

**CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA Y DEL HÁBITAT DE UNA  
POBLACIÓN DE *Zamia muricata* Willd. PARA APOYAR EL PROGRAMA  
DE CONSERVACIÓN INTEGRAL DE ESPECIES DE PLANTAS  
PRIORITARIAS DEL BOSQUE SECO TROPICAL**

**RAQUEL SOFÍA GÓMEZ PARRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2014**

**CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA Y DEL HÁBITAT DE UNA  
POBLACIÓN DE *Zamia muricata* Willd. PARA APOYAR EL PROGRAMA  
DE CONSERVACIÓN INTEGRAL DE ESPECIES DE PLANTAS  
PRIORITARIAS DEL BOSQUE SECO TROPICAL**

**RAQUEL SOFÍA GÓMEZ PARRA**

Pasantía de investigación presentado como requisito para optar al título de  
**BIÓLOGA**

Directora

**CRISTINA LÓPEZ GALLEGO Ph.D.**

Bióloga

Universidad de Antioquia

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**BUCARAMANGA**

**2014**

*A mis padres y mis hermanos quienes han sido mi fortaleza y mi guía*

*A Juliana, Mafe y Genner por hacer este camino más ameno*

*A Alicia y Humberto por sus valiosas enseñanzas y su incalculable apoyo*

*A Jorge quien con su riqueza y amor por la botánica me ha guiado y me ha enseñado a apreciar el infinito mundo vegetal*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia y Conalvías S.A. por la financiación de este proyecto.

A Cristina López-Gallego por la dirección, dedicación y paciencia durante la realización de este proyecto.

A los trabajadores de Conalvías S.A., a Mafe y Jorge por las facilidades y colaboración durante la fase de campo.

A Alicia Rojas y Diana Blanco por las sugerencias y continuo apoyo durante la elaboración del proyecto.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	13
1. MATERIALES Y MÉTODOS	17
1.1. Especie de estudio	17
1.2. Área de estudio	17
1.3. Estimación de la densidad y la estructura poblacional	19
1.4. Caracterización general del hábitat	19
1.4.1. Caracterización del hábitat.	19
1.4.2. Análisis de datos.	21
1.5. Rescate y reubicación de individuos de la zona de inundación	22
2. RESULTADOS	24
2.1. Densidad y estructura poblacional	24
2.2. Caracterización general del hábitat	26
2.3. Rescate y reubicación de individuos de la zona de inundación	33
3. DISCUSIÓN	34
3.1. Densidad y estructura poblacional	34
3.2. Caracterización general del hábitat	36
4. CONCLUSIONES	39
5. RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	46

## LISTA DE TABLAS

	<b>pag.</b>
<b>Tabla 1.</b> Especies con mayor valor de IVI en el sector del Embalse y el río Suratá.	28
<b>Tabla 2.</b> Estructura horizontal de acuerdo a las clases diamétricas.	29
<b>Tabla 3.</b> Estructura vertical por estratos de altura.	29
<b>Tabla 4.</b> Índices de diversidad para cada uno de los sitios evaluados.	30
<b>Tabla 5.</b> Similitud florística entre los sitios evaluados.	31
<b>Tabla 6.</b> Prueba t-Student para la apertura de dosel, profundidad de hojarasca y pendiente del terreno entre el sitio del embalse y el río Suratá. Donde gl corresponde a grados de libertad.	31
<b>Tabla 7.</b> Valores promedio de apertura de dosel, profundidad de hojarasca y pendiente en los sitios evaluados.	31
<b>Tabla 8.</b> Valores promedio y prueba t-Student para la textura, pH, contenido de nutrientes y capacidad de intercambio catiónico en los sitios evaluados. Donde gl corresponde a grados de libertad.	32
<b>Tabla 9.</b> Densidad poblacional de diferentes especies de cycadas con algún grado de amenaza.	34

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pag.</b>
<b>Figura 1.</b> Distribución de dos poblaciones de <i>Zamia muricata</i> en el municipio de Bucaramanga, Santander.	18
<b>Figura 2.</b> Distribución geográfica de la población de <i>Zamia muricata</i> . La línea punteada marca el límite entre la zona de inundación y de amortiguamiento. Imagen tomada de Google earth (2014).	24
<b>Figura 3.</b> Relación entre las variables de clases de tamaño. a. Longitud de hoja y número de folíolos. b. Longitud de hoja y longitud de folíolo. c. Número de folíolos y longitud de folíolo.	25
<b>Figura 4.</b> Estructura poblacional de la población de <i>Z. muricata</i> por clases de tamaño de acuerdo a la longitud de la hoja (a.) y número de folíolos (b.).	26
<b>Figura 5.</b> Dominancia, abundancia y frecuencia relativas de las especies con mayor IVI registradas para el sector del embalse.	27
<b>Figura 6.</b> Dominancia, abundancia y frecuencia relativas de las especies con mayor IVI registradas para el sector del río Suratá.	27
<b>Figura 7.</b> Curvas de acumulación de especies basadas en los modelos de abundancia ACE, ICE y Chao 1.	30

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pag.</b>
<b>Anexo A.</b> Lista de individuos de <i>Z. muricata</i> reportados con los datos de tamaño de cada individuo y el sitio de ubicación original y después realizado el rescate.	46
<b>Anexo B.</b> Lista de familias y especies de plantas leñosas registradas en cada sitio.	49
<b>Anexo C.</b> Índice de valor de importancia de las especies registradas en el sector del embalse.	51
<b>Anexo D.</b> Índice de valor de importancia de las especies registradas en el sector del río Suratá.	52

## RESUMEN

**TÍTULO:** CARACTERIZACIÓN DEMOGRÁFICA Y DEL HÁBITAT DE UNA POBLACIÓN DE *Zamia muricata* Willd. PARA APOYAR EL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN INTEGRAL DE ESPECIES DE PLANTAS PRIORITARIAS DEL BOSQUE SECO TROPICAL\*

**AUTOR:** Raquel Sofía Gómez Parra\*\*

**PALABRAS CLAVES:** *Zamia muricata*, estructura poblacional, caracterización de hábitat, traslado de individuos.

### DESCRIPCIÓN:

Se registraron 134 individuos de una población de *Zamia muricata* localizada en la cordillera oriental de los Andes Colombianos (Dpto. Santander), en un bosque seco tropical entre los 800 y 1000 m, sector donde se construirá el embalse del río Tona inundando su hábitat. Se colectaron datos del tamaño de cada individuo, para clasificarlos en categorías de tamaño y describir la estructura poblacional, así mismo, se determinó la densidad poblacional. Adicionalmente, se realizó la caracterización del hábitat de la zona de amortiguamiento del embalse, y de un posible sitio de reubicación de la población. Se realizó una caracterización vegetal, trazando 5 transectos de 50x4 m y registrando los individuos con DAP > 2,5 cm, además se determinó la apertura de dosel, profundidad de hojarasca, pendiente del terreno, contenido de nutrientes, pH y textura del suelo. La estructura poblacional mostró una forma de J invertida, donde la mayoría de los individuos están representados por las clases de tamaño más pequeñas, sugiriendo un alto reclutamiento de individuos, sin embargo, las alteraciones en el hábitat pudieron generar una disminución en la supervivencia y tasas de crecimiento de los individuos. La densidad poblacional fue de 0,01 ind/m<sup>2</sup>. Se encontró semejanza en la estructura florística y en los parámetros abióticos analizados entre los sitios, sin embargo, la similitud florística (diversidad  $\beta$ ) fue baja, por tanto, se determinó trasladar aproximadamente el 32% de los individuos adultos rescatados a la zona de amortiguamiento, 36% al segundo sitio evaluado y el 32% restante al jardín botánico Eloy Valenzuela para su conservación *ex-situ*. Las plántulas y juveniles se mantendrán en vivero hasta alcanzar el estado adulto, con el fin de garantizar su supervivencia. En el futuro, se planea realizar monitoreos periódicos para evaluar el éxito de la población translocada a su nuevo hábitat.

---

\* Pasantía de investigación.

\*\* Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. Directora: Ph. D. Cristina López-Gallego.

## ABSTRACT

**TITLE:** DEMOGRAPHIC AND HABITAT CHARACTERIZATION OF A *Zamia muricata* Willd. POPULATION TO SUPPORT THE INTEGRAL CONSERVATION PROGRAM OF PRIORITY PLANTS IN THE TROPICAL DRY FOREST.\*

**AUTHOR:** Raquel Sofía Gómez Parra\*\*

**KEY WORDS:** *Zamia muricata*, population structure, habitat characterization, move of individuals.

### DESCRIPTION:

134 individuals of a *Zamia muricata* population located in the eastern mountain range of the Colombian Andes (Santander) were registered in a tropical dry forest between 800 and 1000 m in which sector the Tona river dam will be constructed, that floods their habitat. Size data of each individual were collected in order to classify in size categories and to describe the population structure, likewise the population density was determined. Additionally, a habitat characterization of the cushioning area and possible relocation site for the population were realized. Therefore a vegetal characterization was realized by plotting five transects of 50x4 m and registering the individuals with a DBH > 2,5 cm, additionally the canopy opening, the leaf litter depth, the land slope, the nutrient contents, pH and the soil texture were determined. The population structure showed an "inverse J" shape, where the majority of the individuals are represented by the smaller sized classes, suggesting a high individual recruitment, but the alterations of the habitat could generate a decrease in survival and growth rate of the individuals. The population density was 0,01 ind/m<sup>2</sup>. There was found similarity in the floristic structure and the abiotic parameters analyzed between the sites, but the floristic similarity ( $\beta$  diversity) was low, therefore it was determined to move approximately 32% of the adult rescued individuals to the cushioning area, another 36% to the second site evaluated and the remaining 32% to the botanical garden Eloy Venezuela in order to *ex-situ* conservation. Seedlings and juveniles will be kept in a greenhouse until they reach the adult status in order to guarantee their survival. In the future, periodic monitoring to evaluate the success of the translocated population to their new habitat area planned.

---

\* Internship of Investigation.

\*\* Science faculty. Department of Biology. Director: Ph. D. Cristina López-Gallego.

## INTRODUCCIÓN

Las Cycadas, consideradas como “fósiles vivientes” comprenden el grupo de plantas con semillas más ancestral aun no extinto, las cuales datan del período Carbonífero con fósiles de cerca de 300 a 325 millones de años (Donaldson, 2003). Estas plantas, pertenecientes al grupo de las Gimnospermas, han sido objeto de estudios sobre su historia evolutiva y sobre la sistemática del grupo (Brenner *et al.*, 2003; Stevenson, 2001) pero poco se conoce sobre su ecología. Desafortunadamente, muchas especies de cycadas presentan alto grado de amenaza debido a su sobre-explotación y extracción para fines ornamentales, además de la destrucción y degradación de su hábitat, (Stevenson, 2001). Por esta razón, avanzar en el conocimiento de la ecología de estas especies es fundamental para poder apoyar estrategias de conservación efectivas.

El género *Zamia*, distribuido en el neotrópico, alcanza su mayor diversidad en Colombia (Stevenson, 2001). Está conformado por 75 especies, de las cuales 20 se distribuyen en Colombia y 6 son endémicas de este país. Sin embargo, el 65% de estas especies se encuentran categorizadas con algún grado de amenaza (según las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)) en la Lista roja de plantas de Colombia (Galeano *et al.*, 2005).

Existen pocos estudios de la ecología de especies de *Zamia* para apoyar programas de conservación, pero algunos estudios demográficos, ecológicos y de genética de poblaciones han permitido explorar varios aspectos de la biología poblacional de diferentes especies (Negrón-Ortiz & Breckon, 1989; López-Gallego & O'Neil, 2010). Información de la abundancia y distribución poblacional, de la estructura y dinámica de las poblaciones y de las preferencias de hábitat es deseable para obtener recomendaciones para programas de conservación.

En Colombia se ha generado información estratégica para desarrollar programas de conservación sólo para pocas especies de Cycadas (López & Idárraga, 2001; Aguirre, 2004; López-Gallego, 2008), donde se destacan los estudios de base para el “Plan de acción para la conservación de *Zamia encephalartoides*”, especie endémica del Cañón del Chicamocha (Santander) (López-Gallego *et al.*, 2011). Por otro lado, el “Plan de acción de conservación para las Zamias de Colombia” (López-Gallego, 2012) ha propuesto la intervención de autoridades ambientales para implementar estrategias de conservación integrales, que promuevan la protección del hábitat de poblaciones críticas, control del tráfico, planes de restauración y uso sostenible de algunas especies, y planes de monitoreo que permitan ajustar las acciones de conservación. Para complementar estas acciones a nivel nacional, es fundamental la implementación de medidas de conservación locales, de acuerdo al escenario de la especie, sumado al acompañamiento y participación de las comunidades aledañas a los sitios de distribución, lo cual, contribuirá a disminuir el comercio ilegal y consolidará los programas de conservación.

Por su parte, *Zamia muricata* es una especie distribuida principalmente en la península de la Guajira y las costas centrales de Venezuela entre los 0 y 300 m (Stevenson, 2001). Se ha estimado que la especie tiene un tamaño poblacional total de máximo 7500 individuos, según los reportes del Libro rojo global de Cycadas (Donaldson, 2003). Recientemente, en el año 2012 se reportó una población de esta especie distribuida en el departamento de Santander, dentro del área de influencia del proyecto “Regulación del río Tona – Embalse de Bucaramanga” (CDMB, 2012). Esta población representa un nuevo registro de distribución de la especie, la cual se encuentra en un bosque seco tropical (Bs-T) entre los 800 y 1000 m.

El bosque seco tropical, distribuido entre los 0 y 1000 m, presenta una cobertura boscosa continua con un índice de diversidad bajo comparado con el de los

bosques húmedos, sin embargo, se caracteriza por su alto grado de endemismo y especiación (Pennington *et al.*, 2006). Este ecosistema es considerado uno de los bosques más degradados y amenazados de Colombia, ya que solo existe el 8% de su cobertura original (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014). De igual manera, es el menos estudiado y con muy baja representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (IDEAM *et al.*, 2007). La presencia de una especie de alto interés en conservación, como lo es la cycada *Zamia muricata*, en un ecosistema estratégico en términos de la biodiversidad de Colombia, representa una prioridad de acción para conservación ante las graves amenazas presenten en la región de distribución de la especie.

El área actual de distribución de la población de *Z. muricata* reportada para el Departamento de Santander se encuentra gravemente amenazada por las alteraciones a los hábitats de bosque seco tropical que serán intervenidos por la creación del embalse del río Tona. No obstante, no existen estudios que aporten conocimientos ecológicos para apoyar estrategias para la conservación de esta especie. La construcción del embalse, implica la destrucción del hábitat de la población de *Z. muricata* en la zona de inundación, por lo cual se hace necesario un programa de rescate y reubicación de individuos. Los individuos rescatados podrían ser reubicados en la zona de amortiguación del embalse, que preservará fragmentos de bosque seco tropical, o en parches de bosque cercanos al sitio del embalse que contengan otras poblaciones de la misma especie.

La reubicación de individuos ha sido implementada para el enriquecimiento de especies en hábitats alterados como una forma de mitigar el impacto ocasionado por obras de infraestructura, además de ser una actividad necesaria para la conservación de especies amenazadas (Díaz-Espinosa, 2004; Fajardo, 2008). Esta actividad ha permitido la recuperación de bosques fragmentados (Rojas, 2013) y ha tenido gran éxito en el rescate de individuos afectados principalmente

por la construcción de hidroeléctricas (Curba y Asociados SAC., 2009; Iglesias, 2011; Energía limpia y sostenible S.A E.S.P., 2012).

El presente estudio tiene por objetivo analizar parámetros demográficos y del hábitat de la población de *Z. muricata*, localizada en el área de influencia del proyecto “Regulación del río Tona – Embalse de Bucaramanga” para apoyar el rescate y reubicación de la misma. Este proyecto se enmarca dentro del “Programa de conservación integral de especies de plantas prioritarias del bosque seco tropical” ejecutado por la Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia, y pretende aportar información valiosa para la generación de estrategias de conservación a largo plazo de una de las especies bandera de este programa.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.1. Especie de estudio

Al igual que muchas especies de cycadas, *Z. muricata* se encuentra amenazada, debido principalmente a la destrucción de su hábitat, de modo que ha sido categorizada como vulnerable (VU) en la Lista roja de plantas de Colombia (Galeano *et al.*, 2005) y resaltada en la Resolución de especies de plantas amenazadas de Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Resolución 192, 2014). En cuanto a su biología poblacional, esta especie se caracteriza por presentar tallo subterráneo, individuos adultos con 2 a 6 hojas, las cuales pueden alcanzar hasta 2 m de longitud, foliolos lanceolados, de 15 a 20 cm de largo y margen denticulado. Es una especie dioica que desarrolla estróbilos poliníferos color amarillento a marrón claro, de 6 a 10 cm de largo y 1 a 2 cm de diámetro, y estróbilos ovulíferos de color marrón, con longitudes de entre 10 a 15 cm de largo y 3 a 5 cm de diámetro (Stevenson, 2001). La polinización es realizada por insectos, sin embargo, se desconoce la especie que la realiza. Las poblaciones se ubican en grandes pendientes en suelos rocosos o arcillosos, por lo que se asume que la dispersión es por gravedad (Stevenson, 2001).

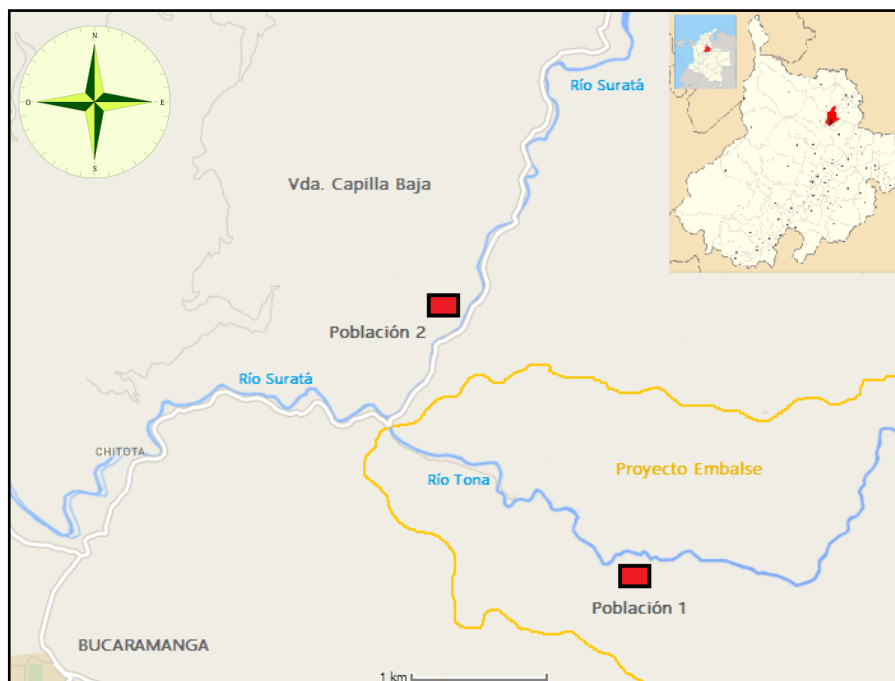
### 1.2. Área de estudio

El estudio fue realizado al norte de la cordillera Oriental de los Andes colombianos, el área corresponde a un Bs-T. Este tipo de bosque está ubicado entre los 800 y 1000 m, en localidades con temperatura promedio de 25°C y precipitación promedio anual de 1253 mm (IDEAM, 2005). La población principal de estudio se encuentra distribuida en el área de influencia del proyecto “Regulación del río Tona – Embalse de Bucaramanga” ubicado al norte de la cabecera municipal de Bucaramanga (Fig. 1), el cual embalsará las aguas del río Tona, para suplir las necesidades de agua potable de Bucaramanga y su área metropolitana. En esta

área, una parte se inundará (zona de inundación) y otras parte será preservada como zona de amortiguación, que incluirá parches de bosque y constituirá un área de protección y manejo en el futuro. Sin embargo, las actividades de extracción intensiva de madera como parte del proceso de deforestación para la creación del embalse han generado cambios en el hábitat natural de la población de *Z. muricata* y otras especies que conforman este ecosistema, degradando el bosque en la zona de inundación, pero también en la zona de amortiguación, y amenazando con la extinción local de especies.

Una segunda población de *Z. muricata* fue localizada fuera del área de influencia del proyecto para la creación del embalse, en la vereda Capilla Baja, 3 Km delante de sitio conocido como Puente Tona, por la vía que de Bucaramanga conduce al Municipio de Matanza. La población se ubica al margen occidental del río Suratá, dentro de un relicto de Bs-T, el cual presenta pendientes superiores a 60° y se encuentra intervenido por cultivos de cacao y café, y potreros con pastizales.

**Figura 1.** Distribución de dos poblaciones de *Zamia muricata* en el municipio de Bucaramanga, Santander.



### 1.3. Estimación de la densidad y la estructura poblacional

Se realizaron recorridos en el área de influencia directa y áreas de amortiguamiento ambiental del proyecto “Regulación del río Tona – Embalse de Bucaramanga” con el fin de localizar todos los individuos de la población de *Z. muricata*. Cada individuo fue marcado con una lámina de aluminio, la cual se amarro a la base del peciolo con alambre de cobre, de tal manera, que cada individuo fuera reconocido fácilmente. Así mismo, se realizó la georeferenciación de cada uno de los individuos y mediante el programa Google Earth™ (2014) se estimó el área total de distribución de individuos de la especie. Usando el área de distribución y el número total de individuos registrados se determinó la densidad poblacional mediante la siguiente fórmula:

$$Densidad\ Poblacional = \frac{\text{No. Individuos}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \quad (\text{Müller-Dombois \& Ellenbery, 1974})$$

En cada uno de los individuos se contabilizó el número de hojas, el número de folíolos presentes en la hoja más larga, y se midió la longitud tanto de la hoja más larga y del folíolo más largo. Se realizaron análisis estadísticos para examinar la relación entre estas variables, y con esta información se clasificaron los individuos en categorías de tamaño. Usando la abundancia relativa de individuos en cada categoría de tamaño se construyó la distribución de estructura poblacional. Estos análisis estadísticos se realizaron en el programa Past 3.01 (Hammer *et al.*, 2001).

### 1.4. Caracterización general del hábitat

**1.4.1. Caracterización del hábitat.** Para describir el hábitat de la población se utilizaron parámetros bióticos relacionados con la composición y estructura de la vegetación y parámetros abióticos de características del dosel y del suelo. Estos parámetros se evaluaron en la zona de amortiguamiento del proyecto, donde el

hábitat de la población está menos intervenido por la actividad antrópica. En la zona de inundación solo se evaluaron parámetros abióticos debido a que las actividades de deforestación para la creación del embalse han generado alteraciones en la composición florística, y parte del hábitat está conformado por vegetación de sucesión secundaria. Todos los parámetros bióticos y abióticos fueron evaluados en el sector donde se localizó la segunda población de *Z. muricata* (río Suratá), con el fin de evaluar su similaridad con el hábitat de la población principal y considerado como posible sitio para la reubicación de la población afectada.

Se realizó la caracterización vegetal del hábitat estableciendo transectos de 50x4 m, siguiendo la metodología propuesta por ISA-JAUM (2004). Según esta metodología se registraron todos los individuos con  $DAP \geq 2,5$  cm, se colectaron muestras representativas de cada individuo siguiendo la metodología estándar para recolección, conservación y herborizado de muestras botánicas (Villarreal *et al.*, 2004). Se establecieron cinco transectos en la zona de amortiguación del embalse, en el hábitat original de la población principal de estudio, y cinco transectos en el parche de bosque del sitio de río Suratá o segundo sitio posible para la traslocación de individuos.

Por otra parte, se midió la apertura de dosel tomando cuatro fotografías del dosel dentro de cada transecto, en los metros 10, 20, 30 y 40 de los transectos. Las fotografías se tomaron con una cámara digital con lente de ojo de pescado a 1,5 m del suelo entre las nueve y diez horas del día, para evitar la incidencia directa del sol en el lente de la cámara. En la zona de inundación las fotografías fueron tomadas en los puntos de mayor confluencia de individuos. Las imágenes se analizaron con el software Gap Light Analyzer (Frazer *et al.*, 1999) para determinar el porcentaje de apertura de dosel en cada transecto.

Adicionalmente, se tomó 1 kg de suelo por cada transecto, compuesto por la mezcla de 4 submuestras tomadas en los metros 10, 20, 30 y 40 de los transectos, siguiendo el protocolo propuesto por van Reeuwijk (1993) para la toma de muestras de suelo. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Químico de Suelos de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), para determinar el contenido de nutrientes (C, P, Ca, Mg, K, Na, Al, Cu, Zn, Fe, Mn), capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, pH y textura del suelo.

La pendiente del terreno fue medida con un clinómetro como la diferencia entre el punto más alto y el más bajo tomado cada 10 m dentro de cada transecto, como lo sugieren Tuomisto *et al.*, (2002). Finalmente se determinó la profundidad de la hojarasca (medida en centímetros) en los mismos puntos dentro de cada transecto.

**1.4.2. Análisis de datos.** Para el análisis de los parámetros bióticos relacionados con la caracterización vegetal del hábitat se estimaron varios parámetros asociados a la diversidad de especies en los dos sitios de muestreo: bosque de la zona de amortiguación del embalse, y bosque de la zona aledaña al río Suratá. Se calcularon curvas de acumulación de especies para los modelos basados en abundancia ACE, ICE y Chao 1, realizando 1.000 aleatorizaciones de los datos con el fin de evaluar la representatividad del muestreo realizado, usando el programa EstimateS 9.1 (Colwell, 2000). Posteriormente, se determinó la diversidad alfa (índices de Shannon-Wiener y Simpson) para cada uno de los sitios evaluados y la similitud florística (índices de Jaccard y Sorensen) entre los mismos, utilizando el programa Past 3.01 (Hammer *et al.*, 2001). Así mismo, se calculó el índice de valor de importancia (IVI) para determinar la importancia ecológica de las especies en cada sitio siguiendo la metodología propuesta por Villarreal *et al.* (2004). Por otra parte, se clasificaron los individuos en clases diamétricas, de acuerdo al DAP, y en estratos vegetativos (Villarreal *et al.*, 2004),

con el fin de determinar la estructura horizontal y vertical de la vegetación para los sitios muestreados.

Para comparar los valores de los parámetros abióticos entre los sitios del embalse y el río Suratá, se realizaron pruebas de normalidad y se realizó una prueba t-Student a cada uno de los parámetros que presentaron distribución normal y una prueba de Mann-Whitney a los parámetros con otro tipo de distribución (% Limo, % Arcilla, Mg, Na, Al, Zn, Mn). Estos análisis se realizaron por medio del programa Past 3.01 (Hammer *et al.*, 2001). Los datos de la zona de inundación no fueron incluidos en este análisis debido a que las actividades de aprovechamiento forestal produjeron alteraciones en el hábitat. Con base en los resultados obtenidos, junto con el análisis florístico se determinó el hábitat más adecuado para el traslado y posterior conservación de los individuos a reubicar de la zona de inundación del embalse.

### **1.5. Rescate y reubicación de individuos de la zona de inundación**

Se rescataron todos los individuos localizados en la zona de inundación, cuyo hábitat se destruirá por completo con la construcción del embalse. Además, las plántulas y juveniles presentes en la zona de amortiguamiento se rescataron también, pues su supervivencia podría estar amenazada por las alteraciones del hábitat durante la construcción del embalse. Para rescatar cada individuo se procedió a extraer el tallo subterráneo por medio de palines pequeños de mano, los cuales se introdujeron en la tierra alrededor del individuo a extraer, en un ángulo de 45° y a una distancia mínima de 20 cm del tallo. Una vez aflojado el terreno, se extrajo manualmente el individuo, cuidando de no arrancarlo del suelo para evitar el daño de la raíz principal y su meristemo radical. Posteriormente, se retiró el residuo de tierra y se envolvió el tallo subterráneo con papel periódico para después colocarlo en canastillas de plástico para su inmediato traslado al sitio escogido para la reubicación.

De acuerdo con la información obtenida de la caracterización del hábitat, se determinó trasladar individuos rescatados a la zona de amortiguación del embalse y al parche de bosque aleñado al río Suratá. Además se decidió trasladar algunos individuos al Jardín Botánico de la CDMB para aumentar sus probabilidades de supervivencia, pues ambos hábitats naturales en los sitios de estudio están altamente perturbados por actividades antrópicas. Los individuos rescatados se reubicaron en micrositios apropiados, en donde se realizó una limpieza de la hojarasca en el área designada para la plantación de cada individuo. Posteriormente, se cavó un hoyo de 30 a 40 cm de profundidad y 20 cm de diámetro por cada individuo, al cual se le retiró el papel periódico y se introdujo dentro de su respectivo hoyo rellenándolo con la tierra extraída del mismo lugar. Usando la información de la estimación de la densidad y estructura poblacional y de la caracterización del hábitat, los individuos rescatados fueron trasladados y reubicados tratando de simular las condiciones en que se encontraban en su hábitat original.

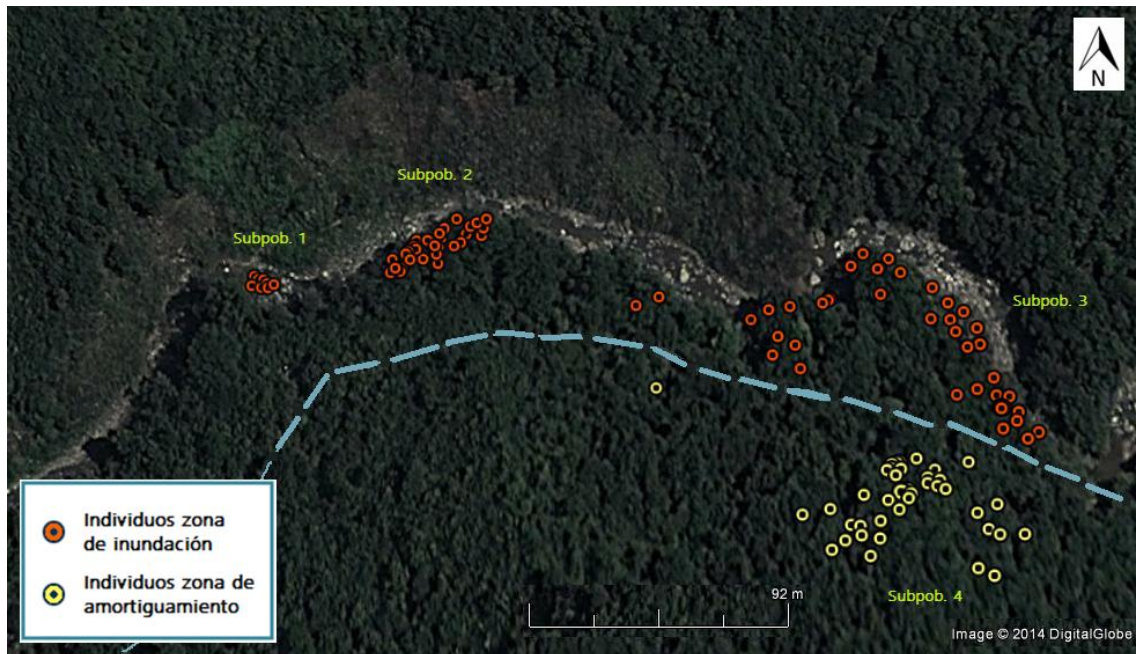
Las plántulas y juveniles extraídos fueron depositados en bolsas plásticas de 50 x 15 x 10 cm y se llenaron con la tierra procedente del sitio de extracción. Posteriormente, se trasladaron a un vivero localizado en el área de distribución natural de la segunda población de *Z. muricata* (parche de bosque del río Suratá). Estos individuos en vivero serán monitoreados hasta que alcancen la edad adulta, luego de lo cual se trasladaran al hábitat natural. Además, y como parte del plan de conservación para la población afectada por el embalse, todos los individuos rescatados y trasladados serán monitoreados a largo plazo, tanto en la zona de amortiguamiento como en la zona del río Suratá para establecer su éxito después de la reubicación y describir la dinámica de las poblaciones de la especie en los dos sitios de estudio.

## 2. RESULTADOS

### 2.1. Densidad y estructura poblacional

Se localizaron 134 individuos de *Z. muricata* (Fig. 2), de los cuales 93 se encontraron distribuidos dentro de la zona de inundación del proyecto (puntos rojos), y los 41 individuos restantes se localizaron en el área de amortiguamiento (puntos amarillos) a pocos metros de la zona de inundación (Anexo 1). Todos los individuos se encontraron en estado vegetativo. El área total ocupada por la población fue de 14.071 m<sup>2</sup> aproximadamente, y la densidad poblacional estimada fue de 0,01ind/m<sup>2</sup>.

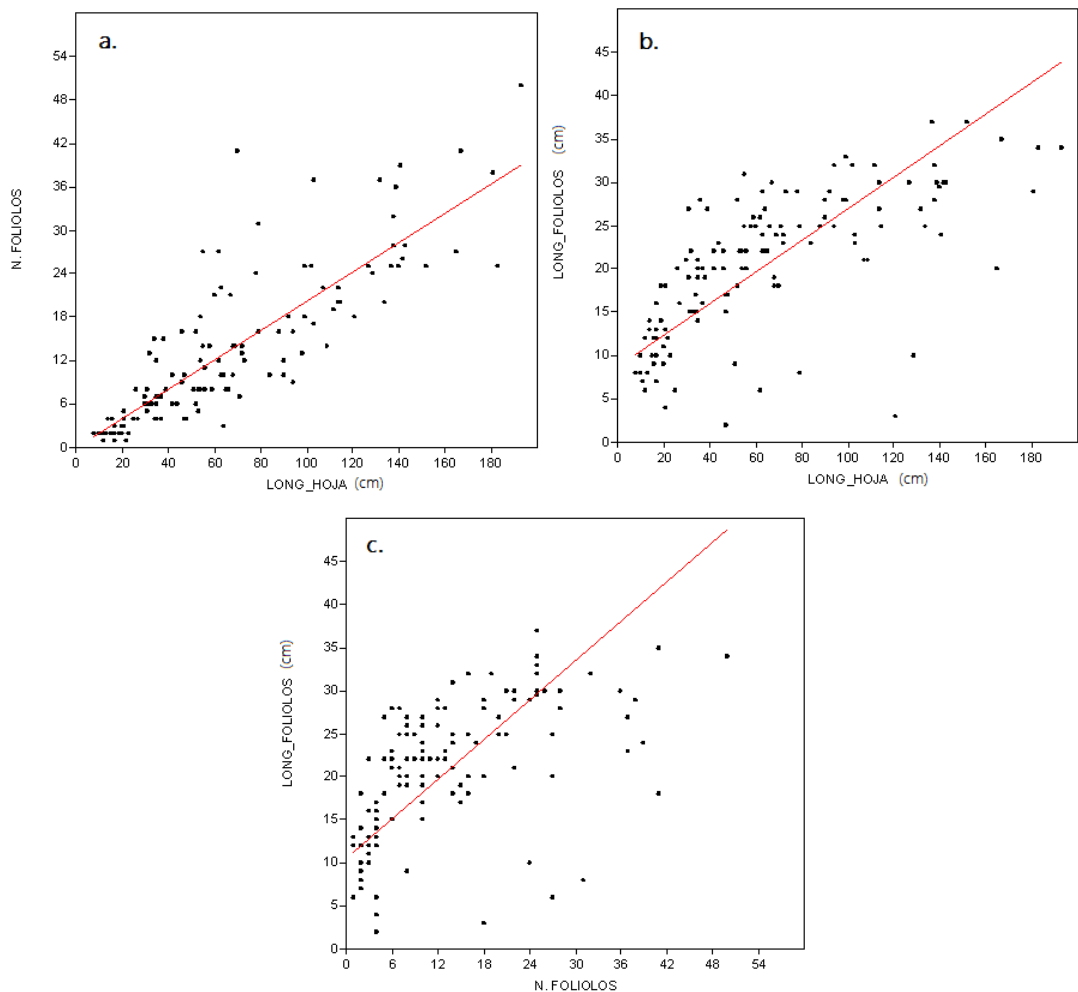
**Figura 2.** Distribución geográfica de la población de *Zamia muricata*. La línea punteada marca el límite entre la zona de inundación y de amortiguamiento.



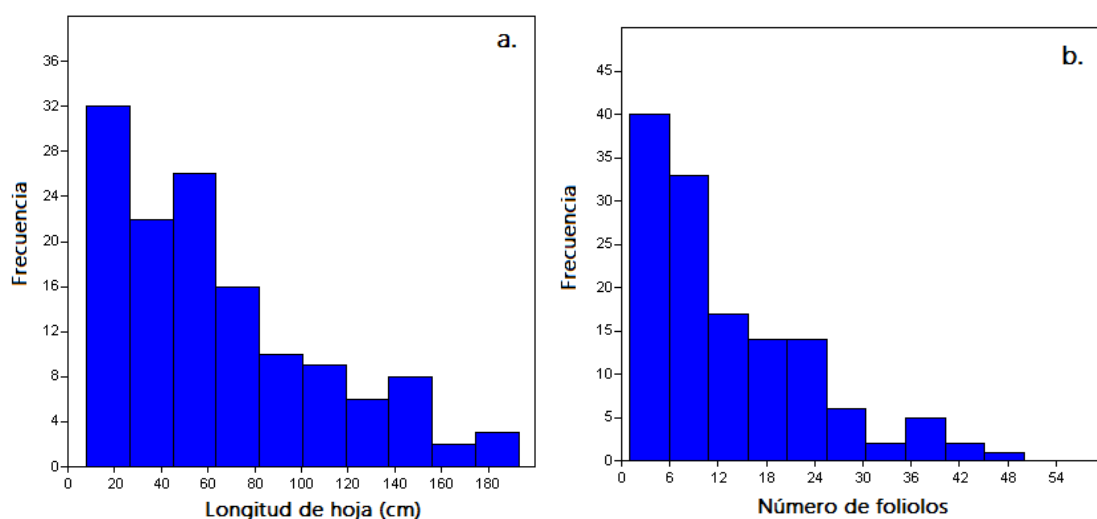
En cuanto a las variables usadas para estimar el tamaño de los individuos, se eligieron el número de folíolos y la longitud de las hojas como las variables mejor representativas del estadio de las plantas. Todos los individuos presentaron una o

dos hojas, por lo tanto, esta variable no fue tomada en cuenta para el análisis de estructura poblacional. El número de folíolos en la hoja más larga tiene una fuerte asociación con la longitud de la hoja ( $R: 0,85; p < 0,001$ ), principalmente en las clases de tamaño más pequeñas (Fig. 3a.). Por su parte, se encontró una relación menos fuerte entre la longitud de folíolos con la longitud de la hoja ( $R: 0,68; p < 0,001$ ), y con el número de folíolos ( $R: 0,59; p < 0,001$ ) (Fig. 3). La estructura poblacional de acuerdo a la longitud de la hoja y el número de folíolos mostró una curva en forma de “J” invertida, donde la mayoría de los individuos están representados por las clases de tamaño más pequeñas (Fig. 4).

**Figura 3.** Relación entre las variables de clases de tamaño. a. Longitud de hoja y número de folíolos. b. Longitud de hoja y longitud de folíolo. c. Número de folíolos y longitud de folíolo.



**Figura 4.** Estructura poblacional de la población de *Z. muricata* por clases de tamaño de acuerdo a la longitud de la hoja (a.) y número de folíolos (b.).

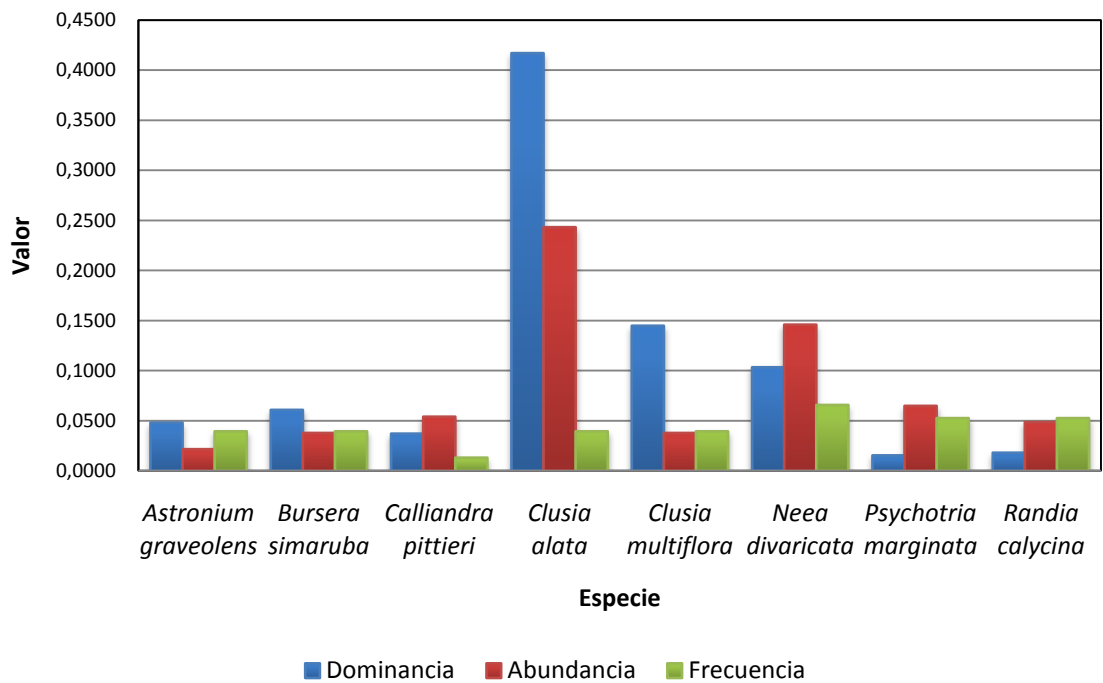


## 2.2. Caracterización general del hábitat

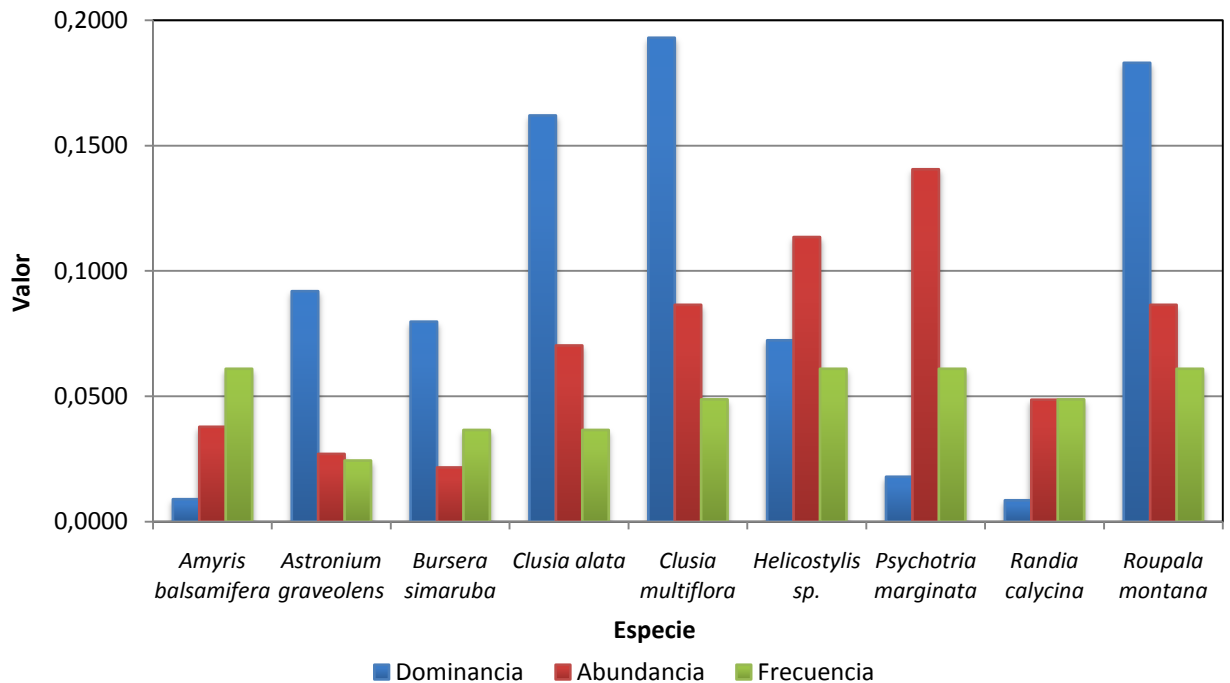
Dentro de los diez transectos realizados para la caracterización del hábitat de los dos sitios evaluados (zona de amortiguamiento del embalse y río Suratá), se registró un total de 370 individuos de plantas leñosas, pertenecientes a 56 especies. En el sector del embalse se reportaron 185 individuos de 43 especies, mientras que en el sector del río Suratá se reportaron 185 individuos de 33 especies (Anexo 2).

La especie más dominante en el sector del embalse fue *Clusia alata* (Fig. 5), mientras que *Clusia multiflora*, *Roupala montana* y *Clusia alata* sobresalieron como las más dominantes en el sector del río Suratá (Fig. 6). *Clusia alata* y *Psychotria marginata* presentaron la mayor abundancia para cada sitio. Por su parte, *Neea divaricata* presentó la mayor frecuencia reportándose en los cinco transectos realizados en el embalse, así como también, *Amyris balsamifera*, *Helicosthylis sp.*, *Psychotria marginata* y *Roupala montana* se reportaron en los cinco transectos realizados en el sector del río Suratá.

**Figura 5.** Dominancia, abundancia y frecuencia relativas de las especies con mayor IVI registradas para el sector del embalse.



**Figura 6.** Dominancia, abundancia y frecuencia relativas de las especies con mayor IVI registradas para el sector del río Suratá.



Por consiguiente, las especies *Clusia alata* y *Roupala montana* presentaron los mayores valores de IVI para el sector del embalse y el río Suratá respectivamente (Tabla 1). Así mismo, seis de las ocho especies con mayor valor de importancia reportadas en el embalse, presentaron también, altos valores de IVI en el sector del río Suratá. En el anexo 3 y 4 se encuentran los valores de IVI correspondientes a las especies restantes en el sector el embalse y el río Suratá respectivamente.

**Tabla 1.** Especies con mayor valor de IVI en el sector del Embalse y el río Suratá.

Embalse		Río Suratá	
<b><i>Clusia alata</i></b>	0,6997	<i>Roupala montana</i>	0,3213
<i>Neea divaricata</i>	0,3152	<b><i>Clusia multiflora</i></b>	0,3186
<b><i>Clusia multiflora</i></b>	0,2222	<b><i>Clusia alata</i></b>	0,2608
<b><i>Bursera simaruba</i></b>	0,1382	<i>Helicosthylis sp.</i>	0,2432
<b><i>Psychotria marginata</i></b>	0,1329	<b><i>Psychotria marginata</i></b>	0,2185
<b><i>Randia calycina</i></b>	0,1194	<b><i>Astronium graveolens</i></b>	0,1388
<b><i>Astronium graveolens</i></b>	0,1092	<b><i>Bursera simaruba</i></b>	0,1340
<i>Calliandra pittieri</i>	0,1044	<i>Amyris balsaminifera</i>	0,1073
		<b><i>Randia calycina</i></b>	0,1055

La mayoría de individuos registrados se encontraron en la clase diamétrica I (Tabla 2), donde el 66% y el 72% de los individuos presentaron DAP entre 3 y 8,9 cm para el sector del embalse y el río Suratá respectivamente. Por tanto, se observó homogeneidad en la estructura horizontal entre los sitios evaluados.

La mayoría de individuos registrados en el embalse, cerca del 64%, fueron de tipo subarbusitivo, mientras que en el río Suratá se encontró una distribución equitativa entre individuos de tipo arbustivo (49%) y subarbusitivo (48%) (Tabla 3). Sin embargo, solo el 3% y el 5% de los individuos estuvieron representados por vegetación arbórea.

**Tabla 2.** Estructura horizontal de acuerdo a las clases diamétricas.

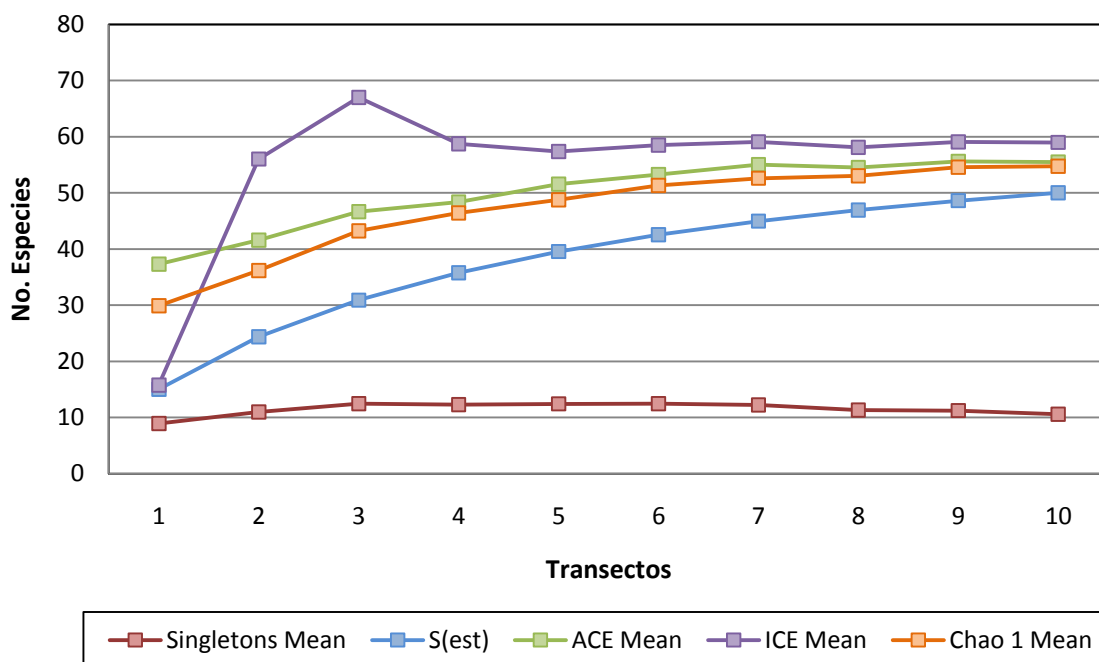
Sitio	Clase Diamétrica	Rango DAP (cm)	N. Individuos	% Ind.
Embalse	I	3 - 8,9	122	65,95
	II	9 - 15,9	37	20,00
	III	16 - 21,9	20	10,81
	IV	> 22	6	3,24
	<b>Total Embalse</b>			185
Río Suratá	I	3 - 8,9	134	72,43
	II	9 - 15,9	25	13,51
	III	16 - 21,9	16	8,65
	IV	> 22	10	5,41
	<b>Total Río Suratá</b>			185

**Tabla 3.** Estructura vertical por estratos de altura.

Sitio	Estrato	Altura	No. Individuos	%
Embalse	Arbustivo	1,5 a 5	65	35,13
	Subarbustivo	5 a 12	118	63,78
	Arbóreo inferior	12 a 25	2	1,08
	<b>Total Embalse</b>			185
Río Suratá	Arbustivo	1,5 a 5	91	49,19
	Subarbustivo	5 a 12	89	48,11
	Arbóreo inferior	12 a 25	5	2,70
	<b>Total Río Suratá</b>			185

Las curvas de acumulación de especies demostraron que se registró el 85% de las especies esperadas, de acuerdo a los modelos basados en abundancia ACE, ICE y Chao 1 (Fig. 7). Esto indica que el registro de la diversidad de especies fue representativo para los sitios muestreados.

**Figura 7.** Curvas de acumulación de especies basadas en los modelos de abundancia ACE, ICE y Chao 1.



Los valores de índices de diversidad fueron muy similares entre ambos sitios, sin embargo, se observó mayor dominancia en el sector del embalse y mayor equidad en el río Suratá (Tabla 4). En contraste, la similitud florística entre sitios fue relativamente baja (Tabla 5), debido a que el número de especies compartidas y sus abundancias fue baja.

**Tabla 4.** Índices de diversidad para cada uno de los sitios evaluados.

Índices	Embalse	Río Suratá
<b>Simpson</b>	0,902	0,934
<b>Shannon-Wiener</b>	2,979	3,047

**Tabla 5.** Similitud florística entre los sitios evaluados.

	<b>Embalse</b>	<b>Río Suratá</b>	
<b>Embalse</b>	1	0,5	<b>Sorensen</b>
<b>Río Suratá</b>	0,33	1	<b>Jaccard</b>

Por otra parte, se encontró similitud en la apertura de dosel, profundidad de hojarasca y pendiente del terreno entre los sitios (Tabla 6). Aunque no se realizó un análisis estadístico en la zona de inundación, se observó un promedio de apertura de dosel superior y de profundidad de hojarasca inferior con respecto a los otros sitios (Tabla 7), como consecuencia de las actividades de deforestación.

**Tabla 6.** Prueba t-Student para la apertura de dosel, profundidad de hojarasca y pendiente del terreno entre el sitio del embalse y el río Suratá. Donde gl corresponde a grados de libertad.

	<b>Valor t</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>gl</b>
<b>A. Dosel</b>	0,263	0,794	38
<b>P. Hojarasca</b>	-0,588	0,560	38
<b>Pendiente</b>	0,093	0,926	38

**Tabla 7.** Valores promedio de apertura de dosel, profundidad de hojarasca y pendiente del terreno en los sitios evaluados.

	<b>A. Dosel</b>		<b>P. Hojarasca</b>		<b>Pendiente</b>	
	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
<b>Inundación</b>	49,03	211,4	3,88	1,48	64,24	109,57
<b>Embalse</b>	17,06	15,05	4,25	1,67	63	82,1
<b>Río Suratá</b>	16,73	17,68	4,5	1,95	62,7	123,5

Los resultados obtenidos del análisis de suelos mostraron diferencias en el pH, materia orgánica, C, P, Ca y Fe entre los sitios (Tabla 8). Se observaron suelos ácidos en el sector del embalse y por el contrario se encontró un pH neutro en el río Suratá. El contenido de materia orgánica, C, P, Ca y Fe fue menor en el sector del embalse. Sin embargo, el tipo de suelo fue arenoso franco en ambos sitios y se observó similitud en el contenido de arena, limo, arcilla, Mg, Na, K, Al, Cu, Zn, Mn y la capacidad de intercambio catiónico (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores promedio y prueba t-Student para la textura, pH, contenido de nutrientes y capacidad de intercambio catiónico en los sitios evaluados. Donde gl corresponde a grados de libertad.

	Embalse	Río Suratá	Unidades	Prueba t-Student		
				Valor t	Prob.	gl
Tipo de suelo	Arenoso Franco	Arenoso Franco				
Textura	82,50	82,25	% Arena	0,069	0,947	6
	10,25	10,25	% Limo	-0,145	0,884	6
	7,25	7,50	% Arcilla	0,152	0,879	6
pH	5,79	7,48	Un. de pH	-4,417	<b>0,004</b>	6
Materia Orgánica	4,99	9,29	%	-2,83	<b>0,029</b>	6
Carbono orgánico	2,90	5,39	%	-2,829	<b>0,029</b>	6
Fósforo	5,98	19,95	ppm	-2,637	<b>0,038</b>	6
Calcio	0,84	3,61	meq/100gr	-2,719	<b>0,034</b>	6
Magnesio	2,55	2,17	meq/100gr	-1,299	0,193	6
Potasio	0,33	0,60	meq/100gr	-2,077	0,083	6
Sodio	1,18	1,00	meq/100gr	-1,393	0,163	6
Aluminio	0,20	0,00	meq/100gr	-0,75	0,453	6
Cobre	0,65	0,65	ppm	0,008	0,993	6
Zinc	11,79	11,45	ppm	0,144	0,885	6
Hierro	331,75	83,70	ppm	2,612	<b>0,039</b>	6
Manganeso	226	252	ppm	0,144	0,885	6
Capacidad de intercambio catiónico	5,09	7,38	meq/100gr	-1,811	0,12	6

### **2.3. Rescate y reubicación de individuos de la zona de inundación**

Se rescataron 52 individuos en estado de plántula y juvenil, de los cuales 34 se localizaban en la zona de inundación y los 18 restantes en el área de amortiguamiento. De igual manera, se extrajeron 53 individuos adultos de la zona de inundación. De estos individuos, 17 fueron entregados al jardín botánico Eloy Valenzuela de la CDMB para su conservación *ex-situ*. Los 36 individuos restantes fueron distribuidos entre los dos sitios escogidos como los más adecuados para su establecimiento, 19 individuos fueron trasladados al sitio donde se localiza la segunda población de *Z. muricata* (río Suratá), y los 17 individuos restantes se trasladaron a la zona de amortiguamiento a mayor altitud del sector donde se distribuyen los individuos no rescatados.

### 3. DISCUSIÓN

#### 3.1. Densidad y estructura poblacional

La densidad poblacional encontrada en el presente estudio es muy baja comparada con la encontrada por López-Gallego (2008) para cuatro poblaciones de *Z. melanorrhachis* en bosque remanente y bosque secundario en el departamento de Córdoba. De igual manera, estudios realizados en otros géneros de cycadas (Pérez & Vovides, 2004; Octavio-Aguilar *et al.*, 2008) muestran densidades superiores para taxa que también se encuentran catalogados con algún grado de amenaza (Tabla 9).

La baja densidad encontrada en *Z. muricata* puede deberse a las alteraciones que está sufriendo el hábitat por las actividades de deforestación para la creación del embalse, lo que generaría un aumento en la mortalidad de individuos y una disminución en la fecundidad debido al estrés al que están sometidos los individuos (López-Gallego, 2008). Sin embargo, es importante la realización de estudios en otras poblaciones de *Z. muricata* que permitan hacer comparaciones y corroborar los efectos ocasionados por los cambios en el ambiente, ya que este es el primer estudio demográfico para la especie.

**Tabla 9.** Densidad poblacional de diferentes especies de cycadas con algún grado de amenaza.

Fuente	Especie	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )
Presente estudio	<i>Z. muricata</i>	0,01
López-Gallego, 2008	<i>Z. melanorrhachis</i> Pob. 1	0,08
López-Gallego, 2008	<i>Z. melanorrhachis</i> Pob. 2	0,05
López-Gallego, 2008	<i>Z. melanorrhachis</i> Pob. 3	0,04
López-Gallego, 2008	<i>Z. melanorrhachis</i> Pob. 4	0,03
Aguirre, 2004	<i>Z. loddigesii</i>	4,9
Pérez & Vovides, 2004	<i>Dioon edule</i> Pob. 1	0,21
Pérez & Vovides, 2004	<i>Dioon edule</i> Pob. 2	0,31
Pérez & Vovides, 2004	<i>Dioon edule</i> Pob. 3	0,44
Octavio-Aguilar <i>et al.</i> , 2008	<i>Ceratozamia matudai</i>	0,33

Para el análisis de la estructura poblacional se tuvo en cuenta la distribución en clases de tamaño de acuerdo con el número de folíolos presente en la hoja más larga de cada individuo. A pesar de que la gráfica de clases de tamaño de acuerdo a la longitud de la hoja fue muy similar a la del número de folíolos (Fig. 3), esta última es considerada como indicador del estado de desarrollo de los individuos (Negron-Ortiz *et al.*, 1996; López-Gallego, 2008; López-Gallego *et al.*, 2011). Aunque no existen estudios que determinen el estado de desarrollo de *Z. muricata*, para el presente trabajo se consideraron plántulas los individuos que presentaron hasta cuatro folíolos, juveniles con seis folíolos y adultos aquellos que tenían más de ocho folíolos, de acuerdo con lo observado en otras especies (López-Gallego, 2008, López-Gallego *et al.*, 2011).

El número de hojas no se tuvo en cuenta para determinar el tamaño de los individuos por su poca variabilidad en la población. Por otra parte, el tamaño de los folíolos estaba asociado con la longitud de la hoja y el número de folíolos, pero presenta mayor variabilidad entre plantas. Algunos estudios han encontrado que la morfología de los folíolos varía significativamente entre individuos de diferentes microambientes, como lo registró Newell (1985 y 1989), quien encontró diferencias en la longitud de los folíolos entre poblaciones que se encontraban con alta y baja apertura de dosel. Por tanto, la longitud de los folíolos no fue tomada en cuenta para el análisis de estructura poblacional ya que pueden presentarse diferencias debido a la alta intervención antrópica en algunos sectores.

La gráfica de estructura poblacional de acuerdo al número de folíolos (Fig. 4b.) sugiere que existe reclutamiento de individuos en la población. Sin embargo, la proporción de plántulas y juveniles no es tan alta como la encontrada en poblaciones que presentan crecimiento poblacional (López-Gallego, 2008; López-Gallego *et al.*, 2011). Es posible que las tasas de fecundidad en la población no sean altas (en comparación con otras especies), o que las plántulas y juveniles tengan altas tasas de mortalidad.

Es importante resaltar las constantes alteraciones a las que está siendo sometido el hábitat de esta población, principalmente por la deforestación generada para la creación del embalse. La pérdida de vegetación conduce a un aumento en la intensidad lumínica, así mismo, disminuye la cantidad de hojarasca generando una disminución en la disponibilidad de nutrientes y aumenta la escorrentía del agua con lo que se aumenta el arrastre de nutrientes. Estos cambios pueden afectar la población en diferentes tasas vitales, como la supervivencia, crecimiento y reproducción de los individuos, y en otros aspectos de su biología poblacional (Cascante *et al.*, 2002; Vergeer *et al.*, 2003; López-Gallego & O'Neil, 2010).

Por otra parte, se observó una alta proporción de individuos adultos de tamaño pequeño (entre 8 a 16 foliolos) en la población. Este patrón podría ser explicado por un lento crecimiento generado por los cambios en el ambiente. En esta población, las plantas tienen un reducido número de hojas, comparados con otras poblaciones de la especie que presentan entre 2 a 6 hojas por individuo adulto (Stevenson, 2001). El reducido tamaño de los individuos adultos pudo generar una disminución en las tasas vitales, como se ha observado en otras especies de *Zamia* (López-Gallego, 2008), lo cual podría explicar la baja densidad que presenta la población.

### **3.2. Caracterización general del hábitat**

Se encontró similitud en los valores de IVI de la mayoría de especies presentes en los dos sitios evaluados y de igual manera, las especies con mayor valor de importancia fueron las mismas para ambos sitios. Esto permite sugerir que existe homogeneidad en los índices de valor de importancia entre el sector del embalse y el río Suratá. Se destaca que el valor de IVI de *Clusia alata* en el sector del embalse fue mucho mayor al presentado en el río Suratá (Tabla 1).

Así mismo, las semejanzas encontradas en la diversidad alfa para ambos sitios sustentan la idea de que existe homogeneidad en la diversidad de la vegetación. Además, se observó similitud en el número de individuos encontrados en las mismas clases diamétricas de cada sitio, lo que sugiere, igualmente, homogeneidad en la estructura horizontal.

Por su parte, no se encontró dominancia por algún estrato vegetativo en el sector del río Suratá, como ocurrió en el embalse, donde la mayoría de individuos son de tipo arbustivo. Sin embargo, se observó una estructura vertical homogénea entre los sitios, conformada, principalmente, por vegetación de tipo arbustivo y subarbustivo y por el contrario, se encontraron muy pocos individuos de tipo arbóreo. A pesar de lo anterior, los valores obtenidos de los índices de Sorensen y Jaccard sugieren baja similitud florística, debido a que de las 56 especies registradas, solo el 36% (20 especies) fueron comunes para los dos sitios, donde se registró mayor número de especies en el sector del embalse.

Por otra parte, también se encontraron semejanzas en los parámetros abióticos evaluados entre los sitios, donde la pendiente del terreno presentó una similitud cercana al 100% (Tabla 6). Por otro lado, las semejanzas encontradas en la apertura de dosel y profundidad de hojarasca fueron superiores al 50%.

En contraste, se observaron diferencias en la acidez de los suelos para ambos sitios, no obstante, la presencia de una población de *Z. muricata* preexistente en el sector del río Suratá permite sugerir que esta especie puede tolerar suelos con pH neutro. Además, la mayor concentración de materia orgánica y carbono orgánico en el sector del río Suratá puede favorecer la viabilidad de la población. Álvarez-Yépez *et al.* (2011) encontraron en sus estudios que la mayor abundancia de *Dioon sonorensis*, cycada endémica de México, está relacionada con el potasio encontrado en el suelo, debido a que esta variable permite aumentar el contenido de agua en las hojas, las tasas fotosintéticas y la conductancia estomática,

indispensables para los periodos de sequía, de tal manera que la similitud en las concentraciones de potasio encontradas en los dos sitios no perjudicaría los procesos fisiológicos de los individuos traslocados.

Por consiguiente, se determinó que el sector del río Suratá presenta las características de hábitat necesarias para mantener la viabilidad a largo plazo de los individuos de *Z. muricata* rescatados. Además, la distribución de la población de *Z. muricata* en el sector del río Suratá permite suponer la presencia de polinizadores específicos para esta especie. Así mismo, se resalta que la zona de amortiguamiento (embalse) quedará establecida como área protegida, la cual será administrada por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) en conjunto con la CDMB, una vez terminada la creación del embalse, con lo que se garantizaría la conservación del hábitat de la población.

Por tanto, se estableció trasladar los individuos rescatados de la zona de inundación al sector del río Suratá y a la zona de amortiguamiento, de tal manera, que se conserven las dos poblaciones preexistentes. Además, es posible que las traslocaciones resulten en aumentar la diversidad genética en la población del río Suratá como consecuencia del flujo de genes que puede presentarse con los individuos traslocados (aunque esto también podría generar algunos riesgos para la población original residente). Además, se determinó entregar parte de la población rescatada al jardín botánico Eloy Valenzuela, para la continuación de la investigación *ex-situ* que permita avanzar en el conocimiento de la especie en otros aspectos de su biología.

#### **4. CONCLUSIONES**

Este estudio sugiere que la población afectada por el proyecto del embalse tiene una densidad baja, comparada con otras especies de Cycadas de sotobosques de bosques tropicales y una estructura poblacional con relativamente pocos individuos juveniles y alta proporción de plantas adultas de tamaño pequeño. Además, el estudio plantea que las condiciones bióticas y abióticas del hábitat original de la población de estudio son similares al hábitat de una segunda población en bosques en el río Suratá. Esta información generada por el estudio se usó para reubicar los individuos adultos que serían afectados en la zona de inundación y las plántulas y juveniles afectadas en otras zonas en un hábitat apropiado y tratando simular sus condiciones naturales para asegurar su conservación a largo plazo.

## 5. RECOMENDACIONES

Debido a que aumentará el nivel del agua cerca de la zona de amortiguamiento una vez terminado el embalse, se recomienda implementar el uso de medidores de humedad relativa permanentes, con el fin de monitorear y detectar los cambios generados en la humedad del suelo y del ambiente. Adicionalmente, se recomienda hacer monitoreos periódicos a las dos poblaciones de *Z. muricata* para evaluar el éxito de la población traslocada a sus nuevos hábitats. Estos datos permitirían conocer las condiciones ambientales que puede llegar a tolerar la especie. De igual manera, es importante realizar estudios en las poblaciones de *Z. muricata* distribuidas en la Guajira y en Venezuela para compararlas con los resultados aquí encontrados.

Es importante tener en cuenta que si se observa un aumento en la mortalidad de los individuos traslocados, se deben trasladar inmediatamente a vivero mientras se recuperan del estrés y se busca un nuevo hábitat adecuado para su reubicación. Igualmente, si se observan efectos negativos en la población ubicada en la zona de amortiguamiento se debe rescatar y trasladar a vivero antes de reportar mortalidad de individuos.

Adicionalmente, se recomienda a la CDMB realizar los estudios pertinentes que permitan catalogar el sector del río Suratá como área protegida, ya que parte del sector donde se distribuye la población no presenta propietario. Así mismo se recomienda realizar charlas con la comunidad local con el fin de concientizar acerca de la importancia de conservar no solo esta especie, sino los bosques secos tropicales en general.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, D. 2004. Demografía y genética de poblaciones de *Zamia loddigessi* Mig. (Zamiaceae) en el Centro de Veracruz, México. Tesis de grado. Biología. Universidad Veracruzana. 69 pp.

ÁLVAREZ-YÉPIZ, J. C., DOVCIK, M. & BÚRQUEZ, A. 2011. Persistence of a rare ancient cycad: Effects of environment and demography. *Biological Conservation* 144: 122-130.

BRENNER, E.D., STEVENSON, D.W. & TWIGG, R.W. 2003. Cycads: evolutionary innovations and the role of plant-derived neurotoxins. *TRENDS in Plant Science* 8 (9): 446-452.

CASCANTE, A., QUESADA, M., LOBO, J. & FUCHS, E. 2002. Effects of dry tropical forest fragmentation on the reproductive success and genetic structure of the tree *Samanea saman*. *Conservation Biology* 16 (1): 137-147.

COLWELL, R. K. 2000. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide), Versión 9.1. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. 2012. Bióloga de la CDMB encuentra especie considerada de las más antiguas sobre la faz de la tierra. Publicado en internet: <http://www.cdmb.gov.co/web/index.php/noticias-principales/1-ultimas/901-biologa-de-la-cdmb-encuentra-especie-considerada-de-las-mas-antiguas-sobre-la-faz-de-la-tierra.html> [Acceso: 15/07/2014].

CURBA Y ASOCIADOS SAC. 2009. Plan de manejo ambiental de la central hidroeléctrica Naranjos II. 79 pp.

DÍAZ-ESPINOSA, A. 2004. Competencia entre pastos exóticos y plantas nativas: una estrategia para la restauración del bosque altoandino. Tesis de Biología. Universidad Nacional de Colombia.

DONALDSON, JS. 2003. Cycads. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Cycad Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.86 pp.

ENERGÍA LIMPIA Y SOSTENIBLE S.A E.S.P. 2012. Plan de acción ambiental: Vía y obras complementarias proyecto de Central Hidroeléctrica Rio Dormilón. Plan de Acción Ambiental Obras Complementarias Rio Dormilón. 69 pp.

FAJARDO, F. 2008. Restauración ecológica, una experiencia de capacitación en el Páramo de Chiles. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia.

FRAZER, G. W., CANHAM, C. D., y LERTZMAN, K. P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour Ws-eye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.

GALEANO, G., BERNAL, R., CALDERON, E., GARCIA, N., COGOLLO, A. & IDARRAGA, D. 2005. Libro rojo de plantas de Colombia. Vol 2: Palmas, Frailejones, y Zamias; Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt/ICN/MinAmbiente Bogotá, Colombia.

GOOGLE EARTH 7.1.3.22.3. 2014. Fecha de consulta: 10 de junio 2014. Disponible en: <http://earth.google.com>.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9. Disponible en: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

IDEAM, 2005. Atlas climatológico de Colombia. Bogotá D.C. ISBN 958-8067-14-6. 12 pp.

IDEAM, IGAG, IAvH, Invemar, I. Sinchi & IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C., 276 pp.

IGLESIAS, S. 2011. Guía de impacto ambiental para centrales hidroeléctricas. Monografía. Universidad Tecnológica de Pereira. 55 pp.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 2014. Bosques secos tropicales en Colombia. Publicado en internet: <http://www.humboldt.org.co/investigacion/proyectos/en-desarrollo/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia>. [Acceso 15/07/2014].

ISA-JAUM, 2004. Propuesta metodológica de parcelas normalizadas para los inventarios de vegetación. Equipo de investigación Convenio ISA-JAUM. Medellín. 3-10 pp.

LÓPEZ-GALLEGO, C. 2008. Demographic variation in cycad population in habiting contrasting forest fragments. *Biodiversity Conservation* 17: 1213-1225.

LÓPEZ-GALLEGO, C. 2012. Plan nacional de conservación para las zamias de Colombia. Programa de Biología de la conservación y uso de la biodiversidad. Instituto Alexander von Humboldt.

LÓPEZ-GALLEGO, C., CALONJE, M. & IDÁRRAGA-PIEDRAHÍTA, A. 2011. Conservation assessment and action plan for a threatened colombian cycad. Conservation Leadership Programme. 37 pp.

LÓPEZ-GALLEGO, C. & O'NEIL, P. 2010. Life-history variation following habitat degradation associated with differing fine-scale spatial genetic structure in a rain forest cycad. *Population Ecology* 52: 191-201.

LÓPEZ, M.C. & IDÁRRAGA, A. 2001. Conservation status of the Zamiaceae species of Antioquia department (Colombia). *Actualidades Biológicas* 23 (75): 23-31.

MULLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERY, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: J.T. Arthur.

NEGRON-ORTIZ, V., GORCHOV, D. & BRECKON, G. 1996. Population structure in *Zamia* (Zamiaceae) in Northern Puerto Rico. II. Seed germination and stage-structured population projection. *International Journal of Plant Sciences* 157 (5): 605-614.

NEGRON-ORTIZ, V. & BRECKON, G.J. 1989. Population structure in *Zamia debilis* (Zamiaceae). I. Size classes, leaf phenology, and leaf turnover. *American Journal of Botany* 76 (6): 891-900.

NEWELL, S. 1985. Intrapopulational variation in leaflet morphology of *Zamia pumila* L. in relation to microenvironment and sex. *American Journal of Botany* 72 (2): 217-221.

NEWELL, S. 1989. Variation in leaflet morphology among populations of Caribbean cycads (*Zamia*). *American Journal of Botany* 76 (10): 1518-1523.

OCTAVIO-AGUILAR, P., GONZÁLEZ-ASTORGA, J. & VOVIDES, A. 2008. Population dynamics of the Mexican cycad *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae): life history stages and management impact. *Botanical Journal of the Linnean Society* 157: 381-391.

PENNINGTON, T., GWILYN, P.L. & RATTER, J.A. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forest. Pp. 1-29. En: Pennington, T., Gwilyn, P.L. & Ratter, J.A. (eds.). Neotropical savannas and seasonally dry forests. *Plant Diversity, Biogeography and Conservation*. The Systematics Association. Special Volume Series 69.

PÉREZ, M. & VOVIDES, A. 2004. Spatial distribution, population structure, and fecundity of *Ceratozamia matudai* Lundell (Zamiaceae) in El Triunfo biosphere reserve, Chiapas, México. *The Botanical Review* 70 (2): 299-311.

RESOLUCIÓN 0192 de 10 febrero de 2014, por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia. 46 pp.

STEVENSON, D.W. 2001. Cycadales. *Flora de Colombia* 21: 1-92.

TUOMISTO, H., RUOKOLAINEN, K., POULSEN, A. D., MORAN, R. C., QUINTANA, C., CAÑAS, G., y CELI, J. 2002. Distribution and diversity of Pteridophytes and Melastomataceae along edaphic gradients in Yasuní National Park, Ecuadorian Amazonia. *Biotropica* 34: 516–533.

VAN REEUWIJK, L. P. 1993. Procedures for soil analysis. Fourth edition. ISRIC Technical Paper 9. Wageningen, The Netherlands. 95 pp.

VERGEER, P., RENGELINK, R., COPAL, A. & OUBORG, N. 2003. The interacting effects of genetic variation, habitat quality, and population size on performance of *Succisa pratensis*. *Journal Ecology* 91: 18-26.

VILLARREAL, H., ÁLVAREZ, M., CÓRDOBA, S., ESCOBAR, F., FAGUA, G., GAST, F., MENDOZA, H., OSPINA, M. & UMAÑA, A. 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, Colombia. 236 p.

## ANEXOS

**Anexo A.** Lista de individuos de *Z. muricata* reportados con los datos de tamaño de cada individuo y el sitio de ubicación original y después realizado el rescate.

INDIVIDUO	N. HOJAS	LONG. HOJA	N. FOLIOLOS	LONG FOLIOLO	UBI. ORIGINAL	UBI. TRASLADO
1	1	39	8	27	Inundación	Jardín Botánico
2	1	38	15	19	Inundación	Río Suratá
3	2	143	28	30	Inundación	Río Suratá
4	2	79	16	25	Inundación	Jardín Botánico
5	1	35	12	20	Inundación	Jardín Botánico
6	1	35	6	21	Inundación	Jardín Botánico
7	1	42	6	22	Inundación	Jardín Botánico
8	1	53	5	22	Inundación	Jardín Botánico
9	1	63	10	22	Inundación	Jardín Botánico
10	1	35	7	19	Inundación	Jardín Botánico
11	1	34	15	17	Inundación	Jardín Botánico
12	1	56	11	22	Inundación	Río Suratá
13	1	36	7	28	Inundación	Jardín Botánico
14	2	92	18	29	Inundación	Río Suratá
15	2	114	20	27	Inundación	Río Suratá
16	1	88	16	25	Inundación	Jardín Botánico
17	2	69	14	24	Inundación	Amortiguamiento
18	1	71	7	25	Inundación	Jardín Botánico
19	1	99	18	28	Inundación	Río Suratá
20	2	127	25	30	Inundación	Río Suratá
21	2	141	39	24	Inundación	Jardín Botánico
22	1	64	10	27	Inundación	Río Suratá
23	1	46	16	20	Inundación	Jardín Botánico
24	1	94	16	32	Inundación	Río Suratá
25	1	64	3	22	Inundación	Jardín Botánico
26	1	112	19	32	Amortiguamiento	Amortiguamiento
27	1	63	10	24	Amortiguamiento	Amortiguamiento
28	1	56	8	20	Amortiguamiento	Amortiguamiento
29	1	134	20	25	Amortiguamiento	Amortiguamiento
30	1	183	25	34	Amortiguamiento	Amortiguamiento
31	1	152	25	37	Amortiguamiento	Amortiguamiento
32	1	102	25	32	Amortiguamiento	Amortiguamiento

INDIVIDUO	N. HOJAS	LONG. HOJA	N. FOLIOLOS	LONG FOLIOLO	UBI. ORIGINAL	UBI. TRASLADO
33	1	16	4	12	Amortiguamiento	Jardín Botánico
34	1	34,5	4	15	Amortiguamiento	Jardín Botánico
35	1	32	13	22	Amortiguamiento	Amortiguamiento
36	1	53	8	22	Amortiguamiento	Amortiguamiento
37	1	14	4	14	Amortiguamiento	Jardín Botánico
38	1	37	7	20	Amortiguamiento	Jardín Botánico
39	2	115	20	25	Amortiguamiento	Amortiguamiento
40	2	138	28	28	Amortiguamiento	Amortiguamiento
41	1	31,5	6	15	Amortiguamiento	Jardín Botánico
42	1	72	14	24	Amortiguamiento	Amortiguamiento
43	1	167	41	35	Amortiguamiento	Amortiguamiento
44	1	54	8	20	Amortiguamiento	Amortiguamiento
45	1	78	24	29	Amortiguamiento	Amortiguamiento
46	1	31	5	27	Amortiguamiento	Jardín Botánico
47	1	17	3	16	Amortiguamiento	Jardín Botánico
48	1	27	4	16	Amortiguamiento	Jardín Botánico
49	2	54	12	22	Amortiguamiento	Amortiguamiento
50	1	138	32	32	Amortiguamiento	Amortiguamiento
51	1	114	22	30	Amortiguamiento	Amortiguamiento
52	1	99	25	33	Amortiguamiento	Amortiguamiento
53	2	98	13	28	Amortiguamiento	Amortiguamiento
54	1	58	14	25	Amortiguamiento	Amortiguamiento
55	1	23	2	10	Amortiguamiento	Jardín Botánico
56	1	23	2	10	Amortiguamiento	Jardín Botánico
57	1	132	37	27	Amortiguamiento	Amortiguamiento
58	1	165	27	20	Inundación	Amortiguamiento
59	2	181	38	29	Inundación	Amortiguamiento
60	1	16	2	9	Inundación	Jardín Botánico
61	2	109	14	21	Inundación	Jardín Botánico
62	1	25	4	6	Inundación	Jardín Botánico
63	1	10	2	8	Inundación	Jardín Botánico
64	1	19	2	14	Inundación	Jardín Botánico
65	1	62	12	26	Inundación	Jardín Botánico
66	1	10	2	10	Inundación	Jardín Botánico
67	1	37	4	16	Inundación	Jardín Botánico
68	1	21	5	18	Inundación	Jardín Botánico
69	1	19	2	18	Inundación	Jardín Botánico
70	2	8	2	8	Inundación	Jardín Botánico
71	1	15	2	10	Inundación	Jardín Botánico

INDIVIDUO	N. HOJAS	LONG. HOJA	N. FOLIOLOS	LONG FOLIOLO	UBI. ORIGINAL	UBI. TRASLADO
72	1	20	2	9	Inundación	Jardín Botánico
73	1	11	2	7	Inundación	Jardín Botánico
74	1	15	2	10	Inundación	Jardín Botánico
75	1	17	2	7	Inundación	Jardín Botánico
76	1	17	2	10	Inundación	Jardín Botánico
77	2	22	1	12	Inundación	Jardín Botánico
78	2	21	4	4	Inundación	Jardín Botánico
79	1	10	2	10	Inundación	Jardín Botánico
80	1	12	2	12	Inundación	Jardín Botánico
81	1	17	1	13	Inundación	Jardín Botánico
82	1	79	31	8	Inundación	Amortiguamiento
83	1	63	22	29	Inundación	Amortiguamiento
84	1	55	27	25	Inundación	Amortiguamiento
85	1	137	25	37	Inundación	Río Suratá
86	1	67	21	30	Inundación	Río Suratá
87	1	193	50	34	Inundación	Río Suratá
88	1	103	17	24	Inundación	Río Suratá
89	2	72	13	23	Inundación	Río Suratá
90	2	65	8	22	Inundación	Río Suratá
91	2	94	9	25	Inundación	Río Suratá
92	1	59	8	26	Inundación	Jardín Botánico
93	1	90	12	28	Inundación	Jardín Botánico
94	1	68	10	19	Inundación	Río Suratá
95	2	121	18	3	Inundación	Jardín Botánico
96	2	47	4	2	Inundación	Jardín Botánico
97	1	44	6	23	Inundación	Jardín Botánico
98	1	48	4	17	Inundación	Jardín Botánico
99	1	90	10	26	Inundación	Río Suratá
100	1	129	24	10	Inundación	Río Suratá
101	1	26	8	20	Amortiguamiento	Amortiguamiento
102	1	46	9	22	Amortiguamiento	Amortiguamiento
103	1	17	3	10	Amortiguamiento	Jardín Botánico
104	1	13	2	8	Amortiguamiento	Jardín Botánico
105	1	17	3	12	Amortiguamiento	Jardín Botánico
106	1	12	1	6	Amortiguamiento	Jardín Botánico
107	1	35	4	14	Amortiguamiento	Jardín Botánico
108	3	142	26	30	Inundación	Amortiguamiento
109	2	84	10	23	Inundación	Jardín Botánico
110	1	55	14	31	Inundación	Amortiguamiento

INDIVIDUO	N. HOJAS	LONG. HOJA	N. FOLIOLOS	LONG FOLIOLO	UBI. ORIGINAL	UBI. TRASLADO
111	1	21	3	13	Inundación	Jardín Botánico
112	1	14	4	13	Inundación	Jardín Botánico
113	2	66	8	25	Inundación	Jardín Botánico
114	1	52	6	28	Inundación	Jardín Botánico
115	2	139	36	30	Inundación	Amortiguamiento
116	1	52	16	18	Inundación	Amortiguamiento
117	1	54	18	20	Inundación	Jardín Botánico
118	1	73	12	29	Inundación	Jardín Botánico
119	3	103	37	23	Inundación	Amortiguamiento
120	1	60	21	25	Inundación	Amortiguamiento
121	2	33	6	15	Inundación	Jardín Botánico
122	2	140	25	29,5	Inundación	Amortiguamiento
123	1	70	41	18	Inundación	Amortiguamiento
124	2	68	14	18	Inundación	Amortiguamiento
125	1	31	8	19	Inundación	Amortiguamiento
126	2	47	10	17	Inundación	Amortiguamiento
127	1	30	7	21	Amortiguamiento	Jardín Botánico
128	1	62	27	6	Amortiguamiento	Amortiguamiento
129	1	20	3	11	Amortiguamiento	Jardín Botánico
130	1	42	10	20	Amortiguamiento	Amortiguamiento
131	1	30	6	21	Amortiguamiento	Jardín Botánico
132	1	47	10	15	Amortiguamiento	Amortiguamiento
133	1	51	8	9	Amortiguamiento	Amortiguamiento
134	1	107	22	21	Amortiguamiento	Amortiguamiento

**Anexo B.** Lista de familias y especies de plantas leñosas registradas en cada sitio.

FAMILIA	ESPECIE	AUTOR	EMBALSE	RÍO SURATÁ
Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i>	Jacq.		
Areaceae	<i>Aiphanes sp.</i>	Willd.		
Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i>	(Benth.) Burkart		
Rhamnaceae	<i>Ampelozizyphus guaquirensis</i>	W.Meier & P.E.Berry		
Rutaceae	<i>Amyris balsamifera</i>	L.		
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i>	(Bertero ex Kunth) Skeels		
Annonaceae	<i>Indeterminado</i>			
Rubiaceae	<i>Arachnothryx sp.</i>			
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Jacq.		

FAMILIA	ESPECIE	AUTOR	EMBALSE	RÍO SURATÁ
Salicaceae	<i>Banara glauca</i>	(Kunth) Benth.		
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	(L.) Sarg.		
Fabaceae	<i>Calliandra pittieri</i>	Standl.		
Capparaceae	<i>Capparis macrophylla</i>	Kunth		
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i>	(Rich.) Urb.		
Salicaceae	<i>Casearia sp.</i>			
Cactaceae	<i>Cereus sp.</i>			
Solanaceae	<i>Cestrum sp.</i>			
Clusiaceae	<i>Clusia alata</i>	Planch. & Triana		
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i>	Kunth		
Polygonaceae	<i>Coccoloba cf. densifrons</i>	Mart. ex Meisn.		
Asteraceae	<i>Critonia morifolia</i>	(Mill.) R.M.King & H.Rob.		
Primulaceae	<i>Cybianthus poeppigii</i>	Mez		
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum coca</i>	Lam.		
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum oxycarpum</i>	O.E.Schulz		
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	L.		
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	Willd.		
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i>	(L.) Sleumer		
Moraceae	<i>Helicostylis sp.</i>			
Fabaceae	<i>Inga acuminata</i>	Benth.		
Fabaceae	<i>Machaerium capote</i>	Dugand		
Fabaceae	<i>Machaerium sp.</i>			
Celastraceae	<i>Maytenus longipes</i>	Briq.		
Myrtaceae	<i>Myrcia guianensis</i>	(Aubl.) DC.		
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i>	(Aubl.) Kuntze		
Nyctaginaceae	<i>Neea divaricata</i>	Poepp. & Endl.		
Araliaceae	<i>Oreopanax sp.</i>			
Passifloraceae	<i>Passiflora arborea</i>	Spreng.		
Sapindaceae	<i>Paullinia bracteosa</i>	Radlk.		
Picramniaceae	<i>Picramnia corallodendron</i>	Tul.		
Piperaceae	<i>Piper piedecuestanum</i>	Trel. & Yunck.		
Piperaceae	<i>Piper amalago</i>	L.		
Apocynaceae	<i>Plumeria pudica</i>	Jacq.		
Urticaceae	<i>Pouzolzia occidentalis</i>	(Liebm.) Wedd.		
Sapotaceae	<i>Pradosia colombiana</i>	(Standl.) T.D.Penn. ex T.J.Ayers & Boufford		
Burseraceae	<i>Protium macrophyllum</i>	(Kunth) Engl.		
Malvaceae	<i>Psedobombax sp.</i>			
Rubiaceae	<i>Psychotria marginata</i>	Sw.		

FAMILIA	ESPECIE	AUTOR	EMBALSE	RÍO SURATÁ
Rubiaceae	<i>Randia calycina</i>	Cham.		
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	Aubl.		
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i>	L.		
Solanaceae	<i>Solanum subinerme</i>	Jacq.		
Meliaceae	<i>Trichilia sp.</i>			
Caricaceae	<i>Vasconcellea cauliflora</i>	(Jacq.) A.DC.		
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Lam.		
Rutaceae	<i>Zanthoxylum setulosum</i>	P.Wilson		

**Anexo C.** Índice de valor de importancia de las especies registradas en el sector del embalse.

Especie	Dominancia		Abundancia		Frecuencia		IVI
	Da	Dr	Aa	Ar	Fa	Fr	
<i>Acalypha diversifolia</i>	7,96	0,0005	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0191
<i>Aiphanes sp.</i>	92,95	0,0058	5,00	0,03	0,60	0,04	0,0723
<i>Ampelozizyphus guaquirensis</i>	11,46	0,0007	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0193
<i>Anacardium excelsum</i>	103,13	0,0064	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0249
<i>Annonaceae</i>	75,84	0,0047	2,00	0,01	0,20	0,01	0,0287
<i>Arachnothrix sp.</i>	66,92	0,0041	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0227
<b><i>Astronium graveolens</i></b>	777,87	0,0481	4,00	0,02	0,60	0,04	<b>0,1092</b>
<i>Banara glauca</i>	449,29	0,0278	3,00	0,02	0,40	0,03	0,0703
<b><i>Bursera simaruba</i></b>	983,74	0,0609	7,00	0,04	0,60	0,04	<b>0,1382</b>
<b><i>Calliandra pittieri</i></b>	600,35	0,0371	10,00	0,05	0,20	0,01	<b>0,1044</b>
<i>Caparis macrophylla</i>	15,14	0,0009	2,00	0,01	0,40	0,03	0,0381
<i>Casearia arborea</i>	130,35	0,0081	3,00	0,02	0,20	0,01	0,0374
<i>Casearia sp.</i>	72,26	0,0045	3,00	0,02	0,40	0,03	0,0470
<b><i>Clusia alata</i></b>	6739,75	0,4170	45,00	0,24	0,60	0,04	<b>0,6997</b>
<b><i>Clusia multiflora</i></b>	2341,09	0,1449	7,00	0,04	0,60	0,04	<b>0,2222</b>
<i>Coccoloba cf. densifrons</i>	20,37	0,0013	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0198
<i>Critonia morifolia</i>	38,67	0,0024	3,00	0,02	0,40	0,03	0,0449
<i>Cybianthus poeppigii</i>	25,78	0,0016	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0202
<i>Erythroxylum coca</i>	40,19	0,0025	2,00	0,01	0,40	0,03	0,0396
<i>Erythroxylum oxycarpum</i>	70,11	0,0043	3,00	0,02	0,40	0,03	0,0469
<i>Ficus insipida</i>	14,50	0,0009	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0195
<i>Guarea guidonia</i>	399,00	0,0247	3,00	0,02	0,40	0,03	0,0672

Especie	Dominancia		Abundancia		Frecuencia		IVI
	Da	Dr	Aa	Ar	Fa	Fr	
<i>Helicosthylis sp.</i>	116,58	0,0072	2,00	0,01	0,40	0,03	0,0443
<i>Inga acuminata</i>	32,96	0,0020	2,00	0,01	0,20	0,01	0,0260
<i>Machaerium capote</i>	17,90	0,0011	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0197
<i>Machaerium sp.</i>	25,78	0,0016	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0202
<i>Maytenus longipes</i>	25,78	0,0016	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0202
<i>Myrcia guianensis</i>	45,84	0,0028	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0214
<i>Myrcia revolutifolia</i>	77,27	0,0048	3,00	0,02	0,40	0,03	0,0473
<i>Myrsine guianensis</i>	135,84	0,0084	5,00	0,03	0,60	0,04	0,0749
<b><i>Neea divaricata</i></b>	1671,45	0,1034	27,00	0,15	1,00	0,07	<b>0,3152</b>
<i>Oreopanax sp.</i>	35,09	0,0022	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0207
<i>Passiflora arborea</i>	133,77	0,0083	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0268
<i>Paullinia bracteata</i>	11,46	0,0007	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0193
<i>Piper piedecuestanum</i>	7,18	0,0004	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0190
<i>Pouzolzia occidentalis</i>	21,09	0,0013	2,00	0,01	0,40	0,03	0,0384
<i>Pradosia colombiana</i>	7,96	0,0005	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0191
<b><i>Psychotria marginata</i></b>	249,38	0,0154	12,00	0,06	0,80	0,05	<b>0,1329</b>
<b><i>Randia calycina</i></b>	292,53	0,0181	9,00	0,05	0,80	0,05	<b>0,1194</b>
<i>Roupala montana</i>	7,18	0,0004	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0190
<i>Trichilia sp.</i>	13,45	0,0008	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0194
<i>Vasconcellea cauliflora</i>	9,63	0,0006	1,00	0,01	0,20	0,01	0,0192
<i>Zanthoxylum roifolium</i>	146,74	0,0091	2,00	0,01	0,40	0,03	0,0462
<b>Total</b>	16161,59	1	185	1	15,20	1	3

**Anexo D.** Índice de valor de importancia de las especies registradas en el sector del río Suratá.

Especie	Dominancia		Abundancia		Frecuencia		IVI
	Da	Dr	Aa	Ar	Fa	Fr	
<i>Aiphanes sp.</i>	25,78	0,0017	1	0,01	0,2	0,01	0,0193
<i>Albizia niopoides</i>	45,84	0,0030	1	0,01	0,2	0,01	0,0206
<b><i>Amyris balsamifera</i></b>	138,78	0,0090	7	0,04	1	0,06	<b>0,1078</b>
<b><i>Astronium graveolens</i></b>	1423,00	0,0919	5	0,03	0,4	0,02	<b>0,1433</b>
<b><i>Bursera simaruba</i></b>	1234,88	0,0798	4	0,02	0,6	0,04	<b>0,1380</b>
<i>Calliandra pittieri</i>	229,10	0,0148	7	0,04	0,4	0,02	0,0770
<i>Casearia arborea</i>	54,51	0,0035	2	0,01	0,2	0,01	0,0265

<i>Casearia sp.</i>	284,33	0,0184	6	0,03	0,6	0,04	0,0874
<i>Cereus sp.</i>	9,63	0,0006	1	0,01	0,2	0,01	0,0182
<i>Cestrum sp.</i>	154,06	0,0100	1	0,01	0,2	0,01	0,0276
<b><i>Clusia alata</i></b>	2507,88	0,1620	13	0,07	0,6	0,04	<b>0,2689</b>
<b><i>Clusia multiflora</i></b>	2987,74	0,1930	16	0,09	0,8	0,05	<b>0,3283</b>
<i>Coccoloba cf. densifrons</i>	127,03	0,0082	4	0,02	0,8	0,05	0,0786
<i>Erythroxylum oxycarpum</i>	71,62	0,0046	3	0,02	0,4	0,02	0,0452
<b><i>Helicostylis sp.</i></b>	1119,83	0,0723	21	0,11	1	0,06	<b>0,2468</b>
<i>Machaerium capote</i>	34,08	0,0022	3	0,02	0,4	0,02	0,0428
<i>Machaerium sp.</i>	28,27	0,0018	3	0,02	0,2	0,01	0,0302
<i>Myrcia guianensis</i>	706,49	0,0456	3	0,02	0,6	0,04	0,0984
<i>Eugenia uniflora</i>	132,30	0,0085	9	0,05	0,6	0,04	0,0938
<i>Myrsine guianensis</i>	43,29	0,0028	2	0,01	0,2	0,01	0,0258
<i>Picramnia corallodendron</i>	25,79	0,0017	2	0,01	0,4	0,02	0,0369
<i>Piper amalago</i>	56,34	0,0036	3	0,02	0,6	0,04	0,0564
<i>Plumeria pudica</i>	75,92	0,0049	2	0,01	0,4	0,02	0,0401
<i>Pouzolzia occidentalis</i>	15,14	0,0010	2	0,01	0,4	0,02	0,0362
<i>Pradosia colombiana</i>	59,68	0,0039	3	0,02	0,6	0,04	0,0567
<i>Protium macrophyllum</i>	11,46	0,0007	2	0,01	0,4	0,02	0,0359
<i>Psedobombax sp.</i>	13,45	0,0009	1	0,01	0,2	0,01	0,0185
<b><i>Psychotria marginata</i></b>	277,35	0,0179	26	0,14	1	0,06	<b>0,2194</b>
<b><i>Randia calycina</i></b>	132,10	0,0085	9	0,05	0,8	0,05	<b>0,1060</b>
<i>Sapindus saponaria</i>	424,07	0,0274	1	0,01	0,2	0,01	0,0450
<b><i>Roupala montana</i></b>	2832,88	0,1830	16	0,09	1	0,06	<b>0,3305</b>
<i>Solanum subinerme</i>	25,82	0,0017	3	0,02	0,6	0,04	0,0545
<i>Zanthoxylum setulosum</i>	172,29	0,0111	3	0,02	0,2	0,01	0,0395
<b>TOTAL</b>	15480,73	1,00	185	1	16,4	1	3