

Plantas con Semilla (Espermatófitas) de la Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia

Pedro Javier Cáceres Penagos

Trabajo de Grado para optar al Título de Biólogo

Director

Andrés Felipe Castaño González

Doctor en Biología Vegetal

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2021

Agradecimientos

Al personal del Herbario y al Grupo de Estudios en Biodiversidad de la UIS por abrirme las puertas y permitir desarrollar este trabajo.

A todos mis profesores de la Escuela de Biología en especial al profesor Felipe Castaño por sus enseñanzas durante los últimos años en la UIS.

A todos los botánicos y personas que han trabajado en la Serranía de los Yariguíes por sus esfuerzos en la recolección de material para los herbarios.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	9
1. Objetivos	11
1.1 Objetivo General	11
1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 Competencias	11
2. Cuerpo del Trabajo	12
2.1 Marco Referencial.....	12
2.2 Método	16
2.3 Resultados	20
2.4 Discusión.....	26
3. Conclusiones	32
4. Recomendaciones	32
Referencias bibliográficas.....	33

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Tipos de hábito de crecimiento de las espermatófitas	22
Tabla 2. Registros de espermatofítas por municipios	23
Tabla 3. Especies amenazadas de la Serranía de los Yariguíes	25

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Área de estudio	17
Figur 2. Avance en la determinación taxonómica de espermatófitas en el herbario UIS	20
Figura 3. Riqueza de espermatófitas en la Serranía de los Yariguíes	21
Figura 4. Puntos de muestreo de espermatófitas en la Serranía de los Yariguíes.....	24
Figura 5. Principales recolectores de espermatofitas en la Serranía de los Yariguíes	25

Lista de Apéndices

Ver apéndice adjunto y puede ser consultado en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice. Listado de especies de espermatófitas registradas para la Serranía de los Yariguíes.

Resumen

Título: Plantas con Semilla (Espermatófitas) de la Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia*

Autor: Pedro Javier Cáceres Penagos**

Palabras Clave: Colombia, Yariguíes, Espermatófitas, herbario, georreferenciación.

Descripción:

Colombia afronta hoy retos que comprometen la correcta gestión de su biodiversidad, siendo la información de las colecciones biológicas muy importante para el estudio y la toma de decisiones sobre la misma. Basado en el estudio y determinación taxonómica de especímenes botánicos depositados en el herbario UIS, se da a conocer un primer acercamiento hacia la composición de espermatófitas que se presentan en la Serranía de los Yariguíes. Se revisaron, determinaron taxonómicamente y georreferenciaron 1712 ejemplares, encontrando un total de 145 familias, 520 géneros y 1031 morfoespecies. Teniendo en cuenta el número de especies y géneros sobresalen las siguientes familias: Melastomataceae (20 géneros / 89 especies), Rubiaceae (38 / 86), Asteraceae (38 / 75), Fabaceae (40 / 70), Solanaceae (10 / 32), Acanthaceae (17 / 30), Piperaceae (3 / 29) y Ericaceae (13 / 26). Los géneros con mayor cantidad de especies son: *Miconia* (46 especies), *Solanum* (21), *Piper* (18), *Palicourea* (14), *Psychotria* (12), *Clusia*, *Passiflora* y *Tillandsia* (11), *Mikania*, *Peperomia* y *Schefflera* (10). Las hierbas, árboles y arbustos son los hábitos de vida predominantes. Se pone en evidencia la alta diversidad florística del área de estudio, así como la importancia de su conservación.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Andrés Felipe Castaño González. Doctor en Biología Vegetal.

Abstract

Title: Seed plants (Spermatophyta) from Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia *

Author: Pedro Javier Cáceres Penagos **

Key Words: Colombia, Yariguíes, Spermatophytes, herbarium, georeferentiation

Description:

Currently, Colombia faces challenges that compromise the correct management of its biodiversity, and the information from biological collections is very important for the study and decision-making on it. Based on the study and taxonomic determination of botanical specimens deposited in UIS herbarium, a first approach towards the composition of spermatophytes presents in the Serranía de los Yariguíes is made here. 1712 specimens were reviewed, taxonomically determined and georeferenced, finding a total of 145 families, 520 genera and 1031 morphospecies. Taking into account the number of species and genera, the following families stand out as the most important: Melastomataceae (20 genera / 89 species), Rubiaceae (38/86), Asteraceae (38/75), Fabaceae (40/70), Solanaceae (10/32), Acanthaceae (17/30), Piperaceae (3/29) and Ericaceae (13/26). The genera with the highest number of species were *Miconia* (46 species), *Solanum* (21), *Piper* (18), *Palicourea* (14), *Psychotria* (12), *Clusia*, *Passiflora* and *Tillandsia* (11), *Mikania*, *Peperomia* and *Schefflera* (10). Herbs, trees and shrubs were the predominant life habits. The high floristic diversity of the study area is evidenced, as well as the importance of its conservation.

* Degree Work

** Science Faculty. School of Biology. Director: Andrés Felipe Castaño González. Doctor in Plant Biology

Introducción

La vegetación andina en Colombia es considerada como una de las más diversas del mundo y se calcula que quedan menos del 10% de los bosques andinos originales (Henderson et al., 1991; Churchill et al., 1993; Cavalier y Etter, 1995; Huertas et al., 2006). Las principales causantes de la pérdida de bosques en el país son entre otros, la expansión agrícola, la minería y el crecimiento demográfico. A su vez, dichas actividades ocurren en el departamento de Santander, en donde hasta el año 2016 el piedemonte de la Serranía de los Yariguíes repuntaba en las alertas tempranas de deforestación (González et al., 2011; Valderrama et al., 2014; IDEAM, 2021). En paralelo, las fronteras agrícolas en el país continúan expandiéndose en relación directa con pérdidas incalculables de biodiversidad.

La Serranía de los Yariguíes, distribuida entre los 100 y los 3400 m de altitud, se encuentra aislada entre el valle medio del río Magdalena y el costado occidental de la cordillera Oriental en el departamento de Santander (Donegan et al., 2010), lo que sumado a su historia natural la convierte en un sitio con características biogeográficas únicas. Así mismo, gran parte de la Serranía hace parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y suministra una amplia gama de recursos y servicios ecosistémicos para la región (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). No obstante, hasta el momento no se tiene certeza de cuántas y cuáles son las especies vegetales que se encuentran en la Serranía, y los estudios enfocados en la flora son relativamente escasos (Martínez, 2007; Ramírez, 2007; Ayala, 2011; Díaz-Piedrahita y Rodríguez-C., 2011; Caro-M. et al., 2018; Jara y Zabala, 2018). La implementación de inventarios exhaustivos que integren información de especímenes en colecciones reconocidas es fundamental para el conocimiento y seguimiento de la flora en general, además de ser necesario para el desarrollo de nuevos estudios. El Herbario UIS tiene como propósito desarrollar investigaciones sobre flora del

departamento de Santander y en la actualidad con una colección que supera los 20.000 especímenes, resguarda un patrimonio de gran valor para el conocimiento de la flora nativa. En los últimos años las colecciones biológicas de la UIS han logrado jugar un rol importante en la conservación de la biodiversidad y ha sido a partir del trabajo en ellas que se ha documentado la alta diversidad de plantas presentes en el departamento de Santander, las cuales representan aproximadamente un cuarto de las especies vegetales del país. Sin embargo, no existe un inventario completo de la flora del departamento, por esta razón, es necesario concentrar esfuerzos en estudios de composición y riqueza florística enfocados en áreas protegidas como el Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, entre otras.

El propósito general de este estudio es aportar elementos para un catálogo de la flora de la Serranía de los Yariguíes, principalmente a través de la revisión, determinación taxonómica y georreferenciación de especímenes del Herbario UIS. Contar con dicho catálogo es una tarea de arduo trabajo y en un futuro cercano servirá como materia prima para el uso, gestión y fortalecimiento de los programas de conservación de esta área protegida.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Mejorar el conocimiento de la flora de espermatófitas de la Serranía de los Yarigués.

1.2 Objetivos Específicos

1.2.1 Apoyar en el procesamiento y la determinación taxonómica del material depositado en el herbario UIS, procedente de la Serranía de los Yarigués.

1.2.2 Georreferenciar los especímenes por medio de herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica).

1.3 Competencias

1.3.1 Herboriza y monta especímenes de plantas para su posterior inclusión en el Herbario UIS.

1.3.2 Emplea diferentes herramientas web y bibliográficas para la determinación taxonómica del material vegetal estudiado.

1.3.3 Aplica métodos y herramientas SIG para la georreferenciación de cada espécimen de herbario analizado.

1.3.4 Maneja datos y metadatos en formato Darwin Core a partir de la inclusión de los especímenes de plantas en la colección de referencia del Herbario UIS.

1.3.5 Publica la base de datos y metadatos a partir de la inclusión de los especímenes de plantas en la colección de referencia del Herbario UIS.

2. Cuerpo del Trabajo

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Antecedentes generales

Colombia ocupa el segundo lugar en cuanto a diversidad de plantas vasculares en las Américas (Ulloa et al., 2017). Se calcula que en el país existe un aproximado de 25.000 especies, entre ellas unas 22.925 angiospermas y cerca de 50 gimnospermas (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia [SiB], 2021). Por otro lado, para el departamento de Santander se estima aproximadamente una quinta parte de las especies reportadas en el país, con al menos 4800 especies (Bernal et al., 2020). El Departamento se encuentra conformado por valles y cadenas montañosas que surgieron con la orogénesis andina, ubicado en el bloque de los Andes del norte se resaltan áreas de importancia biogeográfica como por ejemplo el valle medio del río Magdalena, la Serranía de los Yariguíes, el cañón del Chicamocha y zonas de alta montaña como los páramos del Almorzadero y Santurbán (Hernández-Camacho et al., 1992; Albesiano y Fernández-A., 2005). Áreas como la Serranía de los Yariguíes hacen parte del SINAP, donde continuamente se describen especies nuevas para la ciencia, algunas de ellas endémicas y amenazadas (Valderrama et al., 2014; Aguilar-Cano et al., 2018; Colmenares-P. 2021). La biota del Departamento resulta de las interacciones entre las condiciones que ofrece el medio natural y la evolución de los organismos presentes a lo largo de millones de años; que a su vez es la clave para mantener los servicios ecosistémicos (Torres y Quiñones, 2019). Lamentablemente, la colonización, el marcado crecimiento demográfico y actividades como la deforestación, la minería, la expansión de la frontera agrícola o la mala gestión ambiental han disminuido en más del 70% de las coberturas vegetales del departamento trayendo consigo degradación, contaminación de ecosistemas, pérdida de hábitat y alteraciones en la regulación de los recursos naturales como la provisión de agua o el

suelo (García, 2016; IDEAM, 2021). No obstante, los esfuerzos para completar los inventarios de los distintos grupos biológicos permiten darse cuenta de los vacíos de información (Mendoza-Cifuentes et al., 2018) y plantean la necesidad de aunar esfuerzos de manera interinstitucional actualmente desintegrados, para invertir en investigaciones que aumenten la información, el conocimiento y permitan continuar explorando, reconociendo y estudiando la biodiversidad regional. Así pues, las colecciones biológicas han sido y continúan ejerciendo un papel principal para documentar la biodiversidad y generar nuevo conocimiento no solo para el desarrollo científico, sino también para que la toma de decisiones gubernamentales desencadene en la generación de conciencia ambiental, la comprensión, el correcto manejo, preservación, conservación y uso sostenible de nuestra biodiversidad (Arbeláez-Cortés, 2013; Contraloría General de Santander, 2019; Borja-Acosta et al., 2020).

2.1.2 Importancia de los Herbarios - Herbario UIS

Las colecciones botánicas en Santander iniciaron formalmente con la creación del Herbario UIS hace 43 años (Rentería, E., 1977). Es de resaltar que el Herbario UIS es la primera colección botánica del Departamento y la más importante del centro - nororiente de Colombia. El herbario hace parte de las colecciones del Museo de Historia Natural de la Escuela de Biología de la Universidad Industrial de Santander. Así mismo se encuentra inscrito en el Registro Nacional de Colecciones, vinculado a la Asociación Colombiana de Herbarios (ACH) e incluido con el acrónimo “UIS” en el Index Herbariorum (Thiers, 2021).

El Herbario funciona como un centro de estudios botánicos, florísticos y taxonómicos, es uno de los 27 herbarios en Colombia que pertenecen a universidades públicas, lo cual es crucial a la hora de apoyar a la docencia, investigación y extensión en programas profesionales de pregrado

y posgrado. Opera también como un gran archivo, muy útil a la hora de documentar y soportar estudios de biodiversidad (Nualart et al. 2017). Sirve como un medio para verificar la identificación de especies, y como un repositorio para depositar formalmente especímenes de plantas prensadas y desecadas (Moreno, 2007; Parra y Díaz-P., 2016; Heberling & Isaac, 2017). La colección cuenta con 25 especímenes tipo y está dividida en 3 secciones: 1. Colección general, 2. Antoteca (flores en líquido), 3. Carpoteca (frutos y semillas) y se organiza alfabéticamente por familias siguiendo el sistema del Angiosperm Phylogeny Group (APG-IV, 2016). Por último, el Herbario UIS mantiene un registro de los investigadores, colectores y colaboradores que han dejado parte de su trabajo en este lugar, algunos de ellos como A. H. Gentry, R. Álvarez, E. Rentería [fundador] y H. Mendoza quienes han desempeñado funciones claves para el desarrollo de la botánica y los herbarios del país, lo que motiva a nuevos investigadores a seguir trabajando en proyectos aún necesarios sobre flora regional, etnobotánica, fenología, estructura, composición o estudios del desarrollo en plantas (Thiers, 2021; Castaño F., 2020)

2.1.3 Estudios Botánicos en la Serranía de los Yariguíes

Aunque diversos exploradores visitaron la región de Santander durante la colonia con intereses botánicos, solo a finales del siglo XVIII se impulsaron expediciones botánicas a nivel nacional, motivadas en parte por el ánimo de descubrir y controlar especies útiles tales como la quina (Sastoque, 2011). A finales del siglo XIX la quina (*Cinchona* spp.) fue de gran importancia para la economía nacional, ocupando el primer puesto en la composición porcentual de las exportaciones, siendo la región de Santander protagonista del auge quintero (Palacios, 2009; Sastoque, 2011). En paralelo, algunos exploradores extranjeros recolectaron y exportaron muchas plantas, principalmente orquídeas, desde Santander y otras regiones con fines comerciales (Deas

y Sánchez, 1991). Recientemente, diversos botánicos e investigadores de otras áreas han recolectado material para diferentes herbarios del país, principalmente COL, HUA, JAUM y UPTC. Estudios como los de Donegan et al. (2004), Marín et al. (2010), Prado-Castillo et al. (2018), Caro-M. et al. (2018) y otros que condujeron a la zonificación ambiental (Unidad de Parques Nacionales Naturales - Tragsa, 2008) y a la formulación del plan de manejo del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes (Ministerio de Medio Ambiente, 2010), han aportado elementos hacia el conocimiento de su flora (Moreno y Tinjacá, 2018). Así mismo, tanto las salidas de campo académicas, como de carácter investigativo de las personas vinculadas al herbario UIS, han participado para complementar el conocimiento florístico de la Serranía y la región. Además, la descripción reciente nuevas especies (Aguilar et al., 2018; Jara y Zabala, 2018); así como el estudio enfocado en elementos particulares de la flora (Rodríguez, 2019), dan cuenta de la alta diversidad de especies de plantas que allí se encuentra. Para finalizar, en 2019 se llevó a cabo el proyecto Santander Bío, que aportó material proveniente de una expedición al Carmen de Chucurí (Torres y Quiñones, 2019).

2.1.4 Espermatófitas

Las plantas con semilla o espermatófitas (División Spermatophyta) son un grupo que se originó hace aproximadamente 350 millones de años (Stevens, 2021), y que actualmente hace presencia a nivel mundial. Forman un grupo monofilético (Silvestro et al., 2015; Wang et al., 2021) constituido por dos subdivisiones: 1, Gymnospermae, con 4 ordenes (Cycadales, Cupressales, Gnetales y Pinales) y aproximadamente 1000 especies (Forest et al., 2018); y 2, Angiospermae (72 ordenes y 422000 especies), que incluye todas las plantas con flores (Stevens, 2021). La monofilia de Spermatophyta está respaldada por filogenias basadas en información molecular y por la

presencia de caracteres morfológicos como el xilema secundario, ciclos de vida heterospóricos y el desarrollo de óvulos cubiertos por un tegumento (Judd et al., 2007; Barrett y Harder, 2017; Toledo et al., 2018). Dentro de las espermatófitas se encuentra la mayor diversidad de especies de plantas del país, representada por más de veintidós mil especies (Bernal et al., 2020). Muchas de ellas son parte esencial de los ecosistemas y a su vez son utilizadas como medicinas, alimentos, para construir vivienda o fabricar tejidos (Khoury et al., 2016). A pesar de ello, en departamentos como Santander la flora se conoce solo parcialmente y existen zonas aun no exploradas botánicamente, por lo tanto, se requiere aunar esfuerzo para llegar a completar el catálogo de la flora nativa (Pérez-Arbeláez, 1996; Mendoza-C. et al., 2018).

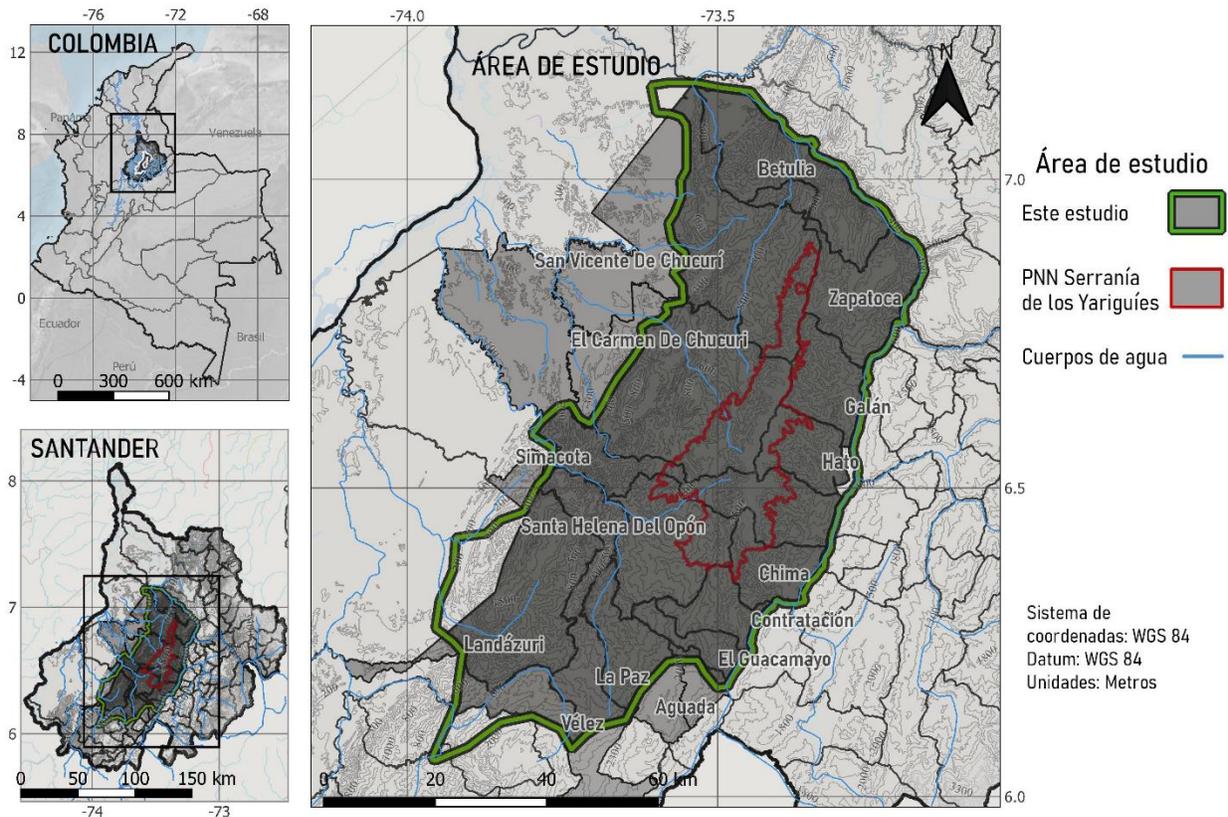
2.2 Método

2.2.1 Área de estudio

La Serranía de los Yariguíes (6.175826, -73.48386; 7.10107, -73.40758) es una compleja cadena montañosa conformada por estribaciones aisladas en el flanco occidental de la cordillera Oriental de Colombia en el departamento de Santander, ocupando un área aproximada de 420000 hectáreas (Figura 1). Notablemente 59700 hectáreas de la parte alta de la Serranía se declararon Parque Nacional Natural, y otras 419000 hectáreas alrededor del parque pertenecen al Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) en jurisdicción de la CAS (Ministerio de Ambiente, 2005, 2010; Corporación Autónoma Regional de Santander -CAS-, 2018).

Figura 1

Área de estudio. Ubicación general de los municipios que conforman la Serranía de los Yarigués.



La Serranía hace parte de la cuenca del río Magdalena por el oeste, extendiéndose por los municipios El Carmen de Chucurí, San Vicente de Chucurí y Santa Helena del Opón. Por el sur se encuentra con los municipios Contratación, Santa Helena del Opón y El Guacamayo, y por el oriente y norte limita con los cursos del Río Suárez y el Río Sogamoso, a través de Betulia, Zapatoaca, El Hato, Galán, Simacota, Chima y La Aguada. A nivel altitudinal va desde los 100 hasta los 3400 m, presentando coberturas vegetales de bosque seco tropical, selva húmeda tropical, bosques montanos, bosques andinos, altoandinos, subpáramo y páramo (Cuatrecasas, 1958; Márquez, 2003; Donegan et al., 2010; Ministerio de Medio Ambiente, 2010).

La precipitación a grandes rasgos presenta un régimen bimodal variando según la zona entre 1200 - 4000 mm/año, el flanco occidental es más húmedo que el oriental y la temperatura promedio anual varía entre 12 y 28°C (Unidad de Parques Nacionales Naturales - Tragsa, 2008; Caro-M. et al., 2018)

2.2.2 Fase de herbario

Los datos se obtuvieron revisando las colecciones de espermatófitas provenientes de la Serranía de los Yariguíes depositadas en el Herbario UIS. Por un lado, compilamos los especímenes ya catalogados e incluidos en la base de datos del herbario UIS, filtrando los registros por municipios y familias de plantas con semillas. Por otro lado, la información de los especímenes que no estaban catalogados aun en el herbario fue digitalizada en formato Darwin Core (DwC) (Wieczorek, et al., 2012), para su posterior catalogación e inclusión en la colección. Los especímenes se determinaron taxonómicamente por comparación con la colección de referencia y, además, se emplearon policlaves (Milliken et al., 2009), claves taxonómicas, catálogos y glosarios como los de Sousa y Zárate (1988), Gentry (1993), Galeano y Bernal (2010), Cardona et al. (2011), Beentje (2012) Idárraga et al. (2016), Palacios et al. (2017). Adicionalmente, se consultaron las colecciones virtuales del Herbario Nacional Colombiano (COL), The Field Museum (FMNH), y el herbario del Missouri Botanical Garden (MO). Para corroborar la distribución espacial, se usó el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (CPLC) (Bernal et al., 2020). Para la nomenclatura de los taxones se siguió el sistema de clasificación APG IV (Chase y Reveal, 2009; APG, 2016). La ortografía y sinonimia de los nombres científicos y sus autores fue corroborada en las siguientes bases de datos: International Plant Name Index (IPNI, 2021), Taxonomic Name Resolution Service (TNRS) (Boyle et al., 2013), y Tropicos (Tropicos, 2021). La asignación de formas de vida para

los especímenes se adaptó siguiendo a Press & Phoenix (2005) para plantas parásitas, a Mendoza-C. y Ramírez (2006) para plantas en general como hierbas, árboles o arbustos y a Villalba (2015) para las palmas.

2.2.3 Georreferenciación

Los especímenes carentes de coordenadas geográficas se georreferenciaron con base en la información consignada en las etiquetas utilizando herramientas SIG a través de QGIS (2021), manejando cartografía de Colombia y siguiendo los pasos del protocolo de georreferenciación de registros biológicos del SiB (Escobar et al., 2016; IGAC, 2020), a saber: 1. Estructuración del conjunto de datos, 2. Estandarización de las localidades, 3. Clasificación de las descripciones y asignación niveles de calidad de la información de localidad, 4. Georreferenciar y asignar incertidumbre y altitud y 5. Validación de los datos generados (Plata y Marentes, 2021).

2.2.4 Categorías de riesgo

Para asignar categorías de riesgo a las especies de espermatófitas de la Serranía de los Yariguíes se comparó el listado con las mencionadas en la lista roja de IUCN (2021), libros rojos de plantas de Colombia (Cárdenas y Salinas, 2007) y el listado oficial de especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica continental colombiana del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017).

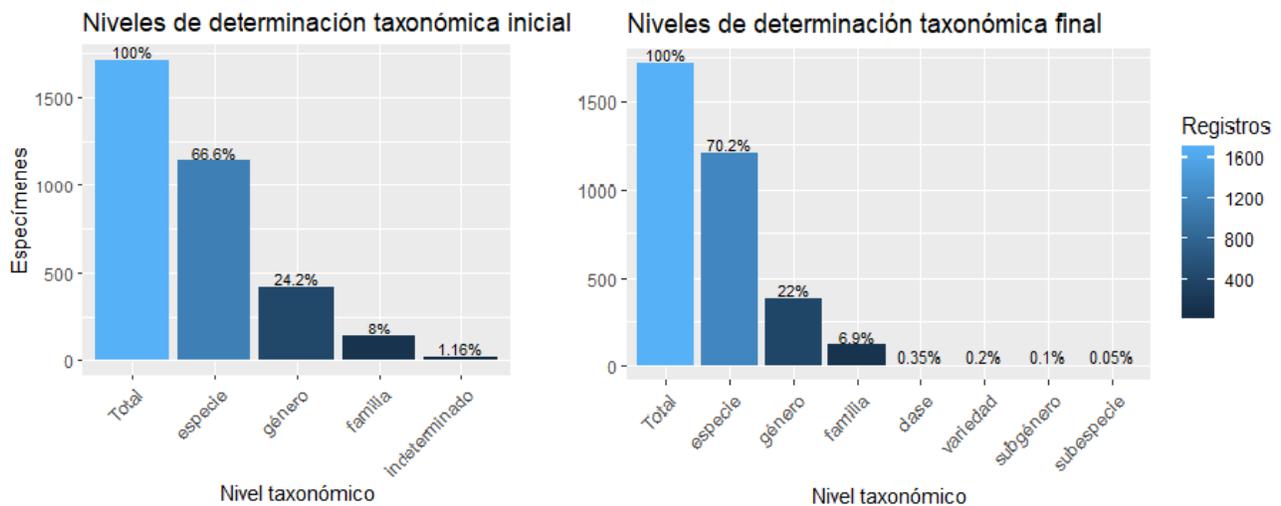
2.3 Resultados

2.3.1 Composición florística

En total se procesaron 1712 especímenes, inicialmente solo 1140 de ellos (66.6%) se encontraba determinados a especie, 414 (24%) a género, y 20 (1.16%) estaban indeterminados. Del total de los especímenes, se determinó a nivel de especie aproximadamente el 70% (1200), un 22% (376) hasta género, 6.9% (118) a familia y solo un 0.35% permanece indeterminado (Figura 2). Conjuntamente, se encontró que los especímenes están representados en 145 familias, 520 géneros y 1031 morfoespecies (ver Apéndice). Se encontró además que menos del 1% de los especímenes pertenece a categorías de determinación como variedad, subgénero o subespecie.

Figura 2

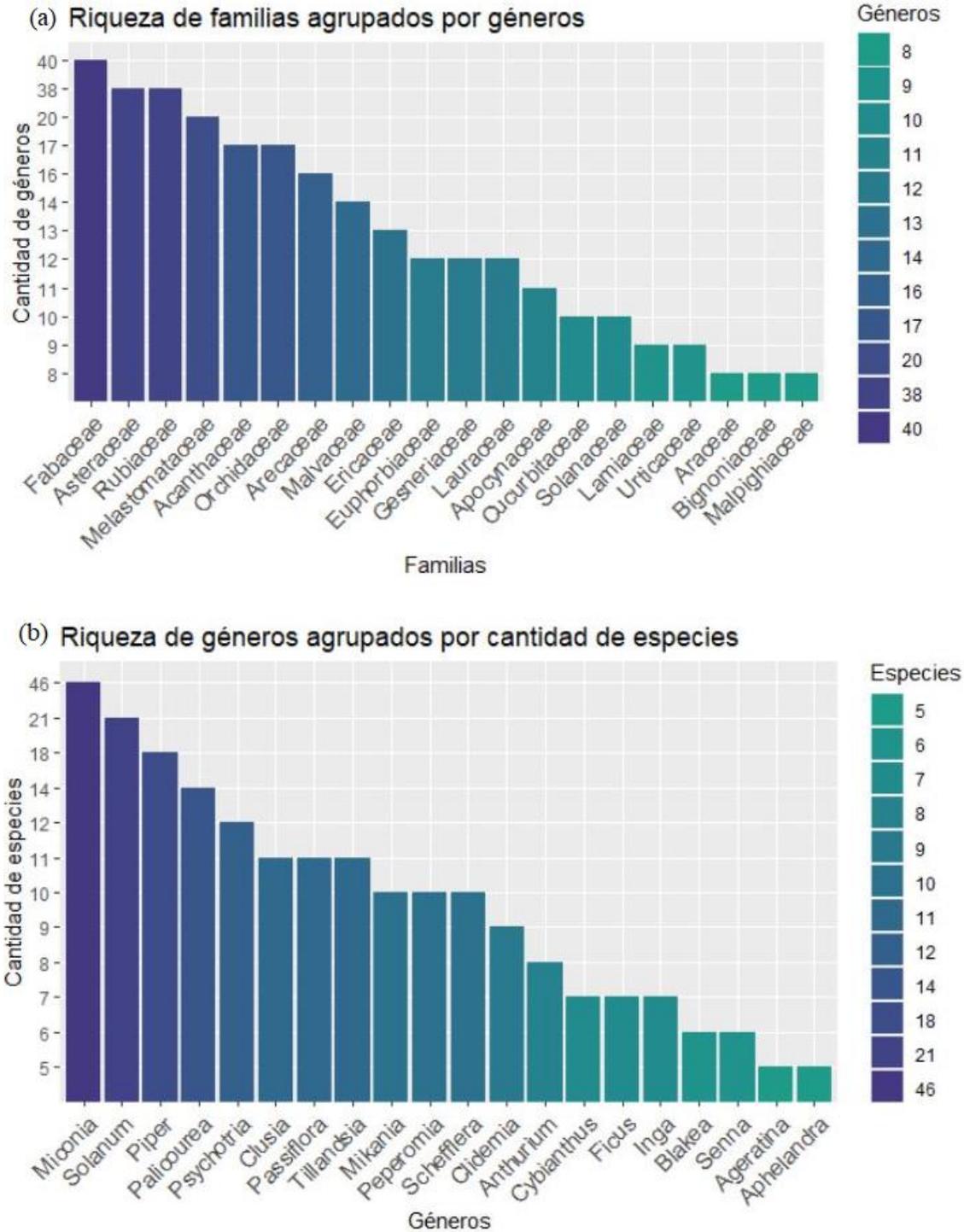
Avances en la determinación taxonómica total de los especímenes en la colección.



Las cuatro familias más ricas en géneros fueron Fabaceae, Asteraceae, Rubiaceae y Melastomataceae (Figura 3 a) y los géneros con mayor cantidad de especies fueron *Miconia*, *Solanum*, *Piper* y *Palicourea* (Figura 3 b).

Figura 3

Riqueza de familias y géneros de espermatófitas de la Serranía de los Yarigués. a) Veinte familias más ricas en géneros. b) Veinte géneros más ricos en especies.



Las hierbas, árboles y arbustos constituyeron los hábitos de crecimiento más frecuentes, aunque también se destacaron las trepadoras, las palmas y las plantas epífitas (Tabla 1).

Tabla 1

Tipos de hábito de crecimiento de espermatófitas de la Serranía de los Yariguíes

Hábitos de crecimiento	n registros	n familias	n especies
Hierba	476	80	342
Árbol	475	82	350
Arbusto	474	69	330
Bejucos-trepadoras-lianas	153	15	34
Palma	94	1	23
Epífita	31	9	28
Hemiepífita	5	2	2
Parásita	2	1	2
Hemiparásita	2	1	4

Nota. Se listan los números de familias y especies según el reporte de hábito.

2.3.2 Georreferenciación

Aunque solo el 45% de los registros (770) inicialmente no contaba con coordenadas, se validó la georreferenciación de la totalidad de estos. Se encontró así que el municipio que cuenta con mayor número de registros en la colección fue El Carmen de Chucurí, seguido por Zapatoca y San Vicente de Chucurí (Tabla 2, Figura 4). El municipio de Vélez incluido en el DRMI presentó cinco registros y los municipios Aguada, Contratación, Chima, Guacamayo, La Paz, Palmar y Santa Helena del Opón no cuentan a la fecha con registros en el herbario UIS.

De otro lado, los colectores más importantes fueron José Aguilar-Cano y Humberto Mendoza-C. et al. (Figura 5).

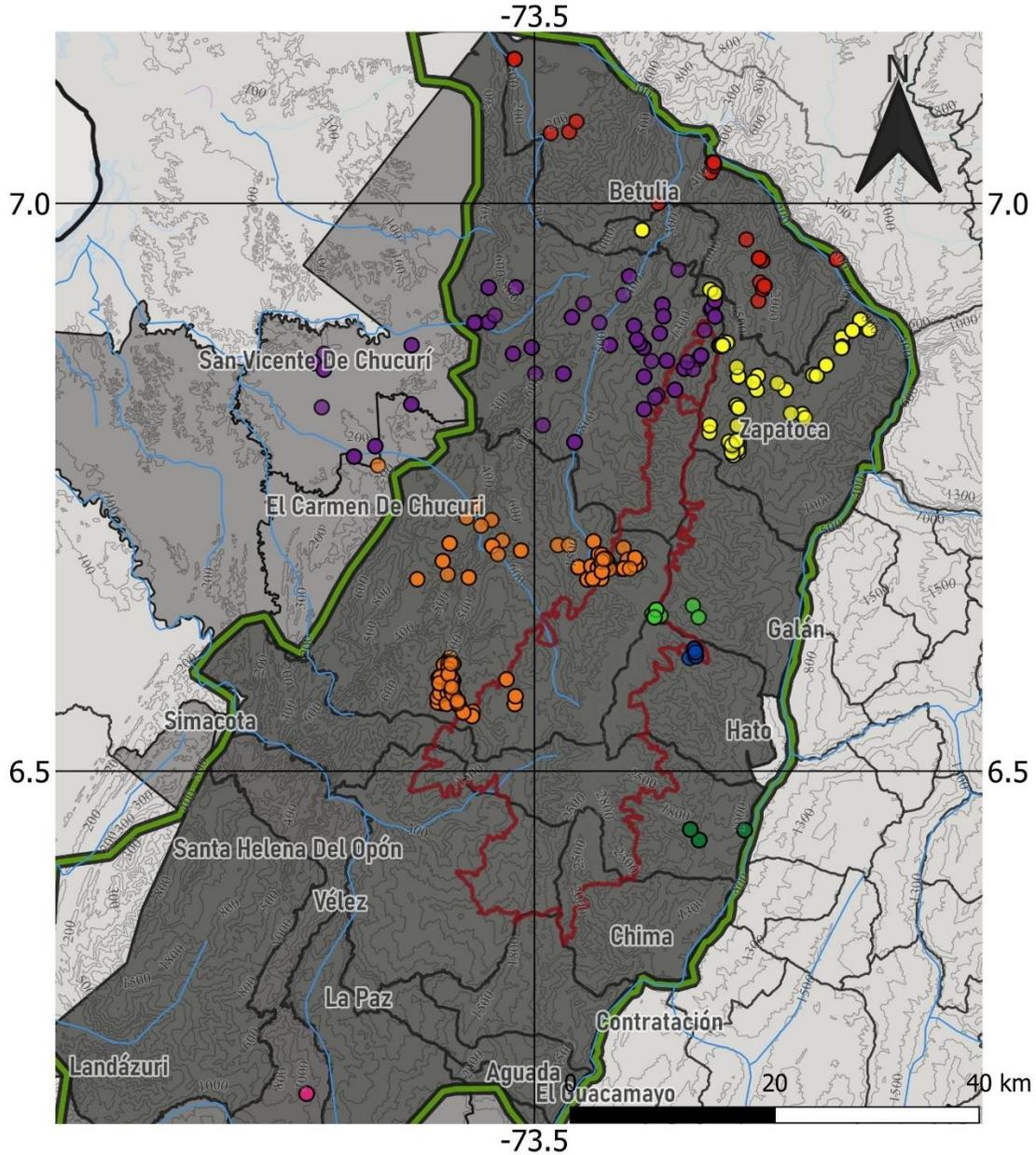
Tabla 2

Registros de espermatófitas en colección por municipios Serranía de los Yariguíes

Municipio	Cantidad de registros	Porcentaje
El Carmen de Chucurí	636	37.14 %
Zapatoca	376	21.96 %
San Vicente de Chucurí	327	19.1 %
Hato	143	8.35 %
Simacota	114	6.65 %
Betulia	67	3.91 %
Galán	44	2.57 %
Vélez	5	0.29 %

Figura 4

Puntos de muestreo de espermatófitas en la Serranía de los Yarigués

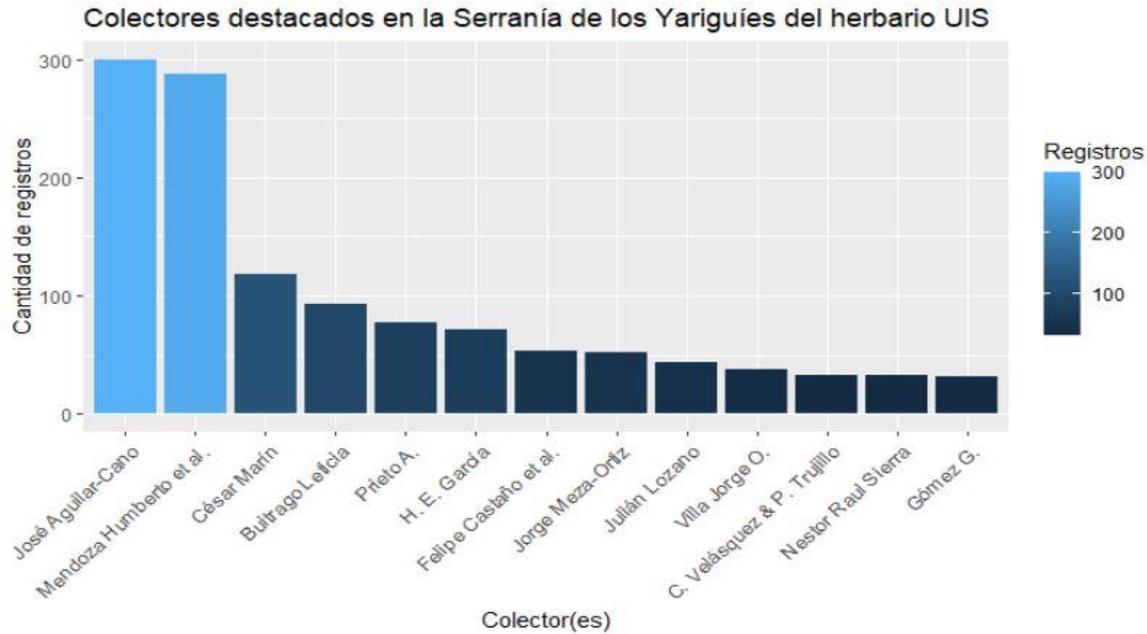


- | | |
|------------------------------|------------------------|
| Este estudio | Hato |
| PNN Serranía de los Yarigués | San Vicente de Chucurí |
| Cuerpos de agua | Simacota |
| Betulia | Vélez |
| El Carmen de Chucurí | Zapatoca |
| Galán | |

Sistema de coordenadas: WGS 84
Datum: WGS 84
Unidades: Metros

Figura 5

Principales colectores de espermatófitas en la Serranía de los Yarigués



2.3.3 Especies amenazadas

Las especies incluidas en alguna categoría de amenaza se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Especies amenazadas en la Serranía de los Yarigués

Nombre científico	Categoría de amenaza	Factores de amenaza
<i>Aniba perutilis</i>	CR	Deforestación y pérdida de hábitat.
<i>Magnolia betuliensis</i>	CR	Endémica. Distribución y población restringida.
<i>Myrcia hernandezii</i>	CR	Deforestación y expansión agrícola.
<i>Pitcairnia petraea</i>	CR	Expansión de la frontera agropecuaria.
<i>Aiphanes lindeniana</i>	EN	Deforestación y pérdida de hábitat.
<i>Astrocaryum malybo</i>	EN	Explotación excesiva.
<i>Cedrela odorata</i>	EN	Aprovechamiento insostenible de madera.
<i>Ceroxylon sasaimae</i>	EN	Hojas usadas en festividades religiosas.
<i>Clathrotropis brunnea</i>	EN	Aprovechamiento insostenible de madera.
<i>Condylopodium hyalinifolium</i>	EN	Expansión de la frontera agropecuaria.
<i>Gustavia romeroi</i>	EN	Pérdida de hábitat, expansión agrícola y minería.

<i>Juglans neotropica</i>	EN	Degradación de hábitat y explotación forestal.
<i>Magnolia resupinatifolia</i>	EN	Explotación forestal para uso en construcción.
<i>Tamania chardonii</i>	EN	Expansión de la frontera agrícola.
<i>Chamaedorea pygmaea</i>	VU	Pérdida de hábitat y expansión agropecuaria.
<i>Espeletia incana</i>	VU	Reducción de hábitat y expansión agropecuaria.
<i>Podocarpus oleifolius</i>	VU	Explotación forestal.
<i>Quercus humboldtii</i>	VU	Explotación en aumento y pérdida de hábitat.
<i>Wettinia microcarpa</i>	VU	Dstrucción de hábitat por expansión agropecuaria.

Nota. Categoría de amenaza de extinción según la IUCN: Vulnerable (VU), En peligro (EN), En peligro crítico (CR).

2.4 Discusión

2.4.1 Composición florística

En la región andina se encuentra un 75 % de las especies endémicas de Colombia, a la vez que se presenta la mayor diversidad de plantas de país (Mendoza-C. et al., 2019). Los Parques Nacionales Naturales en los Andes nororientales, como estrategias para proteger la biodiversidad del país se han definido en áreas que aún conservan coberturas primarias o secundarias de vegetación nativa. Sin embargo, en estudios recientes se ha documentado que no se cuenta con una representatividad de especies de plantas vasculares que concuerde con los patrones de biodiversidad de las diferentes regiones, y que sobre todo merecen prioridad para expandir y fortalecer las áreas de conservación los piedemontes en todo el país (Mendoza-C. et al., 2019). Hacia la parte más alta en la Serranía de los Yarigués se ha definido el PNN Serranía de los Yarigués, este parque es uno de los más importantes para el SINAP debido a su ubicación y su DRMI.

La vegetación en general en la Serranía de los Yarigués ha mostrado una heterogénea configuración relacionada con la historia geológica, el gradiente altitudinal y las variaciones en las condiciones climáticas (Unidad de Parques Nacionales Naturales -Tragsa, 2008; Caballero et al.,

2010). Por el flanco occidental que comprende estribaciones hasta el valle medio del río Magdalena y la parte media y alta de los ríos Chucurí y Opón se conforma una zona con humedad superior al 80%, altas temperaturas y precipitaciones constantes a lo largo del año indicando una alta disponibilidad hídrica lo que favorece el desarrollo de una vegetación de múltiples estratos. Debido a la cantidad de registros hacia El Carmen de Chucurí y San Vicente de Chucurí por el flanco occidental notamos que la familia más representativa en las zonas bajas es Fabaceae en concordancia con otros reportes dados en regiones tropicales (Gentry, 1986; Ter Steege et al., 2000).

En cambio, por el flanco oriental se presentan condiciones contrastantes de menor precipitación promedio anual y altas temperaturas que conllevan a escasez hídrica, estableciéndose vegetación propia de bosque seco tropical en arreglos de matorrales y arbustos con características xeromórficas (Palacios et al., 2017). Trabajos como el de Caro-M. et al. (2018) dejan ver algunas especies de Angiospermas como ejemplo de la riqueza vegetal de la zona. Los bosques secos en los valles interandinos son ecosistemas muy amenazados debido a la fragmentación y pérdida de hábitat por ello merecen atención y acciones que permitan recuperar la estructura, conectividad y conservación de especies (Suárez-R. y Vargas-R., 2019), además para este estudio la carencia de registros en general no nos permite evaluar la presencia de taxones vegetales de esta zona a excepción de algunos elementos propios del páramo.

Así pues, se nota además que el páramo de la Serranía ha sido muy poco explorado, debido a entre otros factores el difícil acceso (Donegan et al, 2004). En el páramo las comunidades de plantas se determinan principalmente por el clima diurno tropical de alta montaña y la vegetación se relaciona con gradientes de temperatura y humedad (Cleef, 1981; Londoño et al., 2014). Asimismo, los páramos y ecosistemas altoandinos se han considerado puntos calientes de

biodiversidad a nivel mundial (Madriñán et al. 2013; Castaño, U. 2003). En este estudio se reportan géneros como *Weinmannia*, familias como Ericaceae, Asteraceae y especies propias de este ecosistema como *Espeletia incanna*. El género *Espeletia*, ha diversificado más o menos independientemente en Colombia y Venezuela en los últimos 2,6 – 2.0 millones de años representando una sustancial y muy rápida diversificación en su mayoría hacia el pleistoceno temprano (Pouchon et al., 2018; Diazgranados & Barber, 2017). Otras Asteraceae como *Diplostephium* también se encuentran en páramo (Vargas et al., 2017).

Las coberturas vegetales en la Serranía actualmente se componen de matrices con parches de bosque en medio de áreas de pastizales como producto de la deforestación histórica (Torres y Quiñones, 2019). Aunque es difícil comparar con áreas similares para el Macizo de Tatamá se han reportado 140 familias de espermatófitas lo que comparado con este estudio (145 familias) pone en evidencia la alta diversidad de familias en la Serranía de los Yariguíes. Igualmente, las familias con más especies (Rubiaceae (86), Asteraceae (75) y Melastomataceae (89)) se comparten con cifras muy similares de diversidad, aunque más bajas a lo reportado en Tatamá (Rangel et al., 2005), probablemente debido a submuestreos en Yariguíes.

Las plantas herbáceas representaron más del 25 % del total de los registros, lo que es importante ya que muchas veces en los estudios de florística solo se muestrean plantas leñosas de porte arbustivo o arbóreo, así tal como lo recomienda Galeano et al. (1998) se hace útil incluir formas de crecimiento por debajo de árboles cuando se evalúa diversidad con propósitos de conservación.

Asimismo, formas de crecimiento como plantas parásitas, epífitas o carnívoras estuvieron poco representadas en comparación con lo esperado para Santander, a partir de los reportes en el

CPLC (Bernal et al., 2020); dando cuenta de la necesidad de seguir visitando las diferentes zonas de la Serranía para completar la información.

Un aporte importante de este estudio es la catalogación e inclusión en el herbario UIS de 273 especímenes colectados por Aguilar-Cano, el colector más destacado en la Serranía, al igual que 93 registros de Cesar Marín y 44 de Julián Lozano. Asimismo, el hallazgo del espécimen JAC-955 en el material revisado, corresponde a un isotipo de la especie *Calea yariguiensis* descrita recientemente (Díaz-Piedrahita y Rodríguez-C. 2012), dando importancia a la revisión de especímenes en las colecciones biológicas y los herbarios para la documentación de información de la flora del país.

2.4.2 Georreferenciación

La georreferenciación de las localidades de recolección de los especímenes es uno de los mayores retos que tienen las colecciones biológicas (Escobar et al., 2016). Con la georreferenciación se logra integrar un valor espacial que facilita la interpretación de la ocurrencia de especímenes en el espacio y tiempo (Escobar et al., 2016). El herbario UIS posee una de las mayores colecciones de muestras botánicas para el departamento de Santander y los datos de especímenes georreferenciados son de gran utilidad ya que pueden ser la base de futuros estudios taxonómicos, sistemáticos, biogeográficos, ecológicos, filogeográficos, genéticos y de conservación. Si en los datos de las etiquetas de los especímenes no se reportan las coordenadas, algunos factores como la extensión de la localidad, escala del mapa, imprecisiones de distancia y de orientaciones, además de la subjetividad del recolector inciden en la incertidumbre de la ubicación exacta del sitio de colecta (Escobar et al., 2016). Ahora bien, cuando sí se reportan, otras causas como el desconocimiento del datum, de métodos de captura o falta de una descripción

textual del sitio influyen al momento de medir la incertidumbre de los puntos (Escobar et al., 2016). Con la validación del proceso de georreferenciación se asegura que el procedimiento se realizó de la mejor manera, en este caso garantizando la fiabilidad de los datos y la calidad de información antes de ser ingresados a la colección.

De las zonas georreferenciadas para este estudio se notan patrones de muestreo como en el caso de puntos en Zapatoca o el Carmen de Chucurí (Figura 5), reflejando una cantidad importante de registros por municipio, aunque dejando ver que aún existen vacíos de información en gran parte de la Serranía sobre todo en las zonas sur y oriente.

2.4.3 Especies amenazadas

El riesgo de extinción de la mayoría de las especies de espermatófitas en la Serranía de los Yariguíes no se encuentra evaluado. Sin embargo, se encuentran especies como el Pino colombiano (*Podocarpus oleifolius*), la única gimnosperma nativa categorizada como vulnerable (VU) (IUCN, 2018), una especie muy explotada por su madera, últimamente usada como pionera en restauración ecológica. La Familia Asteraceae se ve representada por elementos tanto de tierras bajas como de alta montaña, especies como *Condylopodium hyalinifolium* o *Tamania chardonii* se encuentran reportadas en peligro (EN) en listas rojas nacionales amenazadas por el avance de la frontera agrícola. Así mismo *Espeletia incana*, el frailejón blanco vulnerable (VU), encontrado en la región paramuna de la Serranía de los Yariguíes en Hato y Galán, al parecer puede encontrarse en buen estado de conservación en el Santuario de Fauna y Flora Guanentá Alto de Río Fonce (García et al. 2005). Las tres especies de asteráceas previamente mencionadas presentan rasgos de endemismo en los Andes nororientales de Colombia. Las especies de palmas *Aiphanes lindeniana*, *Astrocaryum malybo* (Palma estera), muy usadas por comunidades humanas, se han

reportado como en peligro (EN) debido a su restringida distribución en Colombia. *Chamaedorea pygmaea* y *Wettinia microcarpa* se reportan como vulnerables (VU). *Ceroxylon sasaimae*, la palma de ramo se reporta como en peligro crítico de extinción (CR) ya que ha sido fuertemente explotada por sus hojas que son usadas en festividades religiosas (Bernal, 1998). Los Molinillos (*Magnolia resupinatifolia*, *Magnolia betuliensis*), también aparecen en listas rojas dada su explotación y el carácter restringido de sus poblaciones. El Sapán (*Clathrotropis brunnea*) se encuentra en peligro de extinción (EN) en el Magdalena medio debido a la tala insostenible por el valor de su madera (Cárdenas y Salinas, 2007; Aguilar-C. et al. 2018). Otras especies como *Pitcairnia petraea*, *Quercus humboldtii*, *Juglans neotropica* o *Gustavia romeroi* también se encuentran en peligro (EN) en la Serranía de los Yariguíes.

El hallazgo de *Myrcia hernandezii* reportada para el Carmen de Chucurí, se considera un nuevo registro para Santander y Colombia, ya que solo se conocía en 3 poblaciones en Cundinamarca, con lo cual se permite ampliar la distribución de la especie, críticamente amenazada (CR) por la expansión agrícola y con necesidades urgentes de conservación o protección de su área de ocurrencia (Parra-O., 2002). Un común denominador de las amenazas presentadas por las especies es la expansión agropecuaria y la pérdida de hábitat.

Tanto la georreferenciación, como la composición florística revelan la importancia fitogeográfica de la Serranía de los Yariguíes, ya que se encuentran especies importantes de bosques andinos en el área de manejo integrado y donde hasta la fecha la cantidad de especies botánicas recolectadas dejan ver la gran diversidad de especies en la zona. Por otro lado, se evidencian grandes vacíos de información que animan a seguir explorando el área (Mendoza-C. et al. 2018).

3. Conclusiones

Con 1712 especímenes analizados se complementa el listado preliminar de espermatófitas de la Serranía de los Yariguíes.

La georreferenciación de los especímenes pone en evidencia los vacíos de información florística en el área de estudio.

Se pone en evidencia la alta diversidad florística de una región poco explorada del departamento de Santander, así como la importancia de su conservación.

4. Recomendaciones

Se recomienda el uso del protocolo de georreferenciación de localidades del SiB Colombia para la correcta georreferenciación de especímenes biológicos. Además, completar el inventario de las plantas de la Serranía de los Yariguíes, depende de la revisión de los especímenes depositados en otros herbarios como UPTC, HUA, JAUM, CDMB y COL.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar-Cano, J., Mendoza-Cifuentes, H., & Ayala-Joya, M. (2018). Dos nuevas especies de árboles molinillo (*Magnolia*: Magnoliaceae) de la Serranía de los Yariguíes, departamento de Santander, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(Sup. 1), 29–44. <https://doi.org/10.21068/c2018.v19s1a04>
- Angiosperm Phylogeny Group [APG]. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20. doi:10.1111/boj.12385
- Albesiano, S., y Fernández-Alonso, J. (2005). Análisis florístico y biogeográfico de las cactáceas y otras plantas suculentas de la franja tropical (500-1200m), del Cañón del Río Chicamocha (Boyacá-Santander, Colombia). *Boletín informativo de la SLCCS* 2, 3-4.
- Arbeláez-Cortés, E. (2013). Knowledge of Colombian biodiversity: published and indexed. *Biodiversity and Conservation*, 22(12), 2875-2906. doi:10.1007/s10531-013-0560-y
- Ayala, L. M. (2011). *Caracterización estructural y estimación de biomasa aérea de las principales coberturas boscosas en el Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, Santander – Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio institucional. tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/139237.pdf
- Barrett, S. C. H., y Harder, L. D. (2017). The Ecology of Mating and Its Evolutionary Consequences in Seed Plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48(1), 135–157. doi:10.1146/annurev-ecolsys-110316-023021

- Beentje, H. (2012). *The Kew Plant Glossary: An Illustrated Dictionary of Plant terms* (2^a ed.). Royal Botanic Gardens, Kew: Kew Publishing.
- Bernal, R. 1998. *Ceroxylon sasaimae*. *The IUCN Red List of Threatened Species 1998*: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T38468A10121007.en>. Downloaded on 15 September 2021.
- Bernal, R., Gradstein, S.R. y Celis, M. (eds.) (2020). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 20 de junio de 2021 de <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Borja-Acosta, K., Noguera, E., Acevedo-Charry, O, Cifuentes-Acevedo, S., Diaz, A., DoNascimento, C., Gómez-Posada, C., Leyton, M., Lozano-Florez, J., Mendoza-Henso, A., Murillo-Bedolla, D., Neita-Moreno, J., Ocampo, D., Reyes-Amaya, N., Sierra, S., Tovar-Luque, E. y A. Acosta-Galvis. (2020). Uso de las colecciones biológicas como una herramienta para la gestión del territorio. En: Moreno, L. A., Andrade, G. I., Didier, G y Hernández-Manrique, O.L. (Eds.). *Biodiversidad 2020. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Boyle, B., Hopkins, N., Lu, Z., Raygoza, J., Mozzherin, D., Rees, T., Matasci, N., Narro, M., Piel, W., Mckay, S., Lowry, S., Freeland, C., Robert K Peet, R., & Enquist, B. (2013). The taxonomic name resolution service (TNRS): an online tool for automated standardization of plant names. *BMC Bioinformatics*, 14(1), 1-15. doi:10.1186/1471-2105-14-16.
- Caballero, V., Parra, M., y Bohorquez, R. M. (2010). Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno tardío–Oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el

- sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca Valle Medio del Magdalena. *Boletín de Geología*, 32(1), 45-77.
- Cárdenas L., D. y Salinas, N.R. (eds.) (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Cardona N., F., Higueta, H. D., Gómez Hoyos, S., & Roldán Palacio, F. (2011). *Flora de Embalses. Centrales Hidroeléctricas de ISAGEN en el Oriente Antioqueño San Carlos, Jaguas y Calderas, Guía Ilustrada*. ISAGEN- Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia.
- Caro-Melgarejo, D.P., Morales-Puentes, M.E. (Coord.) & Gil-Novoa, J.E., (2018). *Revelando tesoros escondidos: flora y fauna flanco oriental de la Serranía de Los Yarigués*. Editorial UPTC.
- Corporación Autónoma de Santander (CAS), 2018. *Resolución DGL No. 858 del 30 de octubre de 2018. “Por la cual se expiden las determinantes Ambientales y se deroga la Resolución DGL N° 1432 de 2010*. Corporación Autónoma Regional de Santander -CAS- Dirección general.
- Castaño, F., (2020). *Herbario de la Universidad Industrial de Santander*. Version 3.6. Universidad Industrial de Santander. Occurrence dataset, accessed via GBIF.org on 2021-08-10. <https://doi.org/10.15472/mpp02q>
- Castaño U., C. (ed.) (2003). *Páramos y ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición HotSpot y Global Climatic Tensor*. IDEAM.
- Cavalier, J. A., y Etter, A. (1995). Deforestation of montane forest in Colombia as a result of illegal plantations of opium (*Papaver somniferum*). En P. Churchill, H. Baslev, E. Forero, & J. L.

- Luteyn (eds.) (1995), *Biodiversity and conservation of neotropical montane forests*. New York Botanical Garden.
- Chase, M. W., y Reveal, J. L. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161(2), 122- 127.
- Churchill, S. P., Balslev, H., Forero, E., y Luteyn, J. L. (1993). *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests* [Symposium]. The New York Botanical Garden.
- Cleef, A. M. (1981). The vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Mededelingen van het Botanisch Museum en Herbarium van de Rijksuniversiteit te Utrecht*, 481(1), 1-320.
- Contraloría General de Santander, (2019). *El estado de los recursos naturales en el departamento de Santander. El impacto de la deforestación en los bosques de Santander, Serranía de los Yariguíes*. Informe Ambiental 2018, Bucaramanga.
- Colmenares-Pinzón, J. E. (2021). Calling for a reassessment of rodent diversity in Colombia: description of a new species of *Neacomys* (Cricetidae: Oryzomyini) from the Magdalena Valley, with a new phylogenetic hypothesis for the genus and comments on its diversification. *Zootaxa*, 4920(4), 451–494. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4920.4.1>
- Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10 (40), 221-268.
- Deas, M. D., y Sánchez, E. (1991). *Santander y los ingleses, 1832-1840 (No. 70-71)*. Fundación para la Conmemoración del Bicentenario del Natalicio y el Sesquicentenario de la Muerte del General Francisco de Paula Santander.

- Diazgranados, M., & Barber, J. C. (2017). Geography shapes the phylogeny of frailejones (Espeletiinae Cuatrec., Asteraceae): a remarkable example of recent rapid radiation in sky islands. *PeerJ*, 5, e2968. DOI 10.7717/peerj.2968
- Díaz-Piedrahita, S., y Rodríguez-Cabeza, B. V. (2011). Novedades en Asteráceas colombianas - I. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 35(137), 411-424.
- Díaz-Piedrahita, S., y Rodríguez-Cabeza, B. V. (2012). Novedades en asteráceas colombianas II. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36(141), 501-515.
- Donegan, T., Huertas, B., Briceño, E., Arias, J., Camargo, I. & Donegan, M., (2004). *Threatened Species of Serranía de los Yarigués: Project Report*. Colombian EBA Project Report Series No. 5. Fundación ProAves, Colombia.
- Donegan, T. M., Avendaño, J. E., Briceño-L, E. R., Luna, J. C., Roa, C., Parra, R., Huertas, B. (2010). Aves de la Serranía de los Yarigués y tierras bajas circundantes, Santander, Colombia. *Cotinga*, 32, 72-89.
- Escobar, D., Jojoa, L., Díaz, S., Rudas, E., Albarracín, R., Ramírez, C., Gómez, J., López, C., Saavedra, J., y Ortiz R., (2016). *Georreferenciación de localidades: Una guía de referencia para colecciones biológicas (Version. 4.0)*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt- – Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Field Museum (FMNH) (2020). *Rapid reference: an expedited virtual herbarium for the neotropics*. [T. F. Museum, Editor, & T. F. Museum, Productor]. Plant Identification Tools: <https://plantidtools.fieldmuseum.org/en>

- Forest, F., Moat, J., Baloch, E., Brummitt, N., Bachman, S., Ickert-Bond, S., Hollingsworth, P., Liston, A., Little, D., Mathews, S., Rai, H., Rydin, C., Stevenson, D., Thomas, P., & Buerki, S. (2018). Gymnosperms on the EDGE. *Scientific Reports*, 8, 6053. doi:10.1038/s41598-018-24365-4
- Galeano, G., Suárez, S., y Balslev, H. (1998). Vascular plant species count in a wet forest in the Chocó area on the Pacific coast of Colombia. *Biodiversity & Conservation*, 7(12), 1563-1575.
- Galeano, G., y Bernal, R. (2010). *Palmas de Colombia: guía de campo*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- García, N., E. Calderón y G. Galeano. 2005. Frailejones (subtribu Espeletiinae, familia Asteraceae). En: Calderón E, Galeano G & García N. (eds.). 2005. *Libro rojo de plantas de Colombia. Palmas, frailejones y zamias*. La Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- García M., M. (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Producción+ Limpia*, 11(2), 161-168.
- 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*. University of Chicago Press.
- Gentry, A. H. (1986). Species richness and floristic composition of Chocó region plant communities. *Caldasia* 15: 71-91.
- González, J., Etter, A., Sarmiento, A., Orrego, S., Ramírez, C., Cabrera, E., Vargas, D., Galindo, G., García, M., y Ordoñez, M. (2011). *Análisis de tendencias y patrones espaciales de*

- deforestación en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, Colombia.
- Heberling, J. M., & Isaac, B. L. (2017). Herbarium specimens as exaptations: new uses for old collections. *American Journal of Botany*, 104(7), 963-965.
- Henderson, A., Churchill, S. P., & Luteyn, J. (1991). Neotropical plant diversity. *Nature*, 351(6321), 21-22.
- Herbario Nacional Colombiano [COL]. (2004 y continuamente actualizado). Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia Colecciones Científicas en Línea. Publicado en <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/>.
- Hernández-Camacho, J., Hurtado-Guerra, A., Ortiz-Quijano, R., y Walschburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. *La diversidad biológica de Iberoamérica 1*, 105-151.
- Huertas, B., Donegan, T., Arias, J. J., Avendaño, J., Montealegre, D., Ríos, C., Villanueva, D. (2006). *Investigación y Evaluación de las Especies Amenazadas de la Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia*. BP Conservation Programme. Colombian EBA Project Report Series 7.
- Idárraga P., Á., Urrea, L. M., Roldán P., F. J., & Cardona N., F. A. (2016). *Flora del Magdalena Medio áreas de influencia de la Central Térmica Termocentro (1 ed.)*. ISAGEN – Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia.
- IDEAM. (2021). *Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono, Colombia*. Boletines Detección temprana de Deforestación. <http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/reg/indexLogOn.jsp>

- IGAC. (2020). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi - Geografía y cartografía de Colombia IGAC*.
<https://www.igac.gov.co/es>
- IPNI. (2021). *International Plant Names Index*. Royal Botanic Gardens, Kew. <http://www.ipni.org>.
- IUCN. (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org>
- Jara M., O. A., y Zabala R., J. C. (2018). Dos nuevas especies de *Begonia* (Begoniaceae) de la Serranía de los Yariguíes (Santander, Colombia). *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 26(4), 355-363. doi:10.3417/2018226.
- Judd, W. S., Christopher, C., Elizabeth, K., Peter, S., & Michael, D., (2007). *Plant Systematics a Phylogenetic Approach*. Sinauer Associates.
- Khoury, C. K., Achicanoy, H. A., Bjorkman, A., Navarro-Racines, C., Guarino, L., Flores-Palacios, X., Engels, J., Wiersema, J., Dempewolf, H., Sotelo, S., Ramírez-Villegas, J., Castañeda-Álvarez, N., Fowler, C., Jarvis, A., Rieseberg, L., & Struik, P. (2016). Origins and primary regions of diversity of agricultural crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1832):20160792. DOI: 10.1098/rspb.2016.0792.
- Londoño, C., Cleef, A., y Madriñán, S. (2014). Angiosperm flora and biogeography of the páramo region of Colombia, Northern Andes. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(2), 81-87.
- Madriñán, S., Cortés, A. J., & Richardson, J. E. (2013). Páramo is the world's fastest evolving and coolest biodiversity hotspot. *Frontiers in genetics*, 4, 192.
<https://doi.org/10.3389/fgene.2013.00192>
- Marín, C., Aguilar, J., Ayala, M., Meza, J. y Angarita, R. (2010). *Caracterización florística del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, Santander, Colombia*. Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes.

- Márquez Calle, G. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia* 46(135). <https://sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>
- Martínez S., Z. (2007). *Diversidad y composición de Rubiaceae y Melastomataceae en seis bosques de roble en el norte de la cordillera Oriental, Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio institucional. tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/125322.pdf
- Mendoza-C., H., y Ramírez, B. (2006). *Guía ilustrada de géneros de 'Melastomataceae' y 'Memecylaceae' de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Mendoza-Cifuentes, H., Cárdenas, D., Aguilar-Cano, J., Ramírez-Padilla, B. R., Dueñas-Cepeda, A., y Carbonó-Delahoz, E. (2018). Representatividad de plantas vasculares en los Parques Nacionales Naturales de Colombia: ¿Cuántas especies alberga el sistema? *Biota Colombiana*, 19(2), 21-34.
- Mendoza-Cifuentes, H., Posada, M., y David, H. (2019). Una nueva especie de *Miconia* (Melastomataceae) con anteras connadas de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(167), 250-254.
- Milliken, W., Klitgård, B., y Baracat, A. (eds.). (2009). *Neotropikey-Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics*. Royal Botanic Garden, Kew. <https://www.kew.org/neotropikey>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Resolución número 0613 del 13 de mayo de 2005. "Por medio de la cual se declara, reserva y alindera el Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes. Colombia*. Gobierno de Colombia

- Ministerio de Medio Ambiente. (2010). *Resolución Número (0133) del 4 de agosto de 2010 "Por medio de la cual se adopta el Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes"*. Resolución, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Unidad Administrativa Especial de Sistema de Parques Nacionales Naturales, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE)*. Gobierno de Colombia I.A.v. Humboldt, Ed.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución Número 1912 del 15 de septiembre de 2017 "Por la cual se establece el listado de especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones"*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Gobierno de Colombia.
- Missouri Botanical Garden (MO). (2020). *The Missouri Botanical Garden's Herbarium*. Recuperado de <http://www.missouribotanicalgarden.org/plant-science/plant-science/resources/herbarium.aspx>.
- Moreno, E. J. (2007). El herbario como recurso para el aprendizaje de la Botánica. *Acta Botánica Venezuelica*, 30(2), 415-427.
- Moreno, H. y Tinjacá, Z., (2018). *Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes 2018-2023*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Nualart, N., Ibáñez, N., Soriano, I. & López-Pujol, J. (2017). Assessing the relevance of Herbarium Collections as tools for conservation Biology. *Bot. Rev.* 83:303–325. DOI 10.1007/s12229-017-9188-z

- Palacios, M. (2009). *El café en Colombia, 1850-1970: una historia económica, social y política*. (4.^a ed.). El Colegio de México. Centro de Estudios Históricos.
- Palacios H., Higueta D., Cárdenas Aguilera, J. y Cardona Olaya, J. (2017). *Flora Central Hidroeléctrica Sogamoso*. Isagen ESP.
- Parra-O. C. (2002). Dos nuevas especies de Myrtaceae de Colombia. *Caldasia* 24(1): 95-102.
- Parra-O. C., y Díaz-P. S. (2016). *Herbarios y Jardines Botánicos: Testimonios de nuestra Biodiversidad (Primera ed.)*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Pérez-Arbeláez., E., (1996). *Plantas Útiles de Colombia, 5ª Ed. Edición del centenario facsimilar de la tercera redacción*. Fondo FEN Colombia – Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Plata C., Ortíz R. y Marentes E. (2021). *Laboratorio de datos, ciclo de formación*. SiB Colombia. <https://sib-colombia.github.io/Formacion/>
- Pouchon, C., Fernández, A., Nassar, J. M., Boyer, F., Aubert, S., Lavergne, S., & Mavárez, J. (2018). Phylogenomic analysis of the explosive adaptive radiation of the *Espeletia* complex (Asteraceae) in the tropical Andes. *Systematic Biology*, 67(6), 1041-1060.
- Prado-Castillo, L. F., Caro-Melgarejo, D. P., Rincón- Puerta, D. A., Prada-Rendón, J. J. y Morales-Puentes m. E., (2018). *Caminando entre huellas de Yariguíes: La gente y la ciencia en la gestión temprana de la restauración ecológica del área protegida*. Editorial UPTC.
- Press, M. C., & Phoenix, G. K. (2005). Impacts of parasitic plants on natural communities. *New phytologist* 166 (3), 737-751.
- QGIS. (2021). *QGIS Un Sistema de Información Geográfica libre y de código abierto*. QGIS. <http://qgis.org>

- Ramírez Pita F. L. (2007). *Estructura y riqueza de la vegetación de un robleal del Parque Nacional Serranía de los Yariguíes (Santander) y comparación con otros robleales de Santander y Norte de Santander, (Colombia)*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio institucional. tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/124117.pdf
- Rangel, J. O., Rivera, O., Franco, P., Torres, J. H., Hammen, T., y Cleef, A. M. (2005). *Catálogo de la flora vascular del macizo de Tatamá*.
- Rentería A., E. (1977). Contribución al estudio de la flora de Santander del sur. *Actualidades biológicas*, 6(21), 70-79. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/330458>.
- Rodríguez P., S. (2019). *Actualización de la colección de la familia Arecaceae (Palmae) del herbario de la Universidad Industrial de Santander (UIS)*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio institucional. tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2019/175379.pdf
- Sastoque, E. (2011). Tabaco, quina y añil en el siglo XIX: Bonanzas efímeras. *Credencial historia* 255, 8-16.
- Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB). (2021) *Biodiversidad en Cifras*, Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. (SiB) Colombia. <https://sibcolombia.net/biodiversidad-en-cifras-2020/>
- Silvestro, D., Cascales-Miñana, B., Bacon, C. D., & Antonelli, A. (2015). Revisiting the origin and diversification of vascular plants through a comprehensive Bayesian analysis of the fossil record. *New Phytologist*, 207(2), 425-436.

- Sousa, M., y Zárate, Z. (1988). *Flora Mesoamericana. Glosario para Spermatophyta, español-inglés*. U. N. México, Ed.
- Suárez-R, S., & Vargas-R, O. (2019). Floristic composition and ecological relationships of plant species of edge, patches, and remnant trees in a dry tropical forest in Colombia. implications for ecological restoration. *Caldasia*, 41(1), 28-41. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71281>
- Stevens, P. F. [continuamente actualizado]. *Angiosperm Phylogeny Website (APG-web)*. Missouri Botanical Garden. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Ter Steege, H., Sabatier, D., Castellanos, H., Van Andel, T., Duivenvoorden, J., De Oliveira, A., Ek, R., Lilwah, R., Maas, P., & Mori, S. (2000). An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of Tropical Ecology* 16, 801-828.
- Thiers, B. [continuamente actualizado]. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>.
- Toledo, S., Bippus, A. C., & Tomescu, A. M. F. (2018). Buried deep beyond the veil of extinction: Euphylllophyte relationships at the base of the spermatophyte clade *American journal of botany*, 105(8), 1264-1285.
- Torres, M. y Quiñones, C. (2019). *Santander Bio: resultados, retos y oportunidades*. Repositorio Institucional de Documentación Científica. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35339>
- Tropicos - Missouri Botanical Garden. (2021). *Specimen search*. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>

Unidad de Parques Nacionales Naturales - Tragsa. (2008). *Zonificación Ambiental del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes*. Zonificación ambiental, Unidad de Parques Nacionales Naturales, Bogotá D. C.

<https://docplayer.es/53410692-Unidad-de-parques-nacionales-naturales-tragsa-introduccion.html>

Ulloa, C., Acevedo-R., P., Beck, S., Belgrano, M. J., Bernal, R., Berry, P. E., Braco, L., Celis, M., Davidse, G., Forzza, R., Gradstein, R., Hokche, O., León, B., León-Y., S., Magill, R., Neill, D., Nee, M., Raven, P., Stimmel, H., Strong, M., Villaseñor, J., Zarucchi, J., Zuloaga, F., & Jørgensen, P. (2017). An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, 358(6370), 1614–1617. doi:10.1126/science.aao0398

Valderrama, N., García, N., Baptiste, M., Rengifo, L. y Sánchez, P. (2014). Ficha: 201. Especies amenazadas de flora y fauna. Factores de transformación y riesgo de extinción de especies en el territorio nacional. En: Bello et al. (ed) *Biodiversidad 2014*. Estado y tendencias de la biodiversidad continental en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. www.reporte.humboldt.org.co/biodiversidad2014/literatura/201

Vargas, O. M., Ortiz, E. M., y Simpson, B. B. (2017). Conflicting phylogenomic signals reveal a pattern of reticulate evolution in a recent high-Andean diversification (Asteraceae: Astereae: Diplostephium). *New Phytologist*, 214(4), 1736-1750.

Villalba Valdivia, M. (2015). *Taxonomía y distribución de Arecaceae del flanco oriental de la cordillera del Yanachaga en el Parque Nacional Yanachaga Chemillen, Oxapampa - Pasco, 2012* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa] Repositorio institucional. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/449>

Wang, J., Hilton, J., Pfefferkorn, H. W., Wang, S., Zhang, Y., Bek, J., Psenicka, J., Seyfullah, L. J., & Dilcher, D. (2021). Ancient noeggerathialean reveals the seed plant sister group

diversified alongside the primary seed plant radiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118. 11. <https://doi.org/10.1073/pnas.2013442118>

Wieczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R., Blum, S., Döring, M., Giovanni, R., Robertson, T., & Vieglais, D. (2012). Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. *PloS one*, 7(1), e29715. doi:10.1371/journal.pone.0029715.