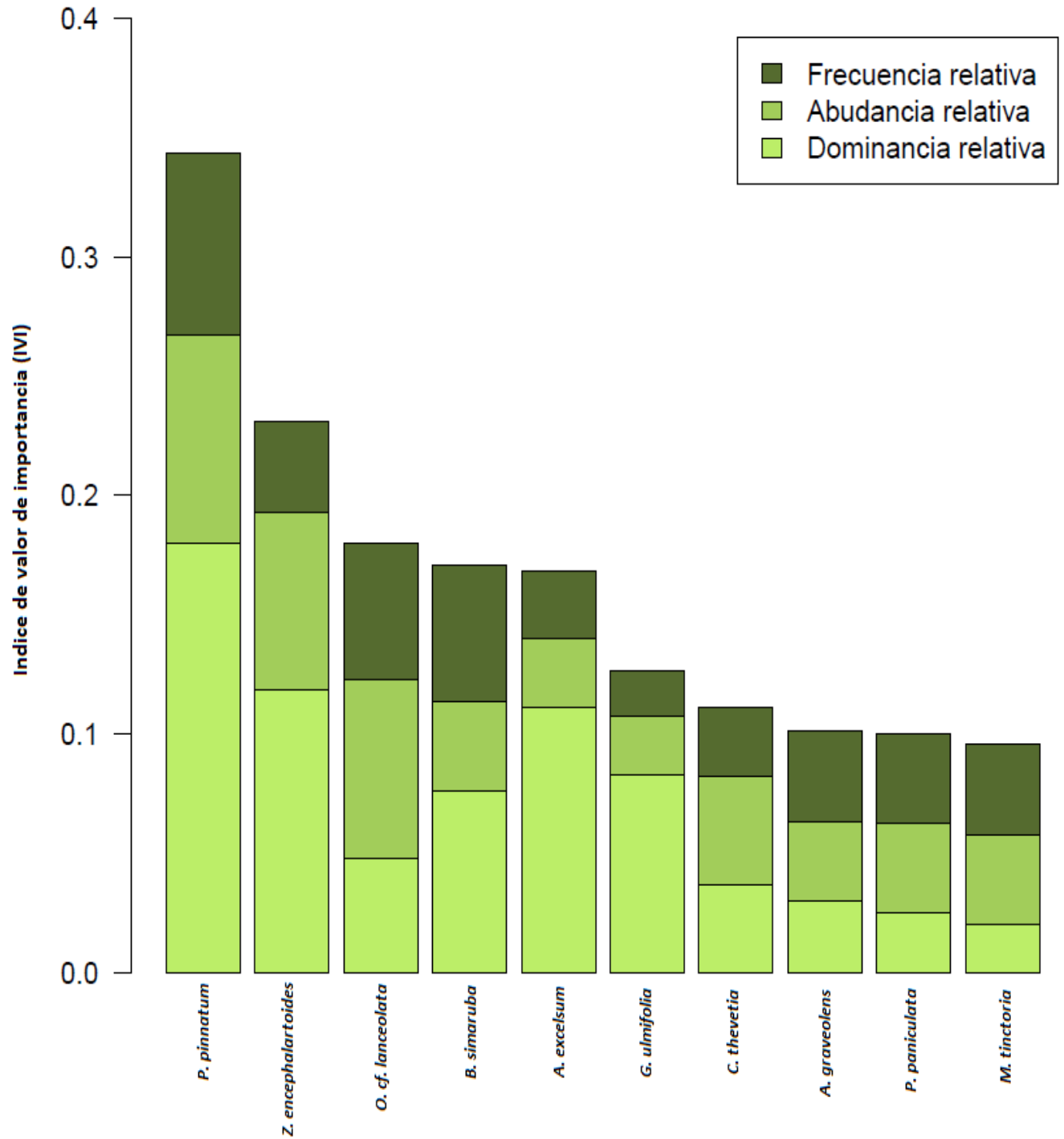
Nota: D.R: Dominancia relativa; A.R: Abundancia relativa; F.R: Frecuencia relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia.

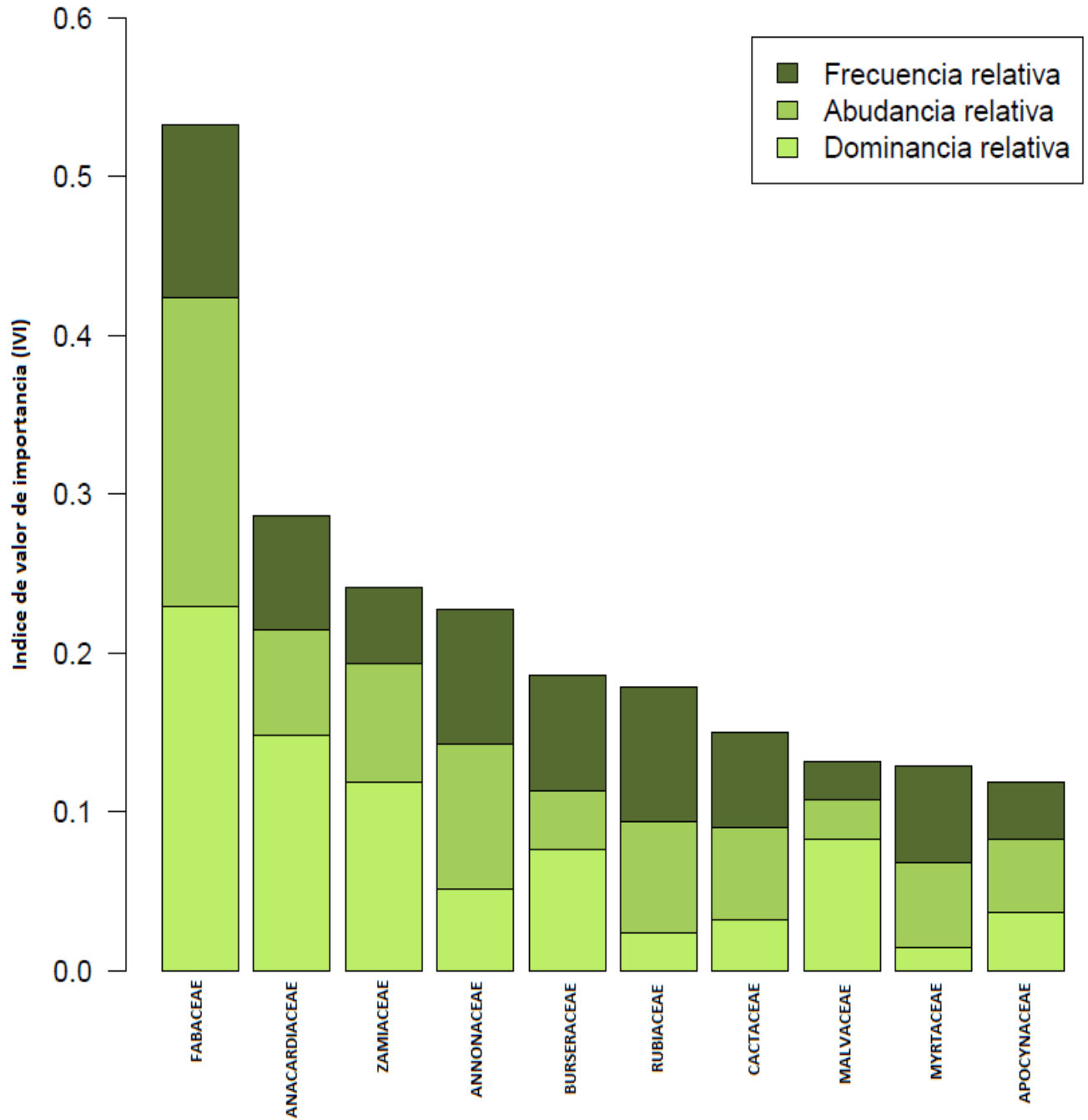
**Tabla 2***IVI Familias Chocó*

Especie	D. R	A. R	F. R	IVI%
Fabaceae	22,9	19,5	10,8	53
Anacardiaceae	14,8	6,6	7,2	28,7
Zamiaceae	11,8	7,5	4,8	24
Annonaceae	5,1	9,1	8,4	22,7
Burseraceae	7,6	3,7	7,2	18,6
Rubiaceae	2,3	7	8,4	17,9
Cactaceae	3,2	6	6	15,1
Malvaceae	8,2	2,5	2,4	13,2
Myrtaceae	1,4	5,4	6	12,8
Apocynaceae	3,7	4,6	3,6	11,9
Euphorbiaceae	3,7	3,7	3,6	11,1
Moraceae	2	3,7	4,8	10,6
Clusiaceae	0,8	2,1	4,8	7,7
Sapotaceae	4,3	0,8	2,4	7,6
Erythroxylaceae	0,7	4,1	2,4	7,2
Rutaceae	1,6	2,9	2,4	6,9
Polygalaceae	0,5	2,5	3,6	6,6
Malpighiaceae	0,8	2,5	2,4	5,7
Solanaceae	1,5	1,7	2,4	5,6
Myrsinaceae	0,2	2,1	2,4	4,7
Familias raras	2,4	2,1	3,6	8,1
Total:	100	100	100	300

Nota: D.R: Dominancia relativa; A.R: Abundancia relativa; F.R: Frecuencia relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia.

Figura 17

*Barplot IVI especies Chocoa*

**Figura 18***Barplot IVI familias Chocóa*

**Tabla 3***IVI Especies Umpalá*

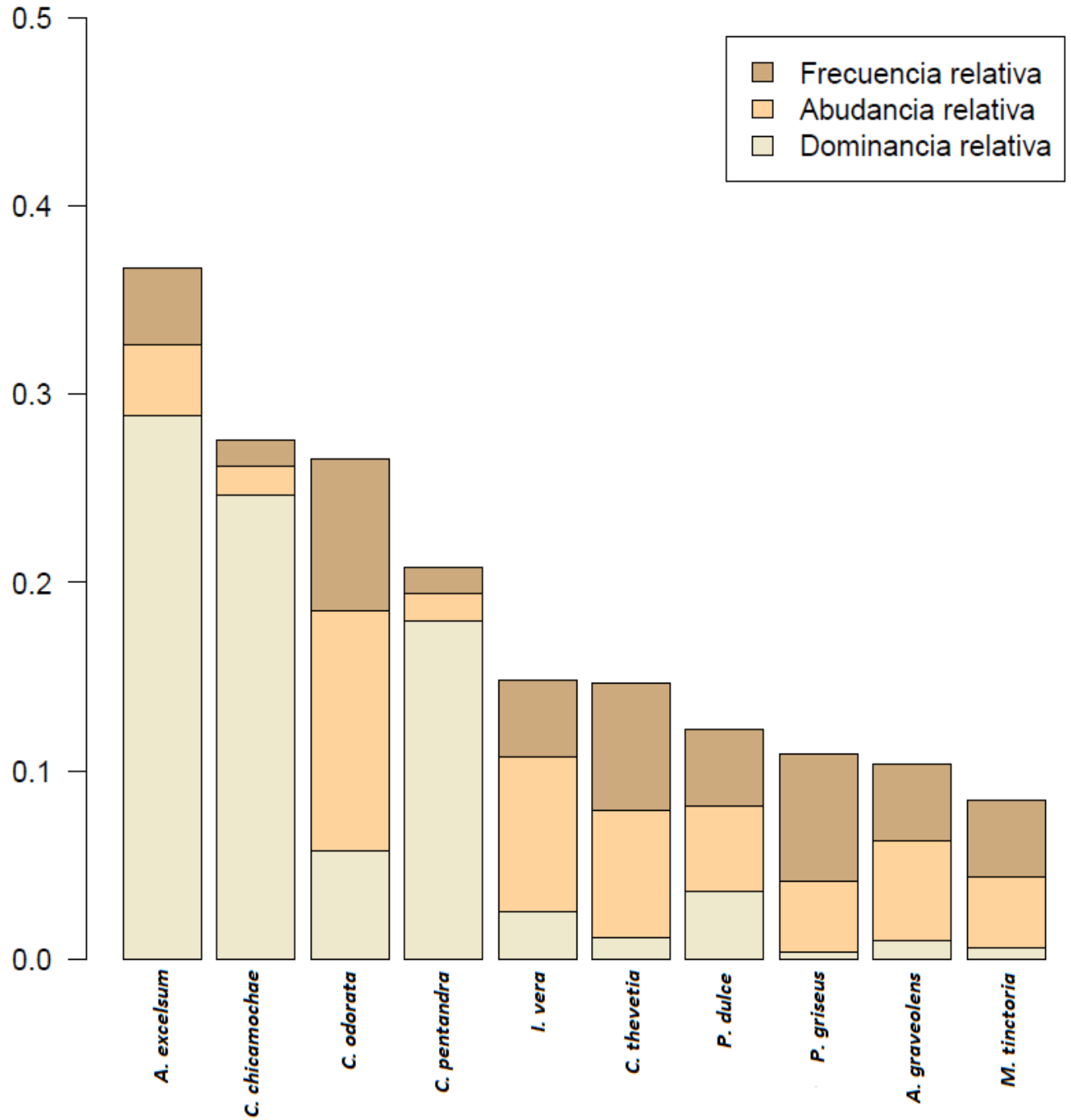
Espece	D.R	A. R	F. R	IVI%
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels	29,9	5,2	1,6	36,7
<i>Cavanillesia chicamochae</i> Fern. Alonso	24,7	1,5	1,3	27,5
<i>Cedrela odorata</i> L.	5,7	12,8	8,1	26,6
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	17,9	1,5	1,3	20,7
<i>Inga vera</i> Willd.	2,5	8,3	4	14,8
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	1,1	6,8	6,7	14,6
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	3,6	4,5	4,1	12,2
<i>Stenocereus griseus</i> (Haw.) Buxb.	0,4	3,8	6,7	10,9
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	1	5,3	4	10,3
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex G. Don	0,6	3,8	4	8,4
<i>Stemmadenia grandiflora</i> (Jacq.) Miers	0,3	5,3	2,7	8,3
<i>Opuntia caracassana</i> Salm-Dyck	0,3	3	4	7,3
<i>Quararibea cordata</i> (Bonpl.) Vischer	1	3	2,7	6,7
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	0,07	2,3	4,1	6,4
<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg	3,5	1,5	1,4	6,4
<i>Mangifera indica</i> L.	3,9	0,7	1,3	5,9
<i>Theobroma cacao</i> L.	0,3	3,8	1,3	5,4
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	0,3	1,5	2,7	4,5
<i>Jatropha curcas</i> L.	0,2	1,5	2,7	4,4
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	0,06	3	1,3	4,4
Especies raras	2,7	20,9	34	57,6
Total	100	100	100	300

Nota: D.R: Dominancia relativa; A.R: Abundancia relativa; F.R: Frecuencia relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia.

**Tabla 4***IVI Familias Umpalá*

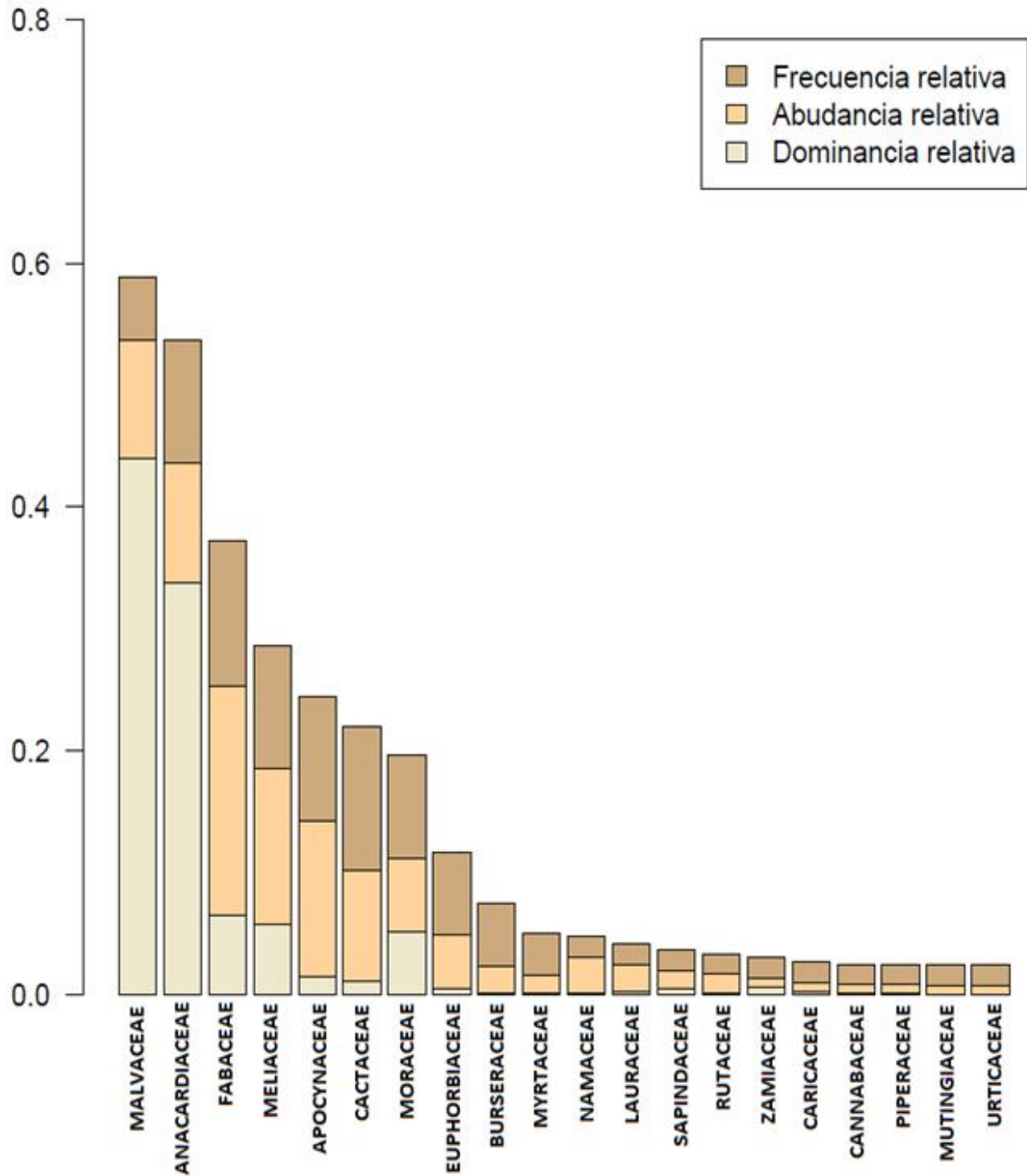
Espece	D. R	A. R	F. R	IVI%
Malvaceae	43,9	9,8	5,1	58,8
Anacardiaceae	33,8	9,8	10,1	53,7
Fabaceae	6,5	18,8	11,9	37,2
Meliaceae	5,7	12,8	10,2	28,7
Apocynaceae	1,5	12,8	10,2	24,5
Cactaceae	1,1	9	11,9	22
Moraceae	5,1	6	8,5	19,6
Euphorbiaceae	0,4	4,5	6,8	11,7
Burseraceae	0,08	2,2	5,1	7,4
Myrtaceae	0,08	1,5	3,4	5
Namaceae	0,06	3	1,7	4,8
Lauraceae	0,2	2,2	1,7	4,1
Sapindaceae	0,4	1,5	1,7	3,7
Rutaceae	0,1	1,5	1,7	3,3
Zamiaceae	0,6	0,7	1,7	3
Caricaceae	0,2	0,7	1,7	2,6
Cannabaceae	0,05	0,8	1,7	2,5
Piperaceae	0,04	0,8	1,7	2,5
Mutingiaceae	0,02	0,8	1,7	2,5
Urticaceae	0,1	0,7	1,7	2,5
Total	100	100	100	300

Nota: D.R: Dominancia relativa; A.R: Abundancia relativa; F.R: Frecuencia relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia.

**Figura 19***Barplot IVI especies Umpalá*

**Figura 20**

*Barplot IVI familias Umpalá*



### **5.3. Diversidad**

#### **5.3.1. Evaluación de muestreo**

Mediante las curvas de acumulación de especies se pudo ver que en ambos sitios a pesar de la baja representatividad del muestreo realizado las curvas no distaron mucho de tornarse asintóticas. Los intervalos de confianza para las curvas de acumulación en ambas localidades se solapan (área sombreada), lo cual significa que no hay diferencias significativas entre ambos esfuerzos de muestreo (Figura 21, Tabla 5).

#### **5.3.2. Cobertura de muestreo: S.C (Sample coverage)**

En la localidad de Chocoa la cobertura de muestreo fue del 97,1% y en Umpalá fue de 89% (Figura 22, Tabla 5). En la figura 22 se aprecian los valores observados de cada uno de los parámetros y la extrapolación de estos para llegar a un 100% de cobertura de muestreo. Los intervalos de confianza se solapan en los 3 parámetros, lo cual indicó que no hay diferencias significativas entre las dos localidades.

#### **5.3.3. Números de Hill: Curva de interpolación y extrapolación**

Los resultados de los análisis realizados para los parámetros  $q=0$  (riqueza de especies),  $q=1$  (Índice de Shannon) y  $q=2$  (Índice de Simpson) fueron menores para los valores observados en comparación con los estimados por iNEXT. Los intervalos de confianza de los tres parámetros en Chocoa no se solapan, mientras que en Umpalá cuando el muestreo es extrapolado a 400 individuos se solapan en  $q=0$  y  $q=1$  lo cual indica que gran parte de la riqueza de esta localidad estaría compuesta por especies con una abundancia relativa alta. La localidad de Chocoa tuvo valores más

altos que la localidad de Umpalá en todos los parámetros. Al observar los parámetros  $q=0$ ,  $q=1$ ,  $q=2$  por separado, los intervalos de confianza de ambas localidades se solapan indicando que no hay diferencias significativas (Figura 23, Tabla 5).

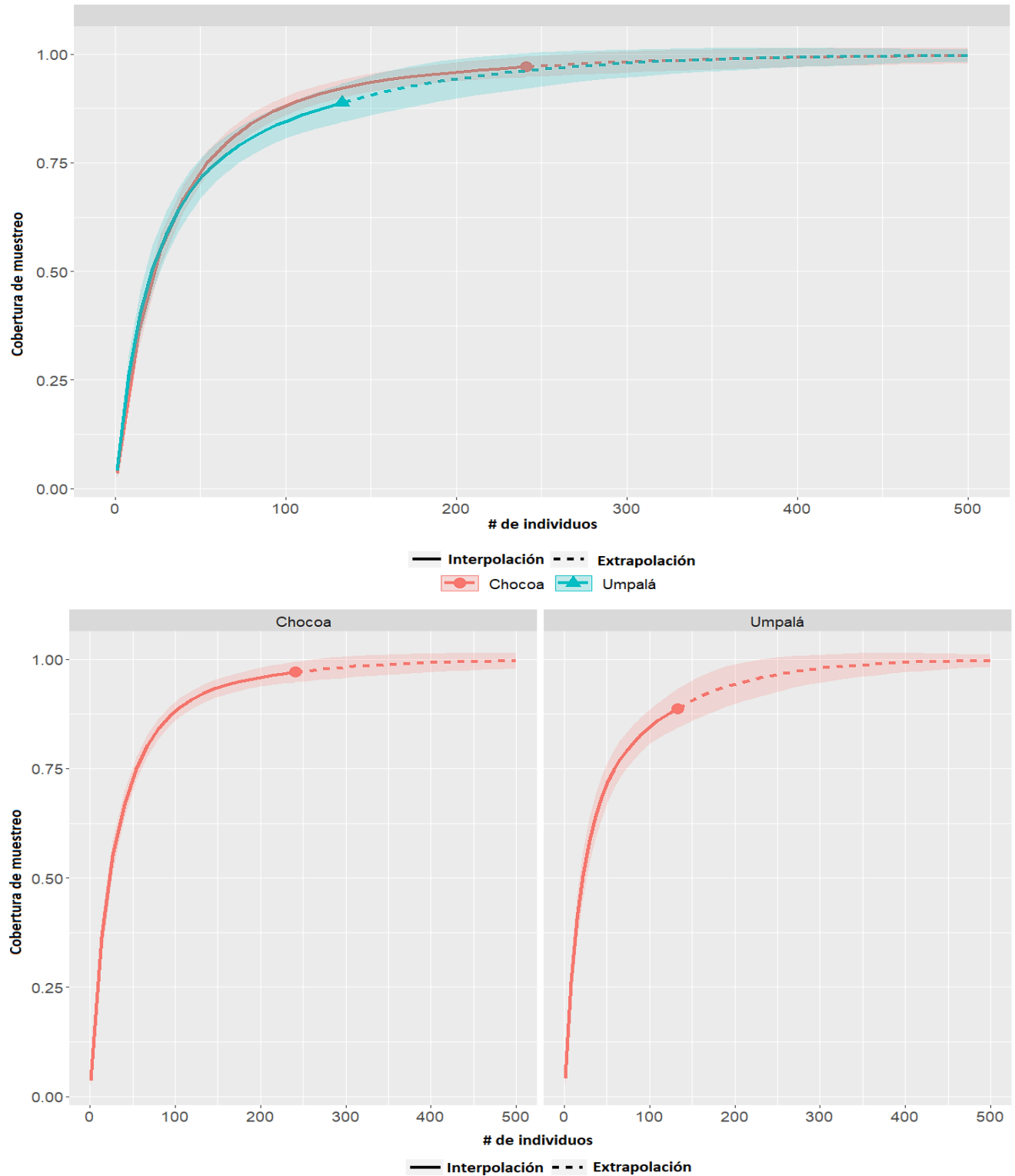
**Tabla 5**

*Resultados números de Hill con iNEXT*

Localidad	# de Hill	Observado	Estimado	S. C
Chocóa	q=0	44	47	97,1%
	q=1	32	36	
	q=2	26	29	
Umpalá	q=0	41	52	88,8%
	q=1	28	35	
	q=2	21	24	

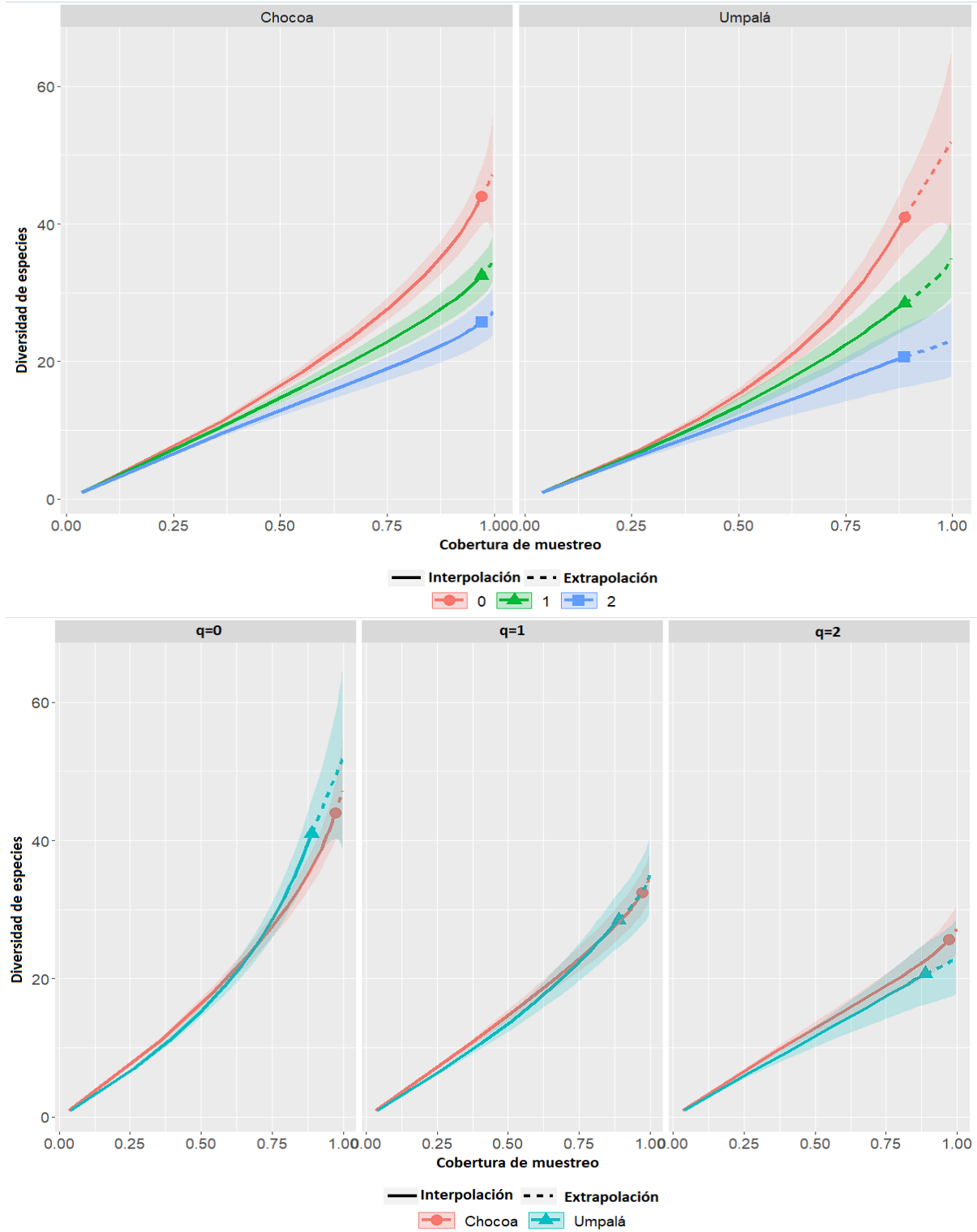
Notas:  $q=0$ : Riqueza de especies;  $q=1$ : Índice de Shannon;  $q=2$ : Índice de Simpson; S. C:

*Sample coverage* (Cobertura de muestreo).

**Figura 21***Curva de acumulación de especies*

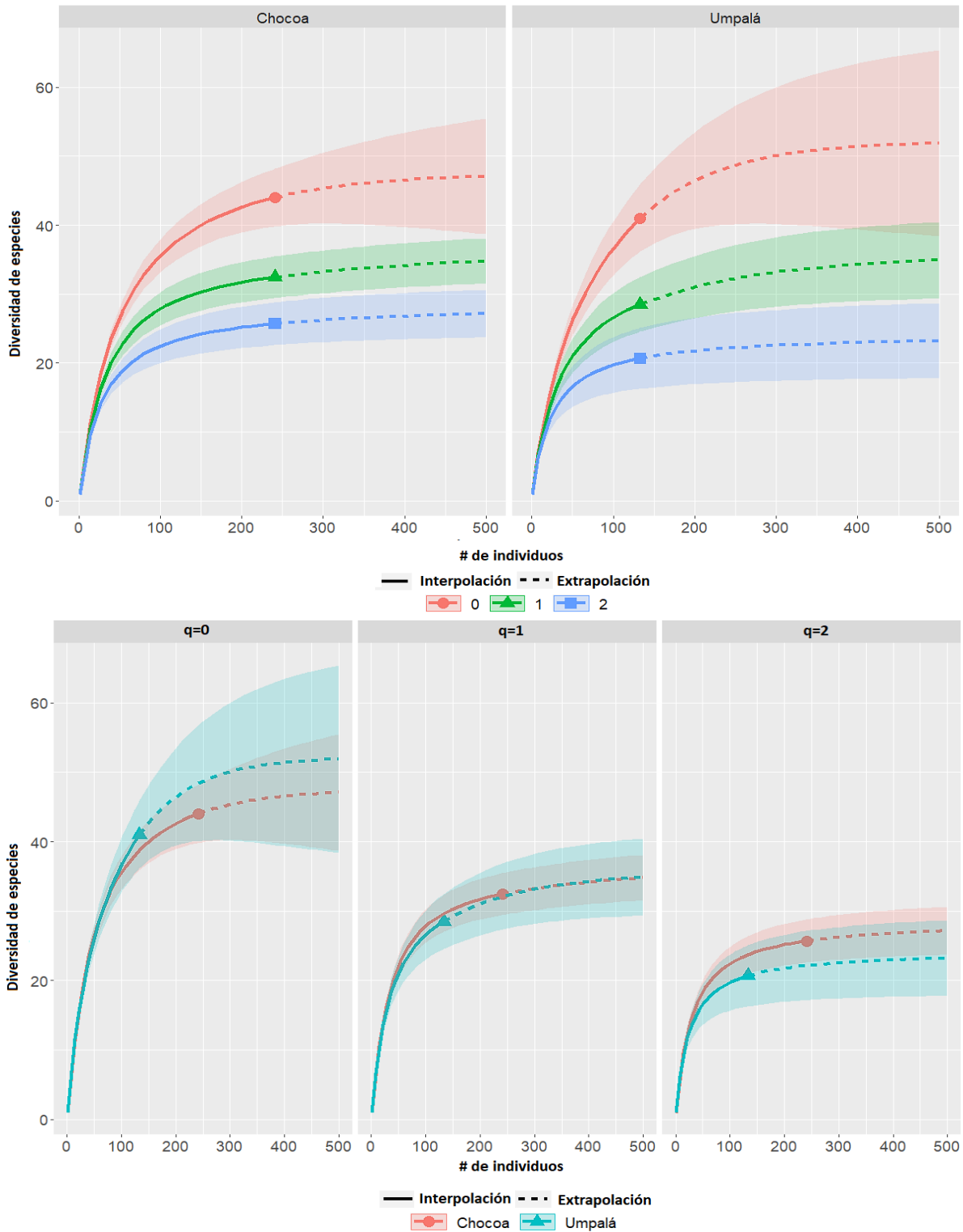
**Figura 22**

*Extrapolación de cobertura de muestreo*



**Figura 23**

*Curvas de interpolación/extrapolación*



#### *5.4. Disimilitud entre sitios*

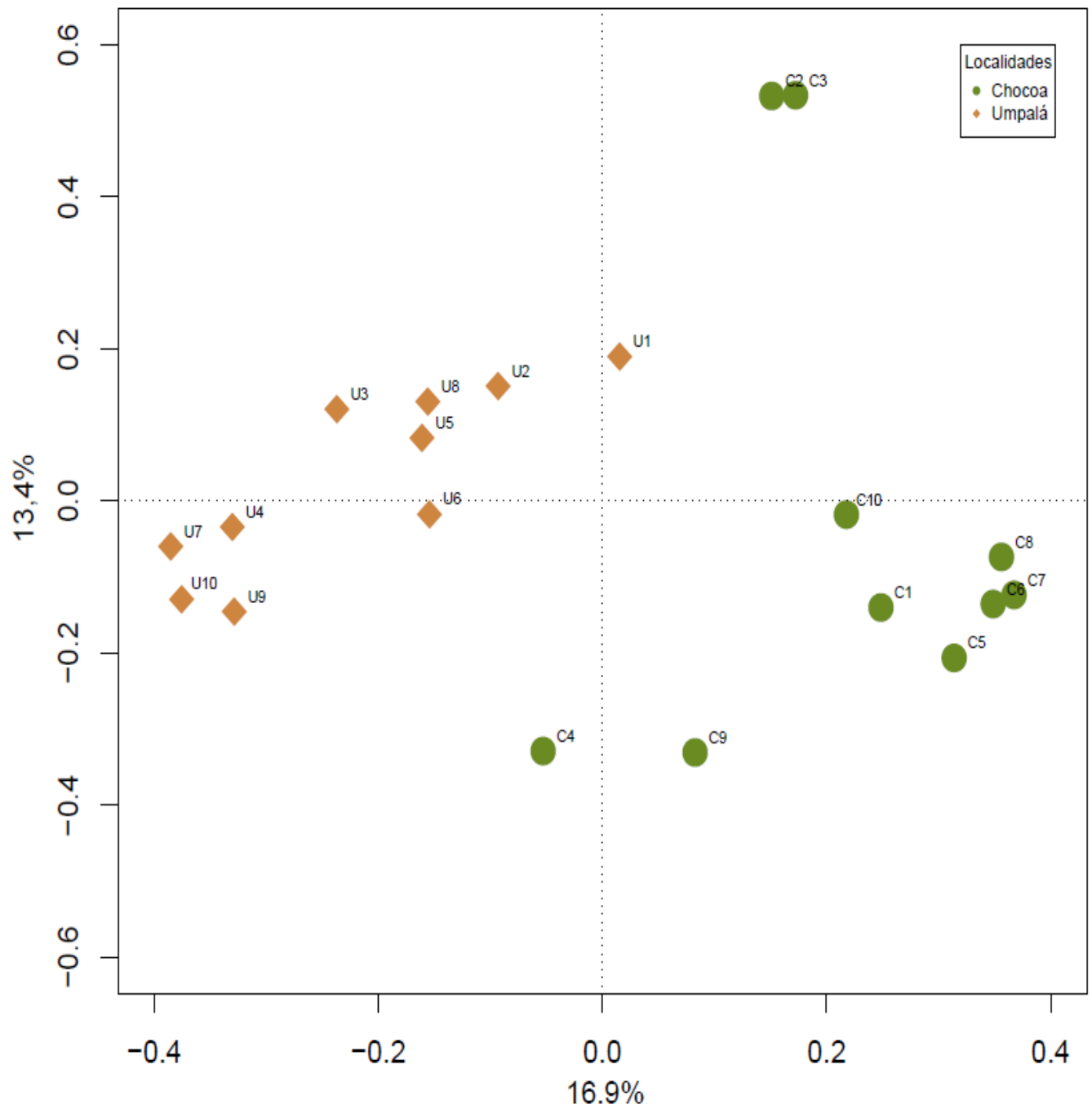
El ordenamiento resultante del PCoA arrojó una diferenciación entre las dos localidades. En ambos componentes se ve una diferenciación entre las parcelas realizadas, el componente del eje X se ve soportado con una varianza en la composición florística del 13,9%, mientras que el componente del eje Y está sustentado con una varianza de 16,9% (Figura 24).

En el componente del eje X se puede observar que la parcela C4 correspondiente a la localidad de Chocóa posee una relación de composición florística con las parcelas realizadas en la localidad de Umpalá. De la misma manera la parcela U1 de Umpalá mantiene cercanía con las parcelas de la localidad de Chocóa. En el componente del eje Y las parcelas C2-C3 de la localidad de Chocóa poseen similitud con las parcelas de la localidad de Umpalá, la mitad de las parcelas de la última localidad mencionada posee semejanzas con las parcelas de la localidad de Chocóa (Figura 24).

En la Figura 25 se indican con flechas verdes las especies que respaldan de manera significativa con un  $P \leq 0,01$  y la dirección en la influyen en el ordenamiento de las especies. El PCOA se soportó estadísticamente mediante la aplicación de una PERMANOVA que dio como resultado un P de 0,000999, mostrando diferencias significativas en la composición florística entre las parcelas de ambas localidades.

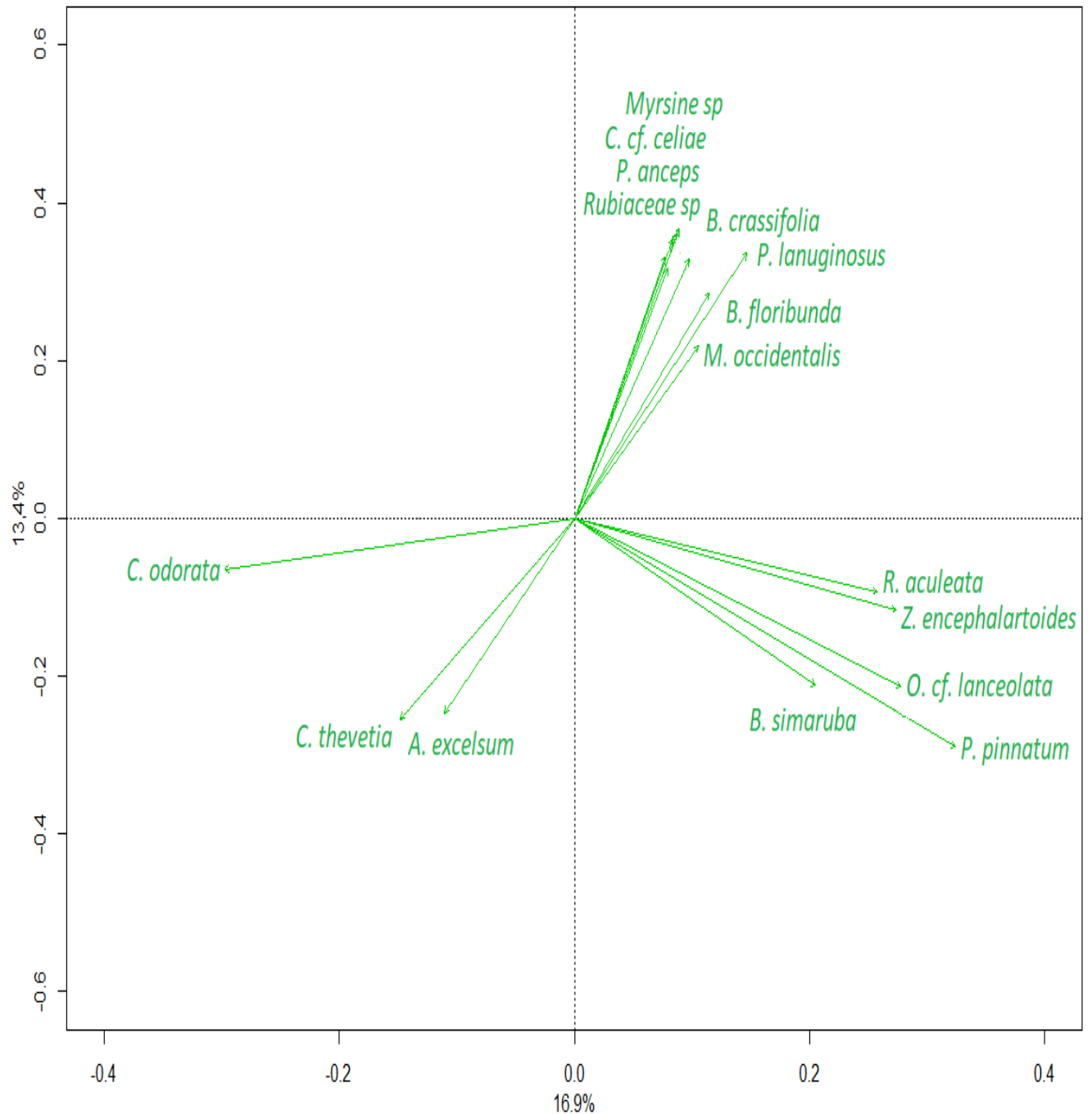
**Figura 24.**

*Análisis de componentes principales PCOA entre la localidad de Choca y Umpalá*



**Figura 25**

Especies que influyen en el ordenamiento de análisis de componentes principales PCOA



## 6. Discusión

### 6.1. Composición florística

La familia más diversa y abundante en las dos localidades fue Fabaceae, esto concuerda con lo reportado por otros autores en estudios realizados en el BsT de Colombia y en otras regiones de Suramérica y Centroamérica (Muñoz et al., 2014; Gillespie et al., 2000; Rojas et al., 2021; Vargas-Figueroa et al., 2016; Gentry, 1995). Esta familia mostró diferentes hábitos de crecimiento, como arbóreo y arbustivo. Asimismo, posee la capacidad de asociación con microorganismos fijadores de nitrógeno que le facilitan colonizar y adaptarse a suelos degradados y pobres en nutrientes, los cuáles son característicos en la zona de estudio (Valencia-Duarte, 2012; Ceroni-Stuva, 2003). Las familias y especies encontradas en las dos localidades concuerdan con lo reportado para el BsT a excepción de algunas como Bignoniaceae, Sapindaceae y Capparidaceae las cuales han sido catalogadas como representativas de este ecosistema y no tuvieron ningún reporte dentro de este trabajo (IAvH, 1998). En Chocó la familia Myrtaceae se encuentra dentro de las más ricas y abundantes, lo cual es un resultado atípico dentro de lo observado para el BsT y es consecuencia de que el género *Eugenia* L. es un taxón ampliamente distribuido en la región tropical, además presenta una alta plasticidad y adaptabilidad (Parra-O, 2006; Carrillo-Fajardo et al., 2007).

### 6.2. Estructura de la vegetación

La disponibilidad hídrica y la ubicación de los transectos fueron factores influyentes en la densidad entre las dos localidades. Estudios previos sugieren que en los bosques riparios la

densidad de individuos suele ser menor y la riqueza mayor que en los remanentes de bosques en el interior (Gentry, 1995; Adel et al., 2018). La gran mayoría de los transectos realizados en la localidad de Chocóa se ubicaron cerca de una fuente hídrica, allí la población de *Z. encephalartoides* se distribuye de una manera más dispersa sobre el terreno; en contraste con los realizados en la localidad de Umpalá pues la población de *Z. encephalartoides* está concentrada en una matriz de cultivo dentro de una meseta en una ladera del terreno montañoso. Las condiciones del terreno como la presencia de pendientes más agudas y la cercanía a fincas y haciendas pudieron provocar que esto se viera contradicho con una mayor densidad en los bosques riparios de la localidad de Chocóa.

Aunque el hábito arbustivo ha sido documentado cómo dominante sobre el arbóreo por otros autores en esta región del BsT (Valencia-Duarte et al., 2012; Albesiano & Fernández-Alonso, 2006; Albesiano et al., 2003), esto no corresponde a lo encontrado en el presente trabajo. La metodología implementada y la definición propia de los hábitos pudo haber influido en esta disimilitud en cuanto a la estructura de la vegetación. Los individuos arborescentes muestreados se encontraron inmersos en cardonales y matrices de arbustos de bajo porte. Además de las microcondiciones adversas para el establecimiento de individuos de hábito arbóreo, el ramoneo del ganado caprino que se alimenta de los brotes juveniles genera una homogenización en la composición y con ello la formación de matrices de especies poco palatables para las cabras, ya sea por la producción de metabolitos secundarios o estructuras de defensa cómo espinas (Valencia-Duarte et al., 2012).

En Chocóa la Familia Fabaceae mantuvo los valores de IVI más altos lo cual coincide con lo reportado para el BsT (Gentry, 1995), mientras que en Umpalá fue Malvaceae; este resultado

concuera con estudios realizados en otras localidades del BsT en el Caribe Colombiano (Olascuaga-Vargas et al., 2016; Rojas et al., 2021). La familia Cactaceae tuvo un valor resaltable de IVI, lo que es comúnmente reportado en estudios realizados en zonas cercanas y otros departamentos cómo la Guajira (Valencia-Duarte et al., 2012; Albesiano & Fernández-Alonso, 2006; Albesiano et al., 2003; Rangel & Franco, 1985). Esta alta presencia de cardonales puede evidenciar procesos de sucesión primarios como respuesta a la aridización de los suelos. La colonización rápida mediante su reproducción vegetativa y dispersión zoocórica, permite el mejoramiento de las condiciones para el posterior establecimiento de otros taxones (Valencia-Duarte et al., 2012).

En la localidad de Umpalá el IVI de las especies raras fue mayor que el de las especies comunes y esto podría ser un indicador de un estadio de sucesión avanzado, sin embargo, estos valores sobresalientes se deben a árboles de gran porte con una abundancia y frecuencia bajas pero una dominancia preponderante. *C. chicamochae* (Malvaceae) presentó las características anteriormente mencionadas debido a su particular tronco paquicaúlico y a que posee una importancia cultural regional lo que lleva a su conservación y permanencia por largos periodos de tiempo. Otro caso es *A. excelsum* (Anacardiaceae) que crece también en zonas inundables con una alta disponibilidad hídrica y por lo tanto no es talado mediante la adecuación de terrenos para cultivos, además de que no es rentable su extracción como especie maderable gracias a su bajo valor comercial. Otras especies cómo *C. pentandra* y *M. indica* poseen una importancia social y cultural al presentar servicios ecosistémicos cómo sombra o alimento para las comunidades que allí residen. La presencia de individuos de este porte puede ser el resultado de la tala selectiva y un entresacado de especies para uso maderable, combustible o adecuación cómo se ha

documentado en el departamento de Córdoba y Caldas (Vargas Figueroa et al., 2016; Vega & Saab, 2020).

Además de lo anteriormente mencionado, algunos valores altos de IVI fueron encontrados para especies pioneras-intermedias, generalistas y de rápido crecimiento como *P. pinnatum* (Fabaceae), *C. pentandra* (Malvaceae), *A. excelsum* (Anacardiaceae), *C. thevetia* (Apocynaceae) y *C. odorata* (Meliaceae) (Hernández-Benalcázar et al., 2015; Parolin, 2002). Es por esto por lo que se puede inferir que en ambas localidades se pueden encontrar fragmentos de BsT tanto en sucesión temprana como intermedia.

### **6.3. Diversidad**

Estudios realizados en Colombia aplicando una metodología similar a la utilizada en este trabajo (0,1 Ha muestreadas, DAP<sup>3</sup> 2,5) dieron como resultado una mayor diversidad y abundancia por área muestreada. Para Neguanje, ubicado en el caribe se obtuvieron 326 individuos asignados en 30 familias y 67 morfoespecies (Mendoza, 1999), en el cerro de Tasajero en Norte de Santander se reportaron 281 individuos de 30 familias y 60 morfoespecies y en Tuluá Valle del Cauca 300 individuos clasificados en 23 familias y 44 morfoespecies (Carrillo-Fajardo et al., 2007; González et al., 1995). Esta diferencia puede estar relacionada con las condiciones propias del terreno, como las fuertes pendientes que se presentaron en algunos puntos de muestreo y fenómenos naturales como los derrumbes que modifican la estructura y la permanencia de las especies que conforman la vegetación (Valencia-Duarte et al., 2012). Pizano & García (2014) sugieren que la cercanía con biomas más diversos como el bosque húmedo tropical puede incidir en la disparidad de riquezas entre los estudios realizados en el BsT.

En la localidad de Chocóa se censó una mayor cantidad de individuos (241) y presentó una mayor riqueza (23 familias, 44 morfoespecies), lo que podría deberse a que es una zona de ecoturismo dónde los propietarios permiten que el bosque se desarrolle sin perturbaciones y su conservación es de interés económico. En Umpalá la densidad y riqueza fue particularmente baja (133 individuos distribuidos en 20 familias y 41 morfoespecies) como resultado de los pocos remanentes de bosque conservado, el terreno se encuentra altamente intervenido por la presencia de ganado y el establecimiento de cultivos de interés comercial como tabaco, mango, maracuyá y maíz.

La aplicación de índices de diversidad verdadera como los números de Hill en el BsT ha sido escasa, a excepción de trabajos recientes realizados por Carbone-DelaHoz y colaboradores (2021) y Ballesteros y colaboradores (2019) en localidades del BsT del caribe Colombiano. Los valores de riqueza (parámetro  $q=1$ ) tuvieron valores mucho mayores en estos estudios llegando a doblar el número de morfoespecies encontradas en este trabajo. En el parámetro  $q=1$  (Shannon) los resultados son similares mientras que en  $q=2$  (Simpson) las especies efectivas dominantes poseen un valor mayor que lo reportado, esto se ve soportado por la influencia de los altos valores de dominancia en el IVI.

A pesar de que se compartieron especies se pudieron observar diferencias entre ambas localidades. Esto es consistente con lo planteado para los fragmentos de BsT dónde pese a que se presentan condiciones similares y una corta distancia geográfica, se observan valores de diversidad beta altos (Dirzo et al., 2011). Aunque no se evaluó el impacto antrópico, se puede inferir que este factor puede ser uno de los principales causantes de esta disimilitud, ya que esto puede provocar cambios en la configuración espacial del paisaje y generar cambios ambientales que afectan la estructura y composición de la cobertura vegetal (Arroyo-Rodríguez et al., 2016).

#### 6.4. Especies amenazadas y endémicas

Se encontraron especies maderables amenazadas y especies endémicas en ambas localidades. Entre las maderables se destaca el Cedro (*C. odorata*) (Meliaceae) que está categorizada como en peligro (EN) y clasificada en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES) (Mark & Rivers, 2017; Cárdenas & Salinas, 2006). El caracolí *A. excelsum* (Anacardiaceae) se encuentra catalogada como casi amenazada (NT) según el libro rojo de las plantas de Colombia (Cárdenas & Salinas, 2006). Las comunidades campesinas en la zona de estudio no aprovechan esta especie por su bajo valor comercial y a los servicios que prestan algunos de sus individuos de gran porte como sombra para cultivos y viviendas, sin embargo, en otras zonas del país es fuertemente utilizado (Palacios Tello et al., 2017). Se ha documentado un aprovechamiento de especies correspondientes a los géneros *Peltogyne* y *Platymiscium* de la familia Fabaceae representados en este estudio por *P. paniculata* y *P. pinnatum* respectivamente (Cárdenas & Salinas, 2006). Aunque la explotación y presión que sufren sus poblaciones no es suficiente para elevar su categoría a amenazada, se deben aumentar los esfuerzos de conservación ya que esta situación puede cambiar a futuro.

En cuanto a las especies endémicas se observaron en Umpalá poblaciones de ceiba barrigona (*C. chicamochae*) (Malvaceae) que se encuentra categorizada en peligro según la IUCN (López-Gallego & Morales, 2020) y posee una distribución restringida a la cuenca del río Chicamocha (Díaz-Pérez et al., 2011). Se censaron individuos localizados en pendientes muy pronunciadas y cercanos a cultivos de cítricos, estos restringen la disponibilidad hídrica aumentando la erosión y da como resultado deslizamientos e inestabilidad del terreno. Sumado a esto la presencia de ganado caprino es una presión determinante en el mantenimiento de esta

especie debido al ramoneo de los individuos juveniles (Díaz-Pérez et al., 2011). En lo que concierne a la especie de interés en este trabajo, conocida como cacao indio (*Z. encephalartoides*) (Zamiaceae) se encontró en condiciones similares, ubicada principalmente en las laderas de las montañas y asociada a cultivos. Un ejemplo es la población de la localidad de Umpalá que se encuentra inmersa en una matriz de cultivos mixtos (maíz, tabaco, papaya, mango y cítricos). El propietario del predio conserva esta especie dado el carácter ornamental y el valor cultural de la planta en la región, sin embargo, es removida con frecuencia para la adecuación de terrenos y erosión. Esta remoción y pérdida de su hábitat ha situado a *Z. encephalartoides* en la categoría en peligro de la IUCN (López-Gallego, 2020). Además de las amenazas expuestas anteriormente, ambas especies son extraídas de su hábitat por coleccionistas debido a su carácter ornamental (Díaz-Pérez et al., 2011), lo cual ha ubicado a *Z. encephalartoides* en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES).

## 7. Conclusiones

Con 374 especies distribuidas en 68 géneros y 31 familias, se evidenció una diversidad comparativamente baja debido a presiones naturales y antrópicas particulares del enclave del Cañón de Chicamocha con respecto al BsT presente en otras localidades del país.

La composición y estructura florística refleja estadios de sucesión tempranos a intermedios, relacionados con una presencia marcada de formaciones como cardonales y especies pioneras de rápido crecimiento pero con un gran porte.

Finalmente, dado que hay presencia de especies maderables con interés comercial y especies endémicas amenazadas, se recomienda profundizar en el estudio y conocimiento de la vegetación circundante de estas especies que permitan realizar planes de conservación y restauración de estos importantes ecosistemas.

### Referencias bibliográficas

- Adel, M. N., Pourbabaei, H., Salehi, A., Alavi, S. J., & Dey, D. C. (2018). Structure, composition, and regeneration of riparian forest along an altitudinal gradient in northern Iran. *Folia Geobotanica*, 53(1), 63-75. <https://doi.org/10.1007/s12224-016-9272-x>
- Albesiano, S., & Fernández-Alonso, J. L. (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.
- Albesiano, S., Rangel-Churio, J. O., & Cadena, A. (2003). La vegetación del cañón del río Chicamocha (Santander, Colombia). *Caldasia*, 25(1), 73-99.
- Alexiades, M. N. (1996). Standard techniques for collecting and preparing herbarium specimens. *Advances. Economic Botany*, 10, 99-126.
- Álvarez, E., Mendoza, I., Pacheco, M., Restrepo, Z., Benítez, D., Gutiérrez, T. D., Ramírez, O. C., Dib, J. C., Roldan, A., Carbono, E., Zarza, E., Velásquez, L. A., Serna, M., Velásquez, C., Álvarez, Y., Jiménez, O., Martínez, M., Idagarra, A., & Gómez, F. (2012). ¿Por qué implementar estudios de largo plazo en el bosque seco tropical del Caribe colombiano? *Intropica*, 7 (1), 97-113.

- Arroyo-Rodríguez, V., Melo, F.P.L., Martínez-Ramos, M., Bongers, F., Chazdon, R.L., Meave, J.A., Norden, N., Santos, B.A., Leal, I.R., Tabarelli, M. (2016). Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and fragmentation and landscape ecology research. *Biological Reviews*, 92 (1), 326-340.
- Ballesteros-Correa, J., Morelo-García, L., & Pérez-Torres, J. (2019). Composición y estructura vegetal de fragmentos de bosque seco tropical en paisajes de ganadería extensiva bajo manejo silvopastoril y convencional en Córdoba, Colombia. *Caldasia*, 41(1), 224-234.
- Bernal, D. C. S., Palencia, L. P. E., & Camacho, R. L. (2017). Caracterización de los productos forestales no maderables del bosque seco tropical asociado a las comunidades del Caribe colombiano. *Revista Brasileira de Biociências*, 15(4), 187-198.
- Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. & Gutiérrez, M. (2017). Nombres Comunes de las Plantas de Colombia. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/>
- Bernal, R., Gradstein, S. R., & Celis, M. (2019). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Carbonó-DelaHoz, E., & Barranco-Pérez, W. (2021). Diversidad beta del bosque seco tropical en el norte del Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(174), 95-108.

- Cárdenas, D., & Salinas, N. (2006). Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas. I Parte. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Cárdenas-Camacho, L. M., Díaz, S., Gómez-Anaya, W., Rojas-Rojas, J. E., & López-Camacho, R. (2021). Análisis participativo de servicios ecosistémicos en un área protegida del bosque seco tropical (bs-T), Colombia. *Colombia forestal*, 24(1), 123-156. <https://doi.org/10.14483/2256201X.16548>
- Carrillo-Fajardo, M., Rivera-Díaz, O., & Sánchez-Montaña, R. (2007). Caracterización florística y estructural del bosque seco tropical del Cerro Tasajero, San José de Cúcuta (Norte de Santander), Colombia. *Actualidades biológicas*, 29(86), 55-73.
- Ceroni-Stuva, A. (2003). Distribución de las leguminosas de la parte alta de la cuenca La Gallega. Morropón. Piura. *Ecología Aplicada*, 2(1), 9-13.
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological monographs*, 84(1), 45-67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Cuatrecasas, J. (1934). Observaciones geobotánicas en Colombia. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Series Botanae, 27: 1-144. Madrid. Spain., 1958: Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10(40), 221-260.
- Cuatrecasas, J. (1989). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Perez-Arbelaezia*, 2(8), 155-283.

- Cuéllar-Cardozo, J. A., Nossa-Silva, D., & Vallejo, M. I. (2022). Diversidad y estructura florística en zonas riparias de un remanente de bosque seco tropical. *Colombia forestal*, 25(2), 70-84.
- Díaz-Pérez, C. N., Puerto Hurtado, M. A., & Fernández Alonso, J. L. (2011). Evaluación del hábitat, las poblaciones y el estatus de conservación del Barrigón (*Cavanillesia chicamochae*, Malvaceae-Bombacoideae). *Caldasia*, 33(1), 105-119.
- Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A. & Ceballos, G. (2011). *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*. Washington D.C: Island press.  
<https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7>.
- Espinal, L.S. & Montenegro, E. (1977). Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá: Instituto geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC).
- Etter, A. (1993). Consideraciones generales para el análisis de la cobertura vegetal. Memorias del primer taller de cobertura vegetal. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, SIG-PAFC (Sistema de Información Geográfica-Plan de Acción Forestal para Colombia).
- Font-Quer, P. (1985). Diccionario de botánica. Barcelona: Editorial Labor S. A.
- Gaston, K. J. (1996). Species richness: measure and measurement. En: Gaston, K.J. Biodiversity: A Biology of Numbers and Diferencie. Oxford: Blackwell science.
- GBIF: The Global Biodiversity Information Facility. (2022). What is GBIF?.  
<https://www.gbif.org/what-is-gbif>

- Gentry, A. (1995). Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. En S. Bullock, H. Mooney, & E. Medina (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511753398.007
- Gentry, A. H. (1982). Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary biology*, 15, 1-84.
- Gentry, A. H. (1993). A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. Chicago, Estados Unidos: The University of Chicago Press.
- Gillespie, T. W., Grijalva, A., & Farris, C. N. (2000). Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant ecology*, 147(1), 37-47.
- González BS, Devia-A W. (1995). Caracterización fisionómica de la flora de un bosque seco secundario en el corregimiento de Mateguadua, Tulua-Valle. *Cespedesia*, 20(66):35-65.
- Hernández Benalcázar, H., Gagnon, D., & Davidson, R. (2015). Crecimiento y producción inicial de 15 especies de árboles tropicales de la Amazonía ecuatoriana de estados sucesionales diferentes. *Siembra*, 2(1), 69-75.
- Hoekstra, J. M., Boucher, T. M., Ricketts, T. H., & Roberts, C. (2004). Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology letters*, 8(1), 23-29. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00686.x>
- Holdridge, L.R. (1967). *Life zone ecology*. San José, Costa rica: Tropical Science Center.
- Instituto Alexander von Humboldt, IAvH. (1995). Exploración ecológica a los Fragmentos de bosque seco en el Valle del Río Magdalena (Norte del Departamento del Tolima). Villa de Leyva: IAvH, Grupo de Exploraciones Ecológicas Rápidas.

- Instituto Alexander von Humboldt, IAvH. (1998). Programa de Inventario de la Biodiversidad. El Bosque seco Tropical (Bs-T) en Colombia. Bogotá, D.C.: IAvH, Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental (GEMA).
- Janzen, D. (1988). Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem. Biodiversity. Washington D.C: National Academy of Sciences/Smithsonian Institution.
- Lopez-Gallego, C. & Morales M, P. (2020). *Cavanillesia chicamochae*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T134501353A153330605.es>
- López-Gallego, C. (2022). *Zamia ecephalartoides*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T42151A69839971.en>
- Lot, A., y Chiang, F. (1986). Manual de herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas y preparación de ejemplares botánicos. México DF, México: Consejo nacional de flora de México, AC.
- Mark, J. & Rivers, M.C. (2017). *Cedrela odorata*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20173.RLTS.T32292A68080590.en>
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Washington, DC: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos.
- Mendoza-C H. 1999. Estructura y composición florística del bosque seco tropical en la región Caribe y en el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia*, 21(1), 70-94.

- Mendoza, H., Ramírez, B., Jiménez, L.C. (2004). Rubiaceae de Colombia. Guía ilustrada de géneros. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. & Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491-505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Editora El País.
- Muñoz, J., Erazo, S., & Armijos, D. (2014). Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental “El Chilco” en el suroccidente del Ecuador. *Cedamaz*, 4(1), 53-61.
- Murphy, P. G., & Lugo, A. E. (1986). Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 67–88. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.000435>
- Olascuaga-Vargas, D., Mercado-Gómez, J., & Sanchez-Montaña, L. R. (2016). Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en Toluviejo-Sucre (Colombia). *Colombia forestal*, 19(1), 23-40.
- Palacios Tello, L. Y., Perea Pandales, K., Bellido, D. M., Caicedo, H. Y., & Bonilla, A. (2017). Estructura poblacional de ocho especies maderables amenazadas en el departamento del Chocó-Colombia. *Cuadernos de Investigación UNED*, 9(1), 107-114.

- Pardo, M. E., & Moreno-Arias, R. (2018). El enclave seco del cañón del Chicamocha: biodiversidad y territorio. Bogotá D.C: Fundación Natura.
- Parolin, P. (2002). Bosques inundados en la Amazonia Central: Su aprovechamiento actual y potencial. *Ecología aplicada*, 1(1), 111-114.
- Parra-O. C. (2006). Estudio general de la vegetación nativa de Puerto Carreño (Vichada, Colombia). *Caldasia*, 28(2), 165-177.
- Parra-O., C. (2014). Sinopsis de la familia Myrtaceae y clave para la identificación de los géneros nativos e introducidos en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(148), 261–277.  
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.128>
- Pizano, C., & García, H. (2014). El Bosque Seco Tropical en Colombia. Bogotá D.C: Colombia: IAvH: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Portillo-Quintero, C. & Sánchez-Azofeifa, G. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143(1), 144-155.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- Ricotta, C., & Podani, J. (2017). On some properties of the Bray-Curtis dissimilarity and their ecological meaning. *Ecological Complexity*, 31, 201-205.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2017.07.003>
- Rojas, J. A. A., Ortiz, D. F. L., Lopez, A. R. C., Rojas, M. R., & Erazo, E. B. (2021). Caracterización y diversidad de árboles dispersos en pasturas de un paisaje de

- bosque seco tropical en el Caribe Colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 33, 1-12.
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>
- Ruiz-Vega, R. & Saab, H. P. (2020). Diversidad florística del bosque seco tropical en las subregiones bajo y medio Sinú, Córdoba, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 167-179.
- SiB Colombia (2019). OpenRefine - Guía básica, Limpieza de datos sobre biodiversidad. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Bogotá D.C: Colombia.
- Stevenson, D.W. (2001). Orden Cycadales. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Editorial UNIBIBLOS.
- Trejo, I. & Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest. *Biological Conservation*, 94(2), 133-142. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00188-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00188-3)
- Tropicos.org. (2022). Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>
- Valencia-Duarte, J., Trujillo Ortiz, L. N., & Vargas Ríos, O. (2012). Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia. *Biota Colombiana*, 13(2), 40-65.
- Van der Hammen, T., & Rangel, J. O. (1997). El estudio de la vegetación en Colombia (Recuento histórico-tareas futuras). *Colombia diversidad biótica II*, 17-57.
- Vargas Figueroa, J. A., González Colorado, Á. M., Barona Cortés, E., & Bolívar García, W. (2016). Vegetation Composition and Structure of Tropical Dry Forest Fragments and of Two Sites with Anthropogenic Activity in La Dorada and Victoria, Caldas. *Revista de ciencias*, 20(2), 13-60.

- Vega, R. R., & Saab, H. P. (2020). Diversidad florística del bosque seco tropical en las subregiones bajo y medio Sinú, Córdoba, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 167-179.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá D.C: Programa de Inventarios de Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- WFO. (2022). World Flora Online. <http://www.worldfloraonline.org>.
- Yirdaw, E., Tigabu, M. & Monge, A. (2017). Rehabilitation of degraded dryland ecosystems – review. *Silva Fennica*, 51(1B), 1-32. <https://doi.org/10.14214/sf.1673>

## Apéndices

### A. Composición de especies en Chocoa.

Especies	Transectos									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.							4			
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart						1				



<i>Zamia encephalartoides</i> D.W. Stev.					4	1	6	7		
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.						3	2			
<i>Zanthoxylum</i> sp L.							1			
	21	26	22	22	31	29	30	28	17	17
Total: 243										

## B. Composición de especies en Umpalá.

Especies	Transectos									
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
<i>Albizia guachapele</i> Kunth (Dugand)						1				
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels		4			1				2	2
<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg					2					
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	1					2				
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.				1		1			1	
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T. Aiton		1								
<i>Carica papaya</i> L.				1		1				
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold				1			3		1	3
<i>Cavanillesia chicamochae</i> Fern. Alonso								2		
<i>Cecropia peltata</i> L.				1						
<i>Cedrela odorata</i> L.			2	5			2	1	6	1
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.				2						
<i>Celtis trinervia</i> Lam.								1		
<i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill.				2						
<i>Citrus x limonia</i> (L.) Osbeck	2									
<i>Croton</i> sp L.		1		1						
<i>Fabaceae</i> sp Lindl.									1	
<i>Ficus</i> cf. <i>americana</i> Aubl.										1
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.				1		1				
<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.		1								
<i>Inga vera</i> Willd.				2	3		6			
<i>Jatropha curcas</i> L.		1	1							
<i>Jatropha gossypifolia</i> L.		1								1
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex G. Don			2	1					2	
<i>Mangifera indica</i> L.	1									
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	2									
<i>Muntingia calabura</i> L.			2							

<i>Myrtaceae sp</i> Juss.										2										
<i>Opuntia caracasana</i> Salm-Dyck										2	1	1								
<i>Persea americana</i> Mill.										3										
<i>Pilosocereus lanuginosus</i> (L.) Byles & G.D. Rowley										1										
<i>Piper aduncum</i> L.											1									
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.										1	4	1								
<i>Psidium guineense</i> Sw.											1									
<i>Quararibea cordata</i> (Bonpl.) Vischer											3	1								
<i>Stemmadenia grandiflora</i> (Jacq.) Miers											3	4								
<i>Stenocereus griseus</i> (Haw.) Buxb.										1	1	1								
<i>Theobroma cacao</i> L.											5									
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.												1								
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pav.) Kunth											5									
<i>Zamia encephalartoides</i> D.W. Stev.												1								
											9	10	16	23	16	11	17	7	14	10
Total: 133																				