



*Costus spiralis*  
(Jacq.) Roscoe



# Ingeciencia

Revista de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

ISSN: 2500-929X • Vol. 7, enero-diciembre de 2022

## Rector

Jaime Arias Ramírez

## Vicerrector académico

Óscar Leonardo Herrera Sandoval

## Vicerrector de programas

Jorge Hernán Gómez Cardona

## Vicerrector administrativo y financiero

Paula Andrea López López

*Ingeciencia* es la revista de investigación formativa de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas.  
ingeciencia@ucentral.edu.co

## Director

Adolfo Naranjo Parra

## Editora

Leticia Fernández Marín

## Comité editorial

Adolfo José Naranjo Parra

Sandra Milena Gamboa Moreno

Aliex Trujillo García

Gastón Mejía Arias

Leticia Fernández Marín

Héctor Sanabria Rivera

Noviembre de 2022

© Ediciones Universidad Central

© Varios autores

Coordinación Editorial

Calle 21 n.º 5-84 (4.º piso). Bogotá, D. C., Colombia

Conmutador: 323 9868, ext.: 1556

www.ucentral.edu.co/editorial

## Preparación editorial:

Centro de Recursos para el Aprendizaje  
y la Investigación - CRAI • Editorial

Luz Ángela González

Directora del CRAI

Héctor Sanabria R.

Editor

Patricia Salinas Garzón

Diseño y auditoría gráfica

Diego Mesa

Diagramación

César Saavedra

Corrección de textos

Imagen de cubierta: Herborizada,  
en actividades de docencia.



Los contenidos de la revista *Ingeciencia* son publicados de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons 2.5. Usted es libre de copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, siempre y cuando dé los créditos de manera apropiada, no lo haga con fines comerciales y no realice obras derivadas.

Las ideas aquí expresadas, lo mismo que su escritura, son exclusiva responsabilidad de los escritores y no comprometen a la Universidad Central ni a la orientación de la revista.

Distribución gratuita

## Contenido

Editorial .....	4
Macrófitas acuáticas de Colombia: notas sobre su uso en fitorremediación. 7 Astrid Marín-Olarte	7
Consideraciones sobre la flora vascular del cañón del Chicamocha, en Santander (Colombia) ..... 26 Valentina Huertas F.	26
Agricultura urbana en Bogotá, Colombia, orientada a la reutilización y seguridad alimentaria a partir de dos especies ancestrales ..... 43 Laura Patricia Serrato-López, Diego Ricardo Carriazo-Nimisica y Juliana Cepeda	43
Patrones de riqueza y segregación de Arecaceae Bercht. & J. Presl en el departamento de Arauca, Colombia.. 62 Paula Sofía Pavas-Garzón	62
Flora medicinal y relaciones de género: un caso de estudio en la Orinoquia colombiana ..... 76 Daniela Hernández-González	76
Ilustración científica: el arte de comunicar ciencia ..... 94 Andrés Merchán Ríos	94
Aspectos de composición florística e íctica en los bosques inundables de la Orinoquia colombiana ..... 102 Laura Milena Galindo-Basabe, Ginna Nathalie Hernández-Méndez y Diego Alberto Chacon-Pinilla	102
Mil palabras en acción ..... 116 Aída Vanessa Wilches	116

## Contents

Editorial .....	4
Aquatic macrophytes of Colombia: notes on its use in phytoremediation. 7 Astrid Marín-Olarte	7
Considerations on the vascular flora of the Chicamocha Canyon, in Santander (Colombia) ..... 26 Valentina Huertas F.	26
Urban agriculture in Bogotá, Colombia, oriented to reuse and food safety from two ancestral species..... 43 Laura Patricia Serrato-López, Diego Ricardo Carriazo-Nimisica y Juliana Cepeda	43
Patterns of richness and segregation of Arecaceae Bercht. & J. Presl in the department of Arauca, Colombia..... 62 Paula Sofía Pavas-Garzón	62
Medicinal flora and gender relations: a case study in the colombian Orinoquia ..... 76 Daniela Hernández-González	76
Scientific illustration: the art of communicating science ..... 94 Andrés Merchán Ríos	94
Aspects of floristic and ichthyic composition in the flooded forests of the colombian Orinoquia ..... 102 Laura Milena Galindo-Basabe, Ginna Nathalie Hernández-Méndez y Diego Alberto Chacon-Pinilla	102
A thousand words in action..... 116 Aída Vanessa Wilches	116

### Los estudios de botánica en la Universidad Central

Tengo el gusto de presentar este singular volumen de Ingeciencia, dedicado a la publicación de algunos de los trabajos desarrollados por el Semillero de Investigación en Botánica de la Universidad Central (SIBUC). Estos artículos constituyen para varias personas su primer manuscrito académico publicado en una revista, y qué mejor que en una de su *alma mater*.

“... El mundo es grande, pero el mundo no es infinito, el mundo se puede entender y para entenderlo hay que conocerlo, hay que investigarlo, hay que modelizarlo...”. Esta frase del Dr. Rivas-Martínez (q. e. p. d.), pronunciada en un discurso ante la Sociedad Española de Geografía, es un reflejo de los muchos campos de acción de investigación de la botánica y las ciencias de la vegetación. Su enseñanza y divulgación son imperantes, pues permiten establecer conexiones entre múltiples hitos históricos y las soluciones apremiantes a las crisis modernas: cambio climático, pérdida de la biodiversidad y la seguridad y soberanía alimentaria e hídrica.

Continentes como Europa han visto en su estudio detallado una clave esencial para la delimitación precisa de los territorios y, con ello, trazar e implementar medidas acertadas para el uso y la vocación de los suelos, con el fin de desarrollar políticas públicas acordes a sus singularidades.

“... Colombia es el país más rico del globo y es reconocido como megadiverso. ¿Qué responsabilidades éticas, académicas y sociales implica ser profesional en biología de este país?”. Como profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, con mayor dedicación al programa de Biología y Servicios de Ciencias Naturales, este cuestionamiento suele ser uno de los más recurrentes en mis clases. No pretendo responder en este momento dicha pregunta —retórica o no si se quiere—, pero sí quiero poner en la palestra el quehacer de las nuevas generaciones de cara a la extensa coyuntura ambiental, económica y social por la que transitamos, y a la que, desde luego, la ciencia no es (ni debe) ser ajena, máxime en este periodo crítico, llamado recurrentemente por colegas como *antropoceno* y en algunos casos adornado con el epíteto de *pospandémico*.

La enseñanza de la botánica es altamente demandante, por una razón sencilla —aquí parafraseo a una gran colega—: “... las plantas no son carismáticas...”. Esta apreciación tiene que ver con la noción física del movimiento, pero también con que estamos tan familiarizados con la presencia de la flora y la vegetación en todos

nuestros entornos, que simplemente hace parte del común, de nuestro cotidiano trasegar. No obstante, como profesor del área de botánica, tras innumerables conversaciones con mis estudiantes, siempre llegamos a un punto crucial: descifrar el universo vegetal requiere de una aguda observación y, si se me permite, con la venia de mis colegas, de una vocación particular en la que convergen ciencias como las matemáticas, la estadística, la física y la química, cuyos conceptos y aportes han permitido avances significativos en el entendimiento de la fisiología, la bioquímica, la farmacología, la ecología, la filosofía, la sociología y la antropología, entre otras.

Es bien sabido que el origen y la institucionalización de la ciencia en Colombia nos remonta a la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (cuyo inicio formal fue a finales de abril de 1783), que luego derivó en la Comisión Corográfica (1850-1859). A grandes rasgos, ambas gestas investigativas y académicas consolidaron las bases teóricas, epistemológicas y socioculturales de la caracterización del *capital natural* (biodiversidad) de nuestro país, labor que casi dos siglos después aún no terminamos. El quehacer de la botánica en Colombia (y en general de la biología) siempre ha estado matizado por movimientos pendulares entre el acceso a los territorios (en su mayoría con serios problemas de vías y de difíciles situaciones de orden público) y la exuberancia de su biota y sus paisajes. Es una labor titánica, que demanda esfuerzos ingentes y sobre todo una pasión excepcional. Mis colegas y yo hemos detectado estas cualidades en las nuevas generaciones que asisten a las clases en el pregrado de Biología de la Universidad Central.

Nuestra Universidad posee como logotipo una planta sumamente esbelta y grácil, perteneciente a la familia Passifloraceae Juss. ex Roussel. A ella la integran frutas exquisitas como la badea, la gulupa, la granadilla y, en nuestro caso, la curuba, de nombre científico *Passiflora tripartita* (Juss.) Poir., var. *mollissima* (Kunth) Holm-Niels. y P. Jørg., cuyo *typus* fue recolectado por Humboldt y Bonpland con el *voucher* 1767, a pocas cuerdas del campus, y publicada formalmente en 1817 por Karl Kunth bajo el nombre de *Tacsonia mollissima* Kunth (actual basónimo de la especie), en la excepcional obra *Nova Genera et Species Plantarum*.

Discusiones nomenclaturales, taxonómicas e históricas de esta índole, nos llevaron a mis estudiantes y a mí a iniciar en 2018 algunos trabajos relacionados con la etnobotánica, la taxonomía y la florística. En 2020, en plena pandemia, y gracias al apoyo de la directora del programa de Biología, Prof. Dra. Ana Roza, y al equipo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, encabezado por el decano, Ing. Adolfo Naranjo, iniciamos de manera formal la creación del SIBUC: Semillero de Investigación en Botánica de la Universidad Central. Hoy tengo el honor de ser el coordinador de este semillero, por el cual, a la fecha, han transitado poco más de una treintena de estudiantes (en su mayoría mujeres), y del que, con el constante apoyo de mis colegas, hemos presentado y defendido exitosamente poco más de una docena de tesis de pregrado, y varios proyectos integrados de profundización (PIP, o su equivalente —proyectos de investigación formativa— en otras instituciones).

Este volumen de Ingeciencia reúne algunas de estas investigaciones, en las que mis estudiantes-colegas decidieron abordar el mundo de la botánica desde diversos enfoques, como la florística, la fisiología, la fitorremediación, la agricultura urbana y otras más. Los manuscritos aquí presentes están plenamente articulados con la escuela colombiana, por demás de amplio reconocimiento por su calidad y trayectoria a nivel mundial, y aparecen matices que integran varias de las tradiciones en la caracterización del recurso vegetal, como lo son los primeros estudios en la geografía de las plantas, que encuentran en Caldas y Humboldt sus fundadores, hasta los estudios sucesionales y climáticos heredados de las escuelas norteamericanas, pasando por los nuevos avances en la sistemática, la taxonomía, la ecología, la etnobotánica y la fitorremediación.

Nuestra flora y vegetación son el resultado de un conjunto de procesos evolutivos altamente complejos y dinámicos con los atributos básicos del medio natural. Sus patrones biogeográficos y autoecológicos no dejan de sorprender a quien se adentra en su investigación. Constituye así nuestra flora (y subsecuentemente la vegetación, los ecosistemas y los biomas) un capital natural que necesariamente debemos documentar y, desde luego, conservar. Soy un creyente acérrimo en que la mejor manera de conservar nuestro capital natural es fomentar la divulgación y la difusión de sus investigaciones, el verdadero sentido de pertenencia y, con ello, de cuidado. Todo ello tiene su origen en el claro conocimiento de nuestros recursos naturales. Y esta responsabilidad claramente recae en comunicar ampliamente los hallazgos académicos de las nuevas generaciones.

Quiero terminar esta nota editorial extendiendo mis más sinceros agradecimientos y profundas felicitaciones a mis estudiantes. Su confianza y determinación académica empiezan a dar sus primeros frutos. Enhorabuena por ello. Del mismo modo, el apoyo de mis colegas en las extensas jornadas de evaluación de estas investigaciones ha enriquecido y fortalecido sustancialmente los procesos académicos del SIBUC. Las profesoras Aída Wilches, Catalina Torres y Ángela Navas y el profesor Yesid Mariño han sido piedra angular en varios de dichos procesos. Asimismo, mi colega Andrés Merchán ha codirigido y asesorado varios de los proyectos que hemos desarrollado en el SIBUC; sus contundentes y agudas observaciones han contribuido ostensiblemente a que esta publicación sea posible. Espero que este volumen sea de amplio interés y abundante agrado por quien lo consulte. Se trata de las primeras contribuciones académicas de un conjunto de colegas que sucumbieron ante la fascinación del mundo vegetal y que empiezan a descifrar su significado en Colombia.

**DR. VLADIMIR MINORTA-CELY**

PROFESOR ASISTENTE

PROGRAMA DE BIOLOGÍA Y SERVICIOS DE CIENCIAS NATURALES

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS

UNIVERSIDAD CENTRAL

VMINORTAC@UCENTRAL.EDU.CO

# Macrófitas acuáticas de Colombia: notas sobre su uso en fitorremediación

Aquatic macrophytes of Colombia: notes  
on its use in phytoremediation

Astrid Marín-Olarte<sup>1</sup>

## Resumen

Las macrófitas acuáticas representan entre el 1% y el 3% de todas las plantas conocidas. Son consideradas indispensables en los ecosistemas acuáticos por sus múltiples funciones biológicas. En Colombia el incremento en los índices de contaminación con metales pesados en efluentes es una de las principales problemáticas ambientales. Una forma de eliminarlos es mediante la fitorremediación. Se realizó una búsqueda sistemática de información en diferentes bases de datos, donde los criterios establecidos para la búsqueda fueron principalmente artículos científicos, revisiones y libros de fácil y libre acceso. Se revisaron 130 publicaciones, que documentan 60 especies de macrófitas acuáticas utilizadas para la fitorremediación de metales pesados. Sobresalen por sus valores de riqueza Araceae (5 géneros / 9 especies), Poaceae (7/7), Hydrocharitaceae (4/4), Cyperaceae (3/4) y Salviniaceae (2/4). El 55,4% de las publicaciones se centra en la clase monocotiledónea y aquellas con más publicaciones para un uso potencial en la fitorremediación son *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. y Schult., *Lemna gibba* L., *Lemna minor* var. *obscura* Austin, *Pistia stratiotes* L., *Pontederia crassipes* Mart. y *Typha latifolia* L. Respecto a su origen, 47 son nativas y 13 son introducidas en Colombia.

**Palabras clave:** plantas acuáticas, hidrobiología, ecosistema acuático, contaminación del agua, biodegradación ambiental, macrófitas acuáticas, Colombia, fitorremediación, metales pesados.

## Créditos

### Autores

<sup>1</sup> Bióloga. Universidad Central. Semillero de Investigación Botánica de la Universidad Central (SIBUC). Correo: amarino@ucentral.edu.co

## Cómo citar:

Marín-Olarte, A. (2022). Macrófitas acuáticas de Colombia: notas sobre su uso en fitorremediación. *Ingeciencia*, 7, 7-25.

## Abstract

Aquatic macrophytes represent between 1% and 3% of all known plants. They are considered essential in aquatic ecosystems for their multiple biological functions. In Colombia, the increase in heavy metal pollution levels in effluents is one of the main environmental issues. One way to remove them is through phytoremediation. A systematic search for information was conducted in different databases, where the criteria established for the search were primarily scientific articles, reviews, and freely accessible books. 130 publications were reviewed, documenting 60 species of aquatic macrophytes used for the phytoremediation of heavy metals. Araceae (5 genera / 9 species), Poaceae (7/7), Hydrocharitaceae (4/4), Cyperaceae (3/4), and Salviniaceae (2/4) stand out for their richness values. 55.4% of the publications focus on the monocotyledonous class, and those with the most publications for potential use in phytoremediation are *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. y Schult., *Lemna gibba* L., *Lemna minor* var. *obscura* Austin, *Pistia stratiotes* L., *Pontederia crassipes* Mart., and *Typha latifolia* L. Regarding their origin, 47 are native and 13 are introduced in Colombia.

**Keywords:** aquatic plants, hydrobiology, aquatic ecosystems, water pollution, biodegradation environmental, aquatic macrophytes, phytoremediation, heavy metals, Colombia.

## Introducción

Definir una planta como acuática tiene cierta dificultad. Hay algunas con formas terrestres y plantas terrestres con formas acuáticas. Términos como *macrófitas acuáticas*, *hidrófitas* o *plantas acuáticas* se usan para plantas verdes que pueden observarse sin magnificación (Rial, 2003). En la literatura hidrobótica estos términos se usan como sinónimos de *higher aquatic plants*, *aquatic vascular plants* o *aquatic angiosperms*, entre otros. Con ellos se denominan grandes grupos de plantas con esporas o con fructificación y floración en un ambiente acuático (Rial, 2003). El término *macrófita acuática* presenta diversas definiciones, pero todas coinciden en que desarrollan la totalidad de su ciclo biológico, o al menos parte importante de él, en ambientes con agua libre o suelos sobresaturados de agua (Rial, 2003; Bracamonte *et al.*, 2014; Mereles, 2015; Jocu *et al.*, 2018).

Las macrófitas acuáticas representan entre el 1% y el 3% de todas las plantas conocidas. Su riqueza global se estima en 2724 especies: 110 corresponden a briófitos; 171, a helechos y afines; y 2443, a angiospermas. Estas especies alcanzan sus mayores niveles de endemismo y diversidad en los trópicos (García *et al.*, 2007; Chambers *et*

*al.*, 2008). En los últimos años su estudio ha tenido un creciente interés (Atuesta-Ibargüen *et al.*, 2019), pues se consideran indispensables en los ecosistemas acuáticos porque funcionan como protección y fuente de alimento para un gran número de organismos; asimismo, sirven como fitorremediadoras, capaces de absorber ciertas sustancias contenidas en el agua y oxigenarla, debido a sus órganos aeríferos (Mera, 2016).

La vegetación acuática de Colombia ha sido documentada principalmente en las regiones Andina (Rangel-Ch & Aguirre-C, 1983; Schmidt-Mumm, 1998; Durán-Suárez *et al.*, 2011; Posada & López, 2011; Ramos-Montaño *et al.*, 2013), Caribe (Rangel-Ch, 2010; Cortés-Castillo & Rangel-Ch, 2013; Pérez-Vásquez *et al.*, 2015; Cortés-Castillo, 2017) y Orinoquia (Fernández *et al.*, 2015; Madriñán *et al.*, 2017; Vera, 2017).

En los últimos 100 años, los sistemas acuáticos han sido contaminados con diferentes sustancias tóxicas debido a las actividades antropogénicas, como la industrialización, la urbanización, la agricultura, entre otras, que pueden traer graves riesgos para la salud (Mancera-Rodríguez & Álvarez-León, 2006; Sood *et al.*, 2012; Tejada-Tovar & Garcés-Jaraba, 2015; Carpio, 2016; Mera, 2016; Arango & Godoy, 2018; Cartagena, 2019; Bhatti *et al.*, 2020).

Una manera de eliminarlas es mediante la fitorremediación, proceso donde las plantas se seleccionan principalmente por su potencial fisiológico para remover, transferir, estabilizar, concentrar o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos), como también con metales radioactivos, pesados o tóxicos en suelos, aguas, lodos o sedimentos. La fitorremediación puede aplicarse tanto *in situ* como *ex situ* (López *et al.*, 2004; Betancur *et al.*, 2005; Carpena & Bernal, 2007; Delgadillo-López *et al.*, 2011; Poma & Valderrama, 2014; Madera-Parra *et al.*, 2014; Vera *et al.*, 2016; García-Valero *et al.*, 2019). Los sistemas actuales que se implementan para la eliminación de estos metales son costosos; por ello, se propone la fitorremediación como una técnica de bajo costo y potencialmente sustentable, que ofrece la absorción y acumulación de metales por medio de procesos biológicos realizados por macrófitas acuáticas, capaces de bioacumular la mayoría de metales pesados, y así evitar problemas los problemas que ocasionan dichos metales (García & Reyes, 2009; Mera, 2016; Cartagena, 2019; Bhatti *et al.*, 2020; Fletcher *et al.*, 2020).

En el contexto actual del mundo y su continuo proceso de globalización, hay una constante proliferación de nueva información, plasmada en una multitud de artículos y publicaciones. Por esta razón, las revisiones sistemáticas se presentan como herramientas analíticas destinadas a examinar de manera exhaustiva la información disponible con el objetivo de responder a una pregunta específica (Urra & Barría, 2010; González *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2018). El presente artículo, basado en una revisión de este tipo, contiene una síntesis documental sobre el uso potencial de algunas macrófitas de Colombia para fines de fitorremediación de metales pesados.

## Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda sistemática de información en los siguientes portales académicos: ResearchGate, ScienceDirect, SpringerLink, Nature, Dimensions, Google académico y Scielo. Se establecieron como criterios principales artículos científicos, revisiones y libros de fácil y libre acceso en los idiomas inglés, español y portugués, sin despreciar la fecha de publicación. Las ecuaciones de búsqueda empleadas se muestran en la tabla 1. La selección inicial se realizó a partir de lo expuesto por Moreno *et al.* (2018), con base en los títulos, los resúmenes y las conclusiones de la información disponible para artículos, revisiones y tesis. Se analizó en su totalidad el material optativo y se llevó a cabo una selección final a través de los criterios mostrados en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Ecuaciones de búsquedas empleadas

Ecuaciones de búsqueda		
Inglés	Español	Portugués
phytoremediation AND "heavy metals" AND ("aquatic macrophytes" OR "aquatic plants")	fitorremediacion AND "metales pesados" AND ("macrofitas acuaticas" OR "plantas acuaticas")	fitorremediação AND "metais pesados" AND ("macrofitas aquaticas" OR "plantas aquaticas")
(bioremediation OR phytoremediation) AND ("aquatic macrophytes" OR "aquatic plants") AND "heavy metals"	(biorremediacion OR fitorremediacion) AND ("macrofitas acuaticas" OR "plantas acuaticas") AND "metales pesados"	(biorremediação OR fitorremediação) AND ("macrofitas aquaticas" OR "plantas aquaticas") AND "metais pesados"
(bioremediation OR phytoremediation) AND "aquatic macrophytes" AND "colombia" AND "heavy metals"	(biorremediacion OR fitorremediacion) AND "macrofitas acuaticas" AND "colombia" AND "metales pesados"	(biorremediação OR fitorremediação) AND "macrofitas aquaticas" AND "colombia" AND "metais pesados"
"aquatic macrophytes" AND "heavy metals" AND colombia	"macrofitas acuaticas" AND "metales pesados" AND colombia	"macrofitas aquaticas" AND "metais pesados" AND colômbia
phytoremediation AND "heavy metals" AND "aquatic plants"	fitorremediacion AND "metales pesados" AND "plantas acuaticas"	fitorremediação AND "metais pesados" AND "plantas aquaticas"
distribution AND "aquatic macrophytes" AND colombia	distribucion AND "macrofitas acuaticas" AND colombia	distribuição AND "macrofitas aquaticas" AND colômbia
phytoremediation AND "heavy metals in waters"	fitorremediacion AND "metales pesados en aguas"	fitorremediação AND "metais pesados em águas"

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Criterios empleados para la búsqueda

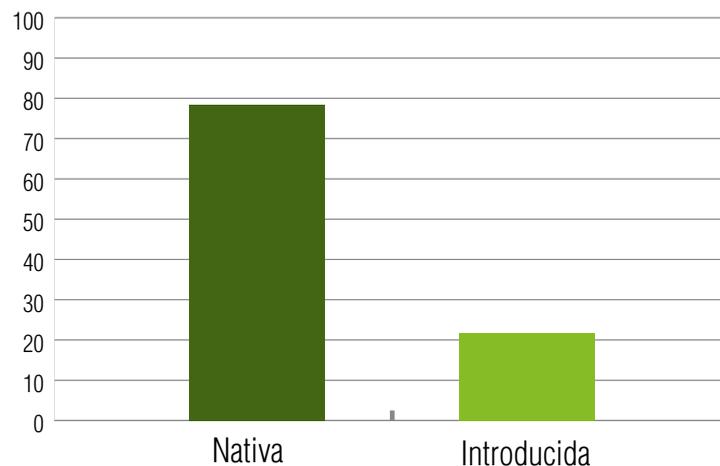
Criterios de búsqueda
Plantas acuáticas nativas de Colombia
Plantas acuáticas cultivadas e introducidas en Colombia
Fitorremediación in situ y ex situ
Fitorremediación de metales pesados en aguas
Fitorremediación de metales pesados en pozos
Fitorremediación de metales pesados en ríos

Fuente: elaboración propia.

La búsqueda bibliográfica se realizó desde 01 de marzo de 2021 hasta el 10 de octubre de 2021. Para las consideraciones nomenclaturales, taxonómicas y corológicas se usó [w3.tropicos.org](http://w3.tropicos.org), el *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia* (Bernal *et al.*, 2019), el International Plant Names Index [IPNI] (2021) y el Global Biodiversity Information Facility [GBIF] (2021), además de las colecciones en línea del Herbario virtual Amazónico Colombiano (COAH), el Herbario Nacional Colombiano (COL), el Herbario del Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB) y el Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA).

## Resultados y discusión

Colombia cuenta con un total aproximado de 27.860 especies de plantas, de las cuales 194 son acuáticas (Bernal *et al.*, 2019). En esta contribución se documentaron 60, que se usan para la fitorremediación de metales pesados, que corresponden a 29 familias y 47 géneros (tabla 3 y la tabla 4). De estas, 47 (78,3%) son de origen nativo y 13 (21,7%) son introducidas (figura 1). Se encontró la mayor representación en la clase de las monocotiledóneas (11 familias, 28 géneros y 37 especies), seguida por las dicotiledóneas (14 familias, 14 géneros y 16 especies) y las polypodiópsidas (1 familia, 4 géneros y 4 especies); luego se encuentran las gimnospermas, las marchantiopsidas y las jungermannioideas, que presentaron la menor riqueza, con una especie y un género cada una (tabla 4).



**Figura 1.** Porcentaje del origen de las especies de macrófitas acuáticas encontradas para la fitorremediación de metales pesados.

**Fuente:** elaboración propia.

Tabla 3. Especies de macrófitas acuáticas documentadas para la remediación de metales pesados

Origen	Familia	Género	Especie + autor	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Se	Ti	U	Zn	Referencias	
Nativa	Amaranthaceae	<i>Alternanthera</i>	<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.			X												X						Bhatti et al. (2020)	
Introducida	Araucariaceae	<i>Araucaria</i>	<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco					X																	Sarada et al. (2017), Mancheno et al. (2021)
Nativa	Salviniaceae	<i>Azolla</i>	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.			X		X		X	X		X					X					X		Barros (2018), Bhatti et al. (2020), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Pandey (2012), Rodrigues y Orlandelli (2018), Sood et al. (2012), Zhang et al. (2008)
Nativa	Salviniaceae	<i>Azolla</i>	<i>Azolla microphylla</i> Kaulf.					X		X								X							Bhatti et al. (2020)
Nativa	Cannaceae	<i>Canna</i>	<i>Canna glauca</i> L.			X																			Jomjun et al. (2010)
Nativa	Cannaceae	<i>Canna</i>	<i>Canna indica</i> L.					X										X							Vera et al. (2016), Cheng et al. (2002)
Nativa	Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.			X		X	X	X	X	X					X	X	X					X	Abdallah (2012), Bhatti et al. (2020), Ostroumov y Shestakova (2009)
Introducida	Poaceae	<i>Chrysopogon</i>	<i>Chrysopogon zizanioides</i> (L.) Roberty							X															Masinire et al. (2021)
Introducida	Araceae	<i>Colocasia</i>	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott		X	X		X		X		X	X					X							Bhatti et al. (2020), Madera-Parra et al. (2014), Skinner et al. (2007), Hui et al. (2017)
Introducida	Cucurbitaceae	<i>Cucumis</i>	<i>Cucumis sativus</i> L.			X				X															Butler et al. (2009), Hong et al. (2011)
Introducida	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus papyrus</i> L.			X		X																	Jomjun et al. (2010), Dewedar et al. (2018)
Nativa	Poaceae	<i>Echinochloa</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.					X			X							X							Fernandes et al. (2020), Peng et al. (2017), Kim et al. (2010)
Nativa	Hydrocharitaceae	<i>Egeria</i>	<i>Egeria densa</i> Planch.			X		X		X		X											X		Bhatti et al. (2020), Da Cruz (2015), Harguinteguy et al. (2015)
Nativa	Cyperaceae	<i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	X		X		X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X		Bhatti et al. (2020), Ha et al. (2011), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Sakakibara et al. (2011)
Nativa	Cyperaceae	<i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.) Schult.		X		X				X	X					X						X		Zocche (2013), Ferreira et al. (2019)
Nativa	Asteraceae	<i>Erato</i>	<i>Erato polymnioides</i> DC.										X												Rodrigues y Orlandelli (2018)
Nativa	Poaceae	<i>Gynerium</i>	<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl.) P. Beauv.					X		X			X					X							Madera-Parra et al. (2014)
Nativa	Heliconiaceae	<i>Heliconia</i>	<i>Heliconia psittacorum</i> L. f.					X		X			X					X							Madera-Parra et al. (2014), Orejuela-Romero (2017)
Nativa	Hydrocharitaceae	<i>Hydrilla</i>	<i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle			X				X								X				X	X		Bhatti et al. (2020)
Nativa	Araliaceae	<i>Hydrocotyle</i>	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f.		X	X		X		X	X	X			X	X	X	X					X		Fall (2015), Demarco et al. (2018)
Nativa	Araliaceae	<i>Hydrocotyle</i>	<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.					X		X	X									X					Galván-Güemes (2006), Lone et al. (2008)
Introducida	Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea aquatica</i> Forssk.			X		X		X		X						X					X		Bhatti et al. (2020), Hu et al. (2008), Kumar et al. (2008)
Nativa	Juncaceae	<i>Juncus</i>	<i>Juncus effusus</i> L.					X			X							X					X		Fritioff y Greger (2003)
Nativa	Araceae	<i>Lemna</i>	<i>Lemna aequinoctialis</i> Welw.							X	X	X					X	X					X		Pio et al. (2013)
Nativa	Araceae	<i>Lemna</i>	<i>Lemna gibba</i> L.		X	X		X	X	X	X	X					X	X	X			X	X		Abdallah (2012), Bhatti et al. (2020), Fritioff y Greger (2003), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Mkandawire y Dudel (2005), Mkandawire et al. (2004a), Mkandawire et al. (2004b)
Nativa	Araceae	<i>Lemna</i>	<i>Lemna minor var. obscura</i> Austin			X		X		X		X						X			X		X		Ali et al. (2020), Barros (2018), Bhatti et al. (2020), Castrillón y Navarro (2016), Chaudhuri et al. (2014), Fritioff y Greger (2003), Galván-Güemes (2006), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Isaksson et al. (2007), Jaramillo y Flores (2012), Kara (2004), Lone et al. (2008), Rakhshaei et al. (2009), Singh et al. (2012), Wang et al. (2002)
Nativa	Araceae	<i>Lemna</i>	<i>Lemna valdiviana</i> Phil.			X																			Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Souza (2016)
Nativa	Amblystegiaceae	<i>Leptodictyum</i>	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.					X			X							X					X		Bhatti et al. (2020), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020)
Nativa	Hydrocharitaceae	<i>Limnobium</i>	<i>Limnobium laevigatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine							X							X	X					X		González (2010), San Juan et al. (2018), Arán et al. (2017)
Nativa	Alismataceae	<i>Limnocharis</i>	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau		X			X		X	X	X	X				X	X	X				X		Anning et al. (2013), Bhatti et al. (2020), Korsah (2011), Hui et al. (2017)
Nativa	Onagraceae	<i>Ludwigia</i>	<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliott								X	X	X				X						X		Kamal et al. (2004)
Nativa	Linderniaceae	<i>Micranthemum</i>	<i>Micranthemum umbrosum</i> (J.F. Gmel.) S.F. Blake			X		X																	Bhatti et al. (2020), Rodrigues y Orlandelli (2018), Islam et al. (2013)
Introducida	Haloragaceae	<i>Myriophyllum</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.					X			X	X	X				X						X		Harguinteguy et al. (2015), Guo et al. (2020), Kamal et al. (2004)
Introducida	Brassicaceae	<i>Nasturtium</i>	<i>Nasturtium officinale</i> W.T. Aiton							X	X						X						X		Ali et al. (2020), Bhatti et al. (2020), Kara (2002)
Nativa	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>Paspalum repens</i> P.J. Bergius								X												X		Rodrigues y Orlandelli (2018)
Introducida	Poaceae	<i>Phalaris</i>	<i>Phalaris arundinacea</i> L.					X	X		X						X		X				X		Bhatti et al. (2020), Fritioff y Greger (2003), Polecho ska y Klink (2014)
Nativa	Poaceae	<i>Phragmites</i>	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.					X			X	X			X		X	X					X		Anishchenko et al. (2020), Bello et al. (2018), Bhatti et al. (2020), Kleche et al. (2013)

Continúa...

... viene

Origen	Familia	Género	Especie + autor	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	In	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Se	Ti	U	Zn	Referencias		
Nativa	Araceae	<i>Pistia</i>	<i>Pistia stratiotes</i> L.	X	X	X		X		X	X	X	X			X	X	X						X	Akter et al. (2014), Ali et al. (2020), Arias (2017), Bhatti et al. (2020), Briñez-Vásquez et al. (2019), Das et al. (2014), Farnese et al. (2014), Lone et al. (2008), Prajapati et al. (2012), Rodrigues et al. (2016), Rodrigues y Orlandelli (2018), Saleh (2012), Singh et al. (2012), Skinner et al. (2007), Hui et al. (2017)	
Nativa	Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx.					X		X	X	X					X	X						X	Ali et al. (2020), Bhatti et al. (2020)	
Nativa	Pontederiaceae	<i>Pontederia</i>	<i>Pontederia crassipes</i> Mart.	X		X		X	X	X	X	X	X			X	X	X		X		X	X	X	Ajibade et al. (2013), Ali et al. (2020), Alvarado et al. (2008), Araque et al. (2018), Arias (2017), Barros (2018), Bhatti et al. (2020), Briñez-Vásquez et al. (2019), Carreño-Sayago y Granada-Torres (2016), Carrión et al. (2012), Castrillón y Navarro (2016), Chandra y Kulshreshtha (2004), Cordes et al. (2000), Covarrubias y Cabriales (2017), Da Cruz (2015), Dixit y Dhote (2010), Domingos et al. (2012), Eid et al. (2020), Eid et al. (2019), Espinoza-Quinones et al. (2008), Fall (2015), Galván-Güemes (2006), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Jaramillo y Flores (2012), Jiménez-Rodríguez (2021), Kumar et al. (2008), Liao y Chang (2004), Lone et al. (2008), López et al. (2004), Mishra y Tripathi (2009), Ndimele y Jimoh (2011), Niño et al. (2018), Odjegba y Fasidi (2007), Okunowo y Ogunkanmi (2010), Paredes y Nique (2018), Poma y Valderrama (2014), Rezanía et al. (2015), Rodrigues et al. (2016), Rodrigues y Orlandelli (2018), Santos (2021), Singh et al. (2012), Skinner et al. (2007), Souza (2016), Tavares (2009), Wang et al. (2002), Carreño-Sayago (2021)	
Introducida	Potamogetonaceae	<i>Potamogeton</i>	<i>Potamogeton crispus</i> L.								X	X				X	X							X	Ali et al. (2020), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020)	
Nativa	Potamogetonaceae	<i>Potamogeton</i>	<i>Potamogeton pusillus</i> L.			X				X	X		X												Bhatti et al. (2020), Griboff et al. (2018), Monferrán et al. (2012)	
Nativa	Ricciaceae	<i>Ricciocarpos</i>	<i>Ricciocarpos natans</i> (L.) Corda									X													Silva et al. (2021)	
Nativa	Alismataceae	<i>Sagittaria</i>	<i>Sagittaria latifolia</i> Willd.								X													X	López et al. (2004), Chocobar-Ponce (2019)	
Nativa	Salviniaceae	<i>Salvinia</i>	<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.							X			X											X	Almeida (2009), Bhatti et al. (2020), Molisani et al. (2006), Negrão et al. (2021), Wolff et al. (2009)	
Nativa	Salviniaceae	<i>Salvinia</i>	<i>Salvinia minima</i> Baker			X		X		X															Bhatti et al. (2020), Hoffmann et al. (2004), López et al. (2004), Olguin et al. (2003), Rodrigues et al. (2016), Sánchez-Galván et al. (2008)	
Nativa	Cyperaceae	<i>Schoenoplectus</i>	<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják			X					X	X					X								Blanco (2019)	
Nativa	Aizoaceae	<i>Sesuvium</i>	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.					X			X													X	Gil-Hurtado (2020), Feng et al. (2018a), Feng et al. (2018b)	
Nativa	Araceae	<i>Spirodela</i>	<i>Spirodela intermedia</i> W. Koch							X	X	X	X			X								X	Ali et al. (2020), Bhatti et al. (2020), De La Fournière et al. (2019)	
Nativa	Araceae	<i>Spirodela</i>	<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid.			X		X					X												Bhatti et al. (2020), Chaudhuri et al. (2014)	
Nativa	Potamogetonaceae	<i>Stuckenia</i>	<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner								X					X								X	Anishchenko et al. (2020)	
Introducida	Typhaceae	<i>Typha</i>	<i>Typha angustifolia</i> L.					X		X	X	X				X	X	X						X	Bhatti et al. (2020), Chandra y Kulshreshtha (2004), Demirezen y Aksoy (2004), Kumar et al. (2008)	
Nativa	Typhaceae	<i>Typha</i>	<i>Typha domingensis</i> Pers.					X	X		X						X	X						X	Bhatti et al. (2020)	
Nativa	Typhaceae	<i>Typha</i>	<i>Typha latifolia</i> L.			X		X		X	X	X	X			X	X	X						X	Ali et al. (2020), Bhatti et al. (2020), Blute et al. (2004), Chandra y Kulshreshtha (2004), Covarrubias y Cabriales (2017), Galván-Güemes (2006), Hejna et al. (2020), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Oquendo-Andino (2016), Pratas et al. (2007), Sasmaz et al. (2008), Ferniza (2017)	
Introducida	Poaceae	<i>Urochloa</i>	<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T.Q.Nguyen							X		X				X	X	X							X	Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020)
Nativa	Lentibulariaceae	<i>Utricularia</i>	<i>Utricularia gibba</i> L.							X															X	Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Augustynowicz et al. (2015), Lukowicz et al. (2013)
Nativa	Hydrocharitaceae	<i>Vallisneria</i>	<i>Vallisneria americana</i> Michx.							X															X	Bhatti et al. (2020)
Nativa	Araceae	<i>Wolffia</i>	<i>Wolffia globosa</i> (Roxb.) Hartog & Plas			X		X																	X	Bhatti et al. (2020), Huaraca-Huaman y Lujan-Espinoza (2020), Xie et al. (2013)

Nota: las "x" indican la capacidad de fitoremediación de los metales pesados para esa especie.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Distribución de la riqueza según clases taxonómicas

Clase	N.º de familias	N.º de géneros	N.º de especies
Dicotiledóneas	14	14	16
Monocotiledóneas	11	28	37
Gimnospermas	1	1	1
Polypodiopsida	1	2	4
Marchantiopsida	1	1	1
Jungermannioptida	1	1	1
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>47</b>	<b>60</b>

Fuente: elaboración propia.

La familia más rica respecto al número de especies es Araceae (5 géneros y 9 especies), seguida por la Poaceae (7/7), Hydrocharitaceae (4/4), Cyperaceae (3/4), Salviniaceae (2/4), Potamogetonaceae (2/3), Typhaceae (1/3), Alismataceae (2/2), Araliaceae, Cannaceae y Nymphaeaceae cuentan con 1 género y 2 especies. Las once familias más ricas concentran el 61,7% del total de los géneros encontrados y el 70% del total de las especies documentadas (tabla 5). En cuanto a nivel de género, *Lemna* es el más rico con cuatro especies, seguido por *Typha*, con tres. Los diez géneros más ricos concentran el 38% de la riqueza registrada (tabla 6).

Tabla 5. Distribución de la riqueza según familias, géneros y especies

Familias	N.º de géneros	N.º de especies
Araceae	5	9
Poaceae	7	7
Salviniaceae	2	4
Cyperaceae	3	4
Hydrocharitaceae	4	4
Typhaceae	1	3
Potamogetonaceae	2	3
Araliaceae	1	2
Cannaceae	1	2
Nymphaeaceae	1	2
Alismataceae	2	2
Aizoaceae	1	1
Amaranthaceae	1	1
Amblystegiaceae	1	1
Araucariaceae	1	1
Asteraceae	1	1
Brassicaceae	1	1
Ceratophyllaceae	1	1
Convolvulaceae	1	1
Cucurbitaceae	1	1

Continúa...

... viene

Familias	N.º de géneros	N.º de especies
Haloragaceae	1	1
Heliconiaceae	1	1
Juncaceae	1	1
Lentibulariaceae	1	1
Linderniaceae	1	1
Onagraceae	1	1
Polygonaceae	1	1
Pontederiaceae	1	1
Ricciaceae	1	1
11 familias más ricas	29 (61,7 %)	42 (70 %)
Familias restantes	18 (38,3 %)	18 (30 %)
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>60</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Géneros más ricos respecto al número de especies

Género	N.º de especies	Porcentaje (%)
<i>Lemna</i>	4	6,7
<i>Typha</i>	3	5,0
<i>Azolla</i>	2	3,3
<i>Canna</i>	2	3,3
<i>Eleocharis</i>	2	3,3
<i>Hydrocotyle</i>	2	3,3
<i>Nymphaea</i>	2	3,3
<i>Potamogeton</i>	2	3,3
<i>Salvinia</i>	2	3,3
<i>Spirodela</i>	2	3,3
<i>Alternanthera</i>	1	1,7
<i>Araucaria</i>	1	1,7
<i>Ceratophyllum</i>	1	1,7
<i>Chrysopogon</i>	1	1,7
<i>Colocasia</i>	1	1,7
<i>Cucumis</i>	1	1,7
<i>Cyperus</i>	1	1,7
<i>Echinochloa</i>	1	1,7
<i>Egeria</i>	1	1,7
<i>Erato</i>	1	1,7
<i>Gynerium</i>	1	1,7
<i>Heliconia</i>	1	1,7
<i>Hydrilla</i>	1	1,7

Continúa...

... viene

Género	N.º de especies	Porcentaje (%)
<i>Ipomoea</i>	1	1,7
<i>Juncus</i>	1	1,7
<i>Leptodictyum</i>	1	1,7
<i>Limnobium</i>	1	1,7
<i>Limnocharis</i>	1	1,7
<i>Ludwigia</i>	1	1,7
<i>Micranthemum</i>	1	1,7
<i>Myriophyllum</i>	1	1,7
<i>Nasturtium</i>	1	1,7
<i>Paspalum</i>	1	1,7
<i>Phalaris</i>	1	1,7
<i>Phragmites</i>	1	1,7
<i>Pistia</i>	1	1,7
<i>Polygonum</i>	1	1,7
<i>Pontederia</i>	1	1,7
<i>Ricciocarpos</i>	1	1,7
<i>Sagittaria</i>	1	1,7
<i>Schoenoplectus</i>	1	1,7
<i>Sesuvium</i>	1	1,7
<i>Stuckenia</i>	1	1,7
<i>Urochloa</i>	1	1,7
<i>Utricularia</i>	1	1,7
<i>Vallisneria</i>	1	1,7
<i>Wolffia</i>	1	1,7
10 géneros más ricos	23	38,3
Géneros restantes	37	61,7
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.

La tabla 7 presenta el número de especies documentadas para la fitorremediación de los diferentes metales pesados. 36 de las 60 especie (60%), son fitorremediadoras para el cadmio (Cd), seguidas por el cobre (Cu) con un 56,6%, el plomo (Pb) con un 55%, el Zinc (Zn) con un 55% y el Cromo (Cr) con un 50%. Menos de la mitad de las especies son fitorremediadoras para los metales pesados restantes, como el níquel (Ni) con un 40%, el arsénico (As) con un 40%, el hierro (Fe) con un 35%, el mercurio (Hg) con un 30%, el manganeso (Mn) con un 25%, el aluminio (Al) con un 10%, el cobalto (Co) con un 8,3%, el magnesio (Mg) con un 6,6%, y menos del 5% para la plata (Ag), uranio (U) y el selenio (Se). Solo se documentó una especie para los metales pesados bario (Ba), indio (In), antimonio (Sb) y el titanio (Ti).

**Tabla 7.** Número de especies de macrófitas acuáticas documentadas para la fitorremediación de los diferentes metales pesados

Metal	N.º de especies
Cadmio (Cd)	36
Cobre (Cu)	34
Plomo (Pb)	33
Zinc (Zn)	33
Cromo (Cr)	30
Níquel (Ni)	24
Arsénico (As)	24
Hierro (Fe)	21
Mercurio (Hg)	18
Manganeso (Mn)	15
Aluminio (Al)	6
Cobalto (Co)	5
Magnesio (Mg)	4
Plata (Ag)	3
Uranio (U)	3
Selenio (Se)	2
Bario (Ba)	1
Indio (In)	1
Antimonio (Sb)	1
Titanio (Ti)	1

Fuente: elaboración propia.

*Pontederia crassipes* Mart., *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult. y *Lemna gibba* L., *Pistia stratiotes* L. e *Hydrocotyle ranunculoides* L. f. son útiles para más de la mitad de los metales pesados mencionados (tabla 3); de ellas, *P. crassipes*, *P. stratiotes*, *L. gibba* cuentan con más estudios realizados. En cuanto a *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., *Azolla microphylla* Kaulf., *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle., *Stuckenia pectinata* (L.) Börner. y *Vallisneria americana* Michx., aunque no se encuentren muestras en los herbarios consultados, probablemente tengan presencia en Colombia. Se destaca que *Limnocharis flava* (L.) Buchenau, *Ludwigia palustris* (L.) Elliott, *Nymphaea ampla* (Salisb.) DC., *Sagittaria latifolia* Willd. y *Utricularia gibba* L., además de ser nativas, pueden contar con un gran potencial para el paisajismo y para la restauración fluvial, un componente importante del proceso de gestión ambiental, encaminado a conseguir la recuperación del estado funcional de un cuerpo de agua (Herrera, 2013; Terneus-Jácome & Yánez, 2018).

La mayoría de los artículos consultados estaban en inglés (aprox. 70,8%), español (aprox. 20,0%) y portugués (aprox. 9,2%). En cuanto a los años de publicación de las referencias consultadas, para el 2018 hubo el mayor número de publicaciones, seguido de los años 2004 y 2012; asimismo, el número de publicaciones ha aumentado en los últimos años, y se mantienen por encima del promedio (aprox. 6,2) a partir del 2012, a excepción del año 2015 (figura 2).



**Figura 2.** Número de publicaciones anuales con respecto a la fitorremediación de metales pesados.

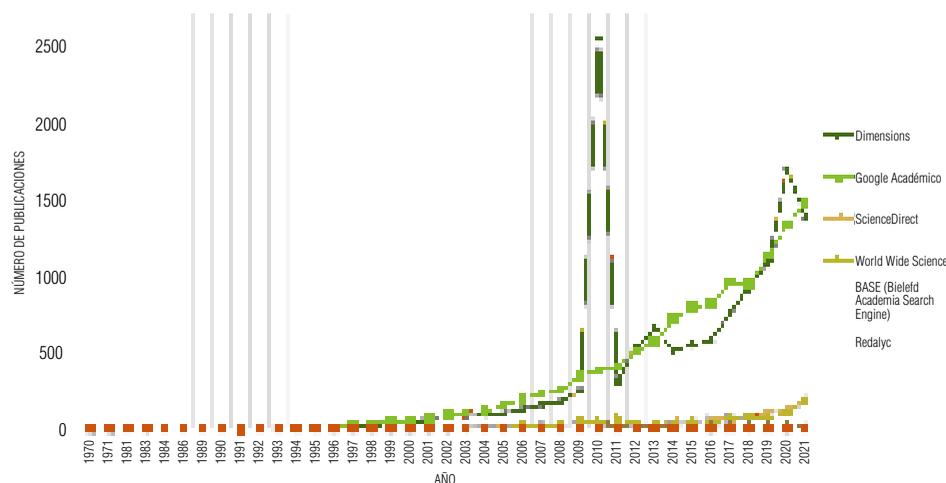
**Fuente:** elaboración propia.

Los portales académicos como Dimensions, Google Académico, Springerlink y ScienceDirect presentan la mayor cantidad de publicaciones respecto a este tema (tabla 8). Del mismo modo, tanto Dimensions como Google Académico registran un mayor crecimiento de publicaciones desde el año 2000 hasta el 2021 (figura 3).

**Tabla 8.** Base de datos y número de publicaciones sobre: especies de macrófitas acuáticas para la fitorremediación de metales pesados, en los tres idiomas (inglés, español y portugués)

Bases de datos	N.º de publicaciones
Dimensions	12817
Google Académico	11755
Springer Link	1166
ScienceDirect	1021
World Wide Science	914
BASE (Bielefeld Academia Search Engine)	310
Redalyc	37
Dialnet	13
Nature	11
Scielo	8

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.** Avance del número de publicaciones realizadas con respecto al año en las diferentes bases de datos sobre: especies de macrófitas acuáticas para la fitorremediación de metales pesados, en los tres idiomas (inglés, español y portugués).

**Fuente:** elaboración propia.

## Conclusiones y recomendaciones

A nivel de familia, sobresale que Araceae (5 géneros / 9 especies), Poaceae (7/7), Hydrocharitaceae (4/4), Cyperaceae (3/4) y Salviniaceae (2/4) cuentan con la mayor riqueza de especies y géneros utilizados para este campo. Los cinco géneros más utilizados, excepto *Typha* (2 de sus 3 especies implementadas son nativas) hacen uso de especies nativas. A nivel de especie, las cinco de mayor sensibilidad a más de la mitad de los metales son nativas.

En cuanto al número de publicaciones, aproximadamente el 55,4% se centra en la clase monocotiledónea. Se destacan por su uso extensivo y persistente *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult., *Lemna gibba* L., *Lemna minor* var. *obscura* Austin, *Pistia stratiotes* L., *Pontederia crassipes* Mart. y *Typha latifolia* L. Se ha documentado el carácter invasor de *P. crassipes* (Alcaldía Mayor de Bogotá & Universidad Nacional de Colombia, 2012; Sanabria *et al.*, 2020), por lo cual, se sugiere desarrollar estudios en otros grupos, en aras de diversificar su uso según las particularidades ecológicas de las localidades.

Persisten vacíos en diversos aspectos sobre la sistemática, la taxonomía, la corología, la ecología y los usos potenciales de las macrófitas acuáticas en Colombia. Aún se desconoce mucho sobre estas especies debido a la dificultad y la notable amplitud del campo semántico de este concepto. El aumento de la industrialización ha forzado a buscar alternativas de bajo costo y seguras con el medioambiente, para remediar los daños causados en los ambientes acuáticos. En virtud de ello, se ratifica lo imperante de fomentar la investigación de fitorremediación de metales pesados, enfocada en especies nativas.

## Agradecimientos

La autora extiende sus agradecimientos a su familia, compañeros, al profesor Vladimir Minorta-Cely y al Semillero de Investigación Botánica de la Universidad Central (SIBUC). Esta contribución hace parte de los procesos académicos e investigativos de SIBUC.

## Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá & Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá* (Díaz-Espinosa A. M., Díaz-Triana J. E., & O. Vargas eds.). [https://oab.ambientebogota.gov.co/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2018/11/CatlogodeplantasInvasorasdelosHumedales-debogot.pdf](https://oab.ambientebogota.gov.co/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/11/CatlogodeplantasInvasorasdelosHumedales-debogot.pdf)
- Arango, L. E. & Godoy, R. M. (2018). *Análisis multi-temporal de la calidad del agua en la zona de vertimiento de los emisarios submarinos. Caso de estudio: Punta Canoas, Cartagena de Indias* [trabajo de grado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/6988/A-TESIS%20ARANGO.GODOY%20FINAL%20FINAL%20ULTIMA%20IMPRESION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Atuesta-Ibargüen, D. J. (2019). Composición florística y formas de vida de las macrofitas acuáticas de la serranía de La Lindosa (Guaviare), Guayana colombiana. *Caldasia*, 41(2), 301-312. <https://www.jstor.org/stable/26680473>
- Becerril, J. M., Barrutia, O., Plazaola, J. G., Hernández, A., Olano, J. M. & Garbisu, C. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Ecosistemas*, 16(2), 50-55. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/128>
- Bernal, R., Gradstein, S. R. & Celis, M. (2019). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. <https://shorturl.at/pFSY1>
- Betancur, L. M. A., Mazo, K. I. M. & Mendoza, A. J. S. (2005). Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de investigación*, 2(1), 57-60. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520110.pdf>
- Bhatti, S. S., Bhat, S. A. & Singh, J. (2020). Aquatic Plants as Effective Phytoremediators of Heavy Metals. En P. Chowdhary y A. Raj (eds.), *Contaminants and Clean Technologies* (pp. 189-199). CRC Press.
- Carpena, R. O. & Bernal, M. P. (2007). Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Revista Ecosistemas*, 16(2), 1-3. [https://www.researchgate.net/profile/Maria-Bernal-7/publication/39439864\\_Claves\\_de\\_la\\_fitorremediacion\\_fitotecnologias\\_para\\_la\\_recuperacion\\_de\\_suelos/links/54b8cdd10cf2c27adc48f285/Claves-de-la-fitorremediacion-fitotecnologias-para-la-recuperacion-de-suelos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria-Bernal-7/publication/39439864_Claves_de_la_fitorremediacion_fitotecnologias_para_la_recuperacion_de_suelos/links/54b8cdd10cf2c27adc48f285/Claves-de-la-fitorremediacion-fitotecnologias-para-la-recuperacion-de-suelos.pdf)

- Carpio, B. O. (2016). Contaminación por metales pesados en macrófitas de los principales ríos tributarios del Lago Titicaca. [tesis de doctorado, Universidad Nacional del Altiplano]. LA Referencia: Red de repositorios de acceso abierto a la ciencia. [https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE\\_a501a959e-0694c6b09edecb5aad5e290](https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_a501a959e-0694c6b09edecb5aad5e290)
- Cartagena, M. I. (2019). *Biorremediación en aguas residuales contaminadas con cianuro y mercurio generadas en el proceso de la minería aurífera en Colombia, a partir de una revisión bibliográfica entre los años 2008-2018* [trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/13927/1/CartagenaM%C3%B3nica\\_2019\\_Biorremediaci%C3%B3nCianuroMiner%C3%ADa.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/13927/1/CartagenaM%C3%B3nica_2019_Biorremediaci%C3%B3nCianuroMiner%C3%ADa.pdf)
- Chambers, P. A., Lacoul, P., Murphy, K. J. & Thomaz, S. M. (2008). Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. En Balian, E. V., Lévêque, C., Segers, H., Martens, K. (eds.) *Freshwater Animal Diversity Assessment. Developments in Hydrobiology*, vol 198 (pp. 9-26). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7_2)
- Cirujano, S., Molina, A. M. & Murillo, P. G. (2014). *Flora acuática española: hidrófitos vasculares*. Real Jardín Botánico, CSIC. [https://flora\\_acuatica\\_espanola\\_hidrofitos\\_vasculares](https://flora_acuatica_espanola_hidrofitos_vasculares)
- Cortés-Castillo, D. V. (2017). Vegetación estuarina y vegetación acuática de complejos cenagosos del caribe colombiano. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/59487/Denisse>
- Cortés-Castillo, D. & Rangel-Ch, J. (2013). Vegetación acuática y de pantano de las ciénagas del departamento de Cesar (Colombia). En *Colombia Diversidad Biótica XIII: complejo cenagoso Zapatoza y ciénagas del sur del Cesar. Biodiversidad, conservación y manejo*. (pp. 301-329). Universidad Nacional de Colombia. [https://www.researchgate.net/publication/282264861\\_Vegetacion\\_acuatica\\_y\\_de\\_pantano\\_de\\_las\\_cienagas\\_del\\_departamento\\_de\\_Cesar\\_Colombia#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/282264861_Vegetacion_acuatica_y_de_pantano_de_las_cienagas_del_departamento_de_Cesar_Colombia#fullTextFileContent)
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R. & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000200002&lng=es&tlng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002&lng=es&tlng=es)
- Durán-Suárez, L. R., Terneus-Jácome, H. E., Gavilán-Díaz, R. A. & Posada-García, J. A. (2011). Composición y estructura de un ensamble de plantas acuáticas vasculares de una represa alto andina (Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 33(94), 51-68. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-35842011000100004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842011000100004&lng=en&tlng=es)
- Fernández, M., Bedoya, A. M. & Madriñán, S. (2015). Plantas acuáticas de las planicies inundables de la Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana*, 16(1), 96-105. <https://www.redalyc.org/pdf/491/49142418010.pdf>

- Fletcher, J., Willby, N., Oliver, D. M. & Quilliam, R. S. (2020). Phytoremediation Using Aquatic Plants. En Shmaefsky, B. (Ed.), *Phytoremediation In-situ Applications*. <https://doi.org/k4zs>
- García, N., Galeano, G., Salinas, N. R., Cardenas, D. & Saenz, E. C. (Eds.). (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia (Vol. 5). Las magnoliáceas, las miristicáceas y las podocarpáceas*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31409/121.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, R. A. B. & Reyes, A. S. (2009). Fitorremediación de metales pesados y microorganismos. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 9(16). <http://listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fitorremediaci%C3%B3ndemetalespesadosymicroorganismos.pdf>
- García-Valero, A., Martínez-Martínez, S., Acosta, J. A., Terrero, A., Faz, A., Muñoz, M. A. & Gómez-Garrido, M. (2019, 3-6 de septiembre). *Fitorremediación de aguas residuales industriales mediante humedales artificiales para uso agrícola* [ponencia]. X Congreso Ibérico de Agroingeniería: Libro de actas, Huesca, España. <https://zaguan.unizar.es/record/84481>
- González, I. F., Urrutia, G. & Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista española de cardiología*, 64(8), 688-696. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029>
- Herrera, T. (2013). *Manual metodológico de actuaciones de restauración ambiental y uso público en ámbitos fluviales*. Diputación de Málaga, Servicio de Ingeniería, Sanidad y Calidad Ambiental. [https://www.researchgate.net/publication/285593894\\_Manual\\_metodologico\\_de\\_actuaciones\\_de\\_restauracion\\_ambiental\\_y\\_uso\\_publico\\_en\\_ambitos\\_fluviales\\_Manuel\\_methodologique\\_dactions\\_pour\\_la\\_restauracion\\_de\\_benvironnement\\_et\\_pour\\_busage\\_public\\_des\\_espac](https://www.researchgate.net/publication/285593894_Manual_metodologico_de_actuaciones_de_restauracion_ambiental_y_uso_publico_en_ambitos_fluviales_Manuel_methodologique_dactions_pour_la_restauracion_de_benvironnement_et_pour_busage_public_des_espac)
- Instituto SINCHI (2021). *Herbario Virtual Amazónico Colombiano* [base de datos] <https://www.sinchi.org.co/coah/consulta-de-especimenes-coah>
- Jardín Botánico José Celestino Mutis (2021). *Herbario JBB en línea* [base de datos]. <http://herbario.jbb.gov.co/especimen/simple>
- Jocou, A. I., Fernández, C. & Gandullo, R. (2018). Macrófitas acuáticas vasculares del sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro, Patagonia (Argentina). *Revista del Museo de La Plata*, 3(2), 296-308. <http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/uncoma/15468/Jocou%2c%20Fern%2c%20Gandullo.%20Macr%2c%20fitas%20acu%2c%20a1ticas%20vasculares%20del%20sistema%20de%20drenaje%20del%20Alto%20Valle%20de%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, R. A. N., Vong, Y. M., Borges, R. O. & Olgún, E. J. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Revista Ciencia*, 55(3) 69-83. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55\\_3/Fitorremediacion.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf)

- Madera-Parra, C. A., Peña-Salamanca, E. J. & Solarte-Soto, J. A. (2014). Efecto de la concentración de metales pesados en la respuesta fisiológica y capacidad de acumulación de metales de tres especies vegetales tropicales empleadas en la fitorremediación de lixiviados provenientes de rellenos sanitarios. *Ingeniería y Competitividad*, 16(2), 179-188. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30332014000200016&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332014000200016&lng=en&tlng=es)
- Madriñán, S., Rial, A., Bedoya, A. M. & Fernández-Lucero, M. (2017). *Plantas acuáticas de la Orinoquia colombiana*. Universidad de los Andes.
- Mancera-Rodríguez, N. J. & Álvarez-León, R. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 3-23. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2006000100001&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2006000100001&lng=en&tlng=es)
- Mera, S. R. (2016). *Evaluación de la bioconcentración de dos especies de macrofitas acuáticas (Eichhornia crassipes y Lemna spp) en la fitorremediación de un medio contaminado con plomo* [trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6174/1/236T0219.pdf>
- Mereles, F., De Egea, J., Céspedes, G., Peña-Chocarro, M. del C. & Degen, R. (2015). *Plantas acuáticas y palustres del Paraguay*. Vol. 1: *Bryophyta, Pteridophyta y Angiospermae Monocotyledoneae*. Rosasiana.
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuéllar, J., Domancic, S. & Villanueva, J. (2018). Revisiones sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 11(3), 184-186. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-01072018000300184&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072018000300184&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- Pérez-Vásquez, N. D. S., Arias-Ríos, J. & Quirós-Rodríguez, J. A. (2015). Variación espacio-temporal de plantas vasculares acuáticas en el complejo cenagoso del bajo Sinú, Córdoba, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 20(3), 155-165. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.45380>
- Poma L., V. R. & Valderrama N., A. C. (2014). Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de Cadmio (II) y Mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(3), 164-173. <https://www.redalyc.org/pdf/3719/371937639003.pdf>
- Posada, J. A. & López, M. T. (2011). *Plantas acuáticas del altiplano del Oriente Antioqueño, Colombia*. Universidad Católica de Oriente.
- Ramos-Montaño, C., Cárdenas-Avella, N. M. & Herrera-Martínez, Y. (2013). Caracterización de la comunidad de Macrófitas acuáticas en lagunas del Páramo de La Rusia (Boyacá-Colombia). *Ciencia en desarrollo*, 4(2), 73-82. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-74882013000200009&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882013000200009&lng=en&tlng=es)

- Rangel-Ch, J. O. (2010). Vegetación acuática. Caracterización inicial. *Colombia, diversidad biótica IX: ciénagas de Córdoba: biodiversidad, ecología y manejo ambiental*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81890>
- Rangel-Ch, J. O. & Aguirre-C, J. (1983). Comunidades acuáticas altoandinas - I Vegetación sumergida y de ribera en el Lago de Tota, Boyacá, Colombia. *Caldasia*, 13(65), 719-742. <https://www.jstor.org/stable/23641090>
- Rial, A. (2003). El concepto de planta acuática en un humedal de los Llanos de Venezuela. *Mem. Fund. La Salle de Cienc. Nat.*, 155, 119-132. [https://www.researchgate.net/publication/281971824\\_El\\_concepto\\_de\\_planta\\_acuatica\\_en\\_un\\_humedal\\_de\\_los\\_Llanos\\_de\\_Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/281971824_El_concepto_de_planta_acuatica_en_un_humedal_de_los_Llanos_de_Venezuela)
- Royal Botanic Gardens, Harvard University Herbaria & Centre for Australian National Biodiversity Research [CANBR]. (2021). *International Plant Names Index* [base de datos]. <https://www.ipni.org/>
- Sanabria M., L., Villamil M., R., Rojas R., J. & Talero, C. (2020). *Plan de Prevención, Manejo y Control del buchón de agua (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/60635ece12e26.pdf>
- Schmidt-Mumm, U. (1998). Vegetación acuática y palustre de la sabana de Bogotá y plano del río Ubaté: ecología y taxonomía de la flora acuática y semiacuática [trabajo de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. [https://www.researchgate.net/profile/Udo-Schmidt-Mumm/publication/263661093\\_Vegetacion\\_Acuatica\\_y\\_Palustre\\_de\\_la\\_Sabana\\_de\\_Bogota\\_y\\_Plano\\_del\\_Rio\\_Ubate/links/58c7b580a6fdcc550caa47d0/Vegetacion-Acuatica-y-Palustre-de-la-Sabana-de-Bogota-y-Pl](https://www.researchgate.net/profile/Udo-Schmidt-Mumm/publication/263661093_Vegetacion_Acuatica_y_Palustre_de_la_Sabana_de_Bogota_y_Plano_del_Rio_Ubate/links/58c7b580a6fdcc550caa47d0/Vegetacion-Acuatica-y-Palustre-de-la-Sabana-de-Bogota-y-Pl)
- Sood, A., Uniyal, P. L., Prasanna, R. & Ahluwalia, A. S. (2012). Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, Azolla. *Ambio*, 41(2), 122-137. <https://doi.org/d98wth>
- Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á. & Garcés-Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas*, 18(34). 109-123. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-77992015000100010&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992015000100010&lng=en&tlng=es)
- Terneus-Jácome, E. & Yánez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 36-50. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.03>
- The Global Biodiversity Information Facility (2021). *What is GBIF?* <https://www.gbif.org/what-is-gbif>
- Tropicos.org (2021). *Missouri Botanical Garden* [base de datos]. <https://tropicos.org>
- Universidad de Antioquia (2021). *Herbario de la Universidad de Antioquia* [base de datos]. <http://www2.udea.edu.co/herbario/paginas/consultas/consultarEjemplares.iface>

- Universidad Nacional de Colombia (2021). *Colección de plantas virtual*. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/>
- Urra, M. E. & Barría, P. R. M. (2010). Systematic review and its relationship with evidence-based practice in health. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 18(4), 824-831. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692010000400023>
- Vera, A., Ramos, K., Camargo, E., Andrade, C., Núñez, M., Delgado, J. & Morales, E. (2016). Fitorremediación de aguas residuales con alto contenido de plomo utilizando *Typha dominguensis* y *Canna generalis*. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 39(2), 088-095. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-07702016000200006&lng=es&tlng=es](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200006&lng=es&tlng=es)
- Vera, O. A. (2017). *Flora y vegetación acuática en áreas de la Orinoquia colombiana* [trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63831/FLORA>

# Consideraciones sobre la flora vascular del cañón del Chicamocha, en Santander (Colombia)

Considerations on the vascular flora of the Chicamocha canyon, in Santander (Colombia)

Valentina Huertas F.<sup>1</sup>

## Resumen

En este artículo se presentan y discuten algunas consideraciones sobre la flora vascular del cañón del Chicamocha. Se obtuvieron registros de 924 individuos agrupados en 96 familias, 324 géneros y 559 especies. En términos de riqueza, las familias mejor representadas fueron: Fabaceae (27 géneros / 51 especies), Asteraceae (29/48), Poaceae (23/38), Euphorbiaceae (10/21) y Melastomataceae (6/20). Los géneros más ricos fueron: Piper (17 especies), Miconia (13), Clusia (7), Inga (6) y Psychotria (5). Respecto a su segregación altitudinal, Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Poaceae y Euphorbiaceae fueron mejor representadas en todos los intervalos. Piperaceae, Orchidaceae, Araceae, Lamiaceae y Verbenaceae dominaron en zonas de altitud media y alta, mientras Rubiaceae y Malpighiaceae lo hicieron hacia los extremos. Las hierbas representan el hábito de crecimiento dominante (51 % del muestreo), seguido por los arbustos (26%), árboles (16%) y epífitas (7%). Según la clase, el 78 % de las especies son dicotiledoneas; el 17%, monocotiledoneas; y el 5%, angiospermas basales. Los resultados sugieren que actualmente la flora está conformada por taxones de distribución neotropical, con principales aportes Andinos, Caribeños y Orinocenses. Hay mayor afinidad florística con el resto de Los Andes y el Caribe.

**Palabras clave:** botánica, flora, plantas vasculares, enclave xerofítico, Colombia.

## Créditos

### Autora

<sup>1</sup> Bióloga, Universidad Central, Semillero de Investigación Botánica (SIBUC). Correo: [vhuertas@ucentral.edu.co](mailto:vhuertas@ucentral.edu.co)

## Cómo citar:

Huertas, V. (2022). Consideraciones sobre la flora vascular del cañón del Chicamocha, en Santander (Colombia). *Ingeciencia*, 7, 26-42.

## Abstract

Some considerations on the vascular flora of the Chicamocha canyon are presented and discussed in this paper. Records were obtained for 924 individuals grouped into 96 families, 324 genera, and 559 species. In terms of richness, the best-represented families were: Fabaceae (27 genera / 51 species), Asteraceae (29/48), Poaceae (23/38), Euphorbiaceae (10/21), and Melastomataceae (6/20). The richest genera were: *Piper* (17 species), *Miconia* (13), *Clusia* (7), *Inga* (6), and *Psychotria* (5). Regarding altitudinal segregation, Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Poaceae, and Euphorbiaceae were better represented in all intervals. Piperaceae, Orchidaceae, Araceae, Lamiaceae, and Verbenaceae dominated in mid- and high-altitude zones, while Rubiaceae and Malpighiaceae did so towards the extremes. Herbs represent the dominant growth habit (51% of the sampling), followed by shrubs (26%), trees (16%), and epiphytes (7%). According to class, 78% of the species are dicotyledons; 17%, monocotyledons; and 5%, basal angiosperms. The results suggest that currently the flora is composed of taxa of Neotropical distribution, with main contributions from the Andes, Caribbean, and Orinoco regions. There is a greater floristic affinity with the rest of the Andes and the Caribbean.

**Keywords:** botany, flora, vascular plants, xerophytic enclave; Colombia.

## Introducción

### Área de estudio y contexto geográfico

Un cañón se define como un valle aluvial de montaña que presenta una disección continua por una red fluvial (Flórez, 2003; Serrato, 2007; Guzmán, 2015). La orogénesis andina provocó el desplazamiento de placas y plegamientos de la corteza terrestre, procesos que modificaron la configuración del paisaje y determinaron la distribución de la temperatura y las lluvias. Asimismo, promovieron la zonación latitudinal de climas, que varían a escala local por barreras orográficas (Hernández *et al.*, 1992, citado por Halftter, 1992).

En los valles interandinos, los parches de bosque seco están delimitados longitudinalmente entre fallas tectónicas y plegamientos de terreno, lo cual promueve la formación de zonas escarpadas que propician condiciones de sombra de lluvia (Pizano & García, 2014, citados por Pardo & Moreno-Arias, 2018). Este efecto, producido por los picos de la cordillera Oriental, provoca un ascenso particular de las

condiciones propias del bosque seco tropical hasta aproximadamente los 1300 m, dinámica que explica la formación de dichas franjas.

De acuerdo con Cuatrecasas (1958), en los enclaves xerofíticos como el del Chicamocha y el Dagua hay un periodo muy seco que puede extenderse hasta seis meses, con temporadas de lluvia escasas e incluso nulas. Allí la precipitación varía localmente. En cuanto a fisionomía dominan los elementos de tipo xerofítico, como árboles pequeños, arbustos achaparrados de hojas persistentes y coriáceas y árboles caducifolios con estructuras espinosas y resinosas. Según las condiciones locales de sequía, varían la composición y distribución de especies en las formaciones vegetales, entre las cuales se destacan bosques densos, donde predominan arbolitos y bosques muy abiertos.

El cañón del Chicamocha se ubica en la vertiente occidental de la cordillera Oriental y atraviesa los departamentos de Boyacá y Santander, desde Soatá y Paz del Río, hasta parte del río Sogamoso, el cual surge por la confluencia de los ríos Chicamocha y Suárez, en Zapatoca. Los limitantes de humedad se asocian a las altas pendientes, la baja retención de humedad en los suelos y a la sombra de los vientos que entran al cañón desde el oriente (Pardo & Moreno-Arias, 2018).

El cañón se encuentra bajo un régimen pluviométrico bimodal tetraestacional. Tres orobiomas determinan la distribución de la flora en términos climáticos: el primero es el bosque seco de zonas bajas (zonobioma alternohigrico) donde hay prolongados periodos de sequía, la mayoría de los elementos son caducifolios y se ubica en el piso térmico caliente. El segundo es el bosque muy seco tropical (zonobioma subxerofítico), que se ubica en pocas franjas del piso térmico caliente y a nivel del río. El tercero es el piso térmico templado (pedobioma subxerofítico), que se ubica en algunos valles de la cuenca media de los ríos Chicamocha y Suárez. Allí aparecen elementos con fisionomía más o menos xeromorfa, desarrollados en pendientes o terrazas y suelos evolucionados bajo condiciones semiáridas (Hernández *et al.*, 1992).

El monto de lluvias es de 730 mm. En la primera época de lluvias, de abril a junio, se recibe aproximadamente el 35% del monto anual; en la segunda, de septiembre a octubre, el 29%. El mes más lluvioso es octubre (124 mm) y el periodo seco más extenso ocurre de noviembre a marzo. El segundo periodo seco se presenta entre julio y agosto (13% del total de lluvias) y el mes más seco es enero, con 11 mm de precipitación (Albesiano, 1999, citado en Albesiano *et al.*, 2003).

La temperatura media anual es de 25 °C, la máxima es de 35 °C. Los mayores registros de temperatura ocurren entre enero y marzo y en septiembre; los valores mínimos, de octubre a diciembre. Según la clasificación climática de Thornthwaite, el clima es semiárido, con poca ganancia de agua. Entre las causas de aridez, se menciona el efecto de sombra de lluvia y la topografía, que se reflejan en la igualdad entre los valores de precipitación y evapotranspiración anual (Albesiano *et al.*, 2003).

## Antecedentes

Humboldt y Caldas, en el siglo XIX, interpretaron la distribución de la flora según pisos climático-altitudinales a lo largo de los Andes. Cuatrecasas investigó sobre la variación en la composición florística según la altitud y diferenció zonas con vegetación restringida (Cuatrecasas, 1958; van der Hammen & Rangel-Ch., 1997).

Entre los principales recolectores de referencia en la franja santandereana (municipios de Soatá, Capitanejo, Boavita, San Gil, Pescadero, Cepitá, Jordán y La Mesa de los Santos) figuran Cuatrecasas en 1958, Langenheim en 1953, Jaramillo *et al.*, 1958, Saravia *et al.*, en 1962, Rangel-Ch *et al.*, en 1978, Wood en 1984, Fernández y Caballero en 1987, Cadena *et al.*, en 1995, González en 1996, Pérez *et al.*, en 1996, Fernández y González en 2001 (tabla 1); si bien estos textos son referentes para este tipo de investigación, cabe precisar que no se encuentran publicados. En cuanto a la información publicada, destacan los aportes de Cuatrecasas (1958), Espinal y Montenegro (1963), Hernández *et al.*, (1992) y Albesiano *et al.* (2003), quienes discutieron sobre algunas características fitogeográficas de la región, así como los aspectos florísticos de la zona (Albesiano & Fernández-Alonso, 2006).

Tabla 1. Registros de recolecciones históricas.

1926-1955			
Familias	Número de especies	Recolectores	Localidades
ASTERACEAE	13		
CYPERACEAE	10		
MELASTOMATAACEAE	7		
POACEAE	6		
RUBIACEAE	6		
MALVACEAE	6		
FABACEAE	5	Langenheim, Jean H; Killip, Ellsworth P.	Cerca a la Hacienda de Buenavista/Hacienda El Roble/Salto del Duende/Hacienda Los Cacaos/La Granja
SOLANACEAE	4		
ORCHIDACEAE	4		
ERICACEAE	3		
<b>10 Familias más representativas</b>	<b>64</b>		
<b>Familias restantes</b>	<b>23</b>		
<b>Total</b>	<b>87</b>		

Continúa...

... viene

1956-1958			
Familias	Número de especies	Recolectores	Localidades
MELASTOMATACEAE	20		
POACEAE	6		
FABACEAE	3		
BORAGINACEAE	2		
MALVACEAE	2		
ERICACEAE	2	Uribe U.,L; Fernández-Pérez Álvaro; Herbario Nacional Colombiano; Barclay <i>et al.</i> ; Wood, J.R.I	Carretera de Los Curos cerca a La Cumbre/ Salto del Duende/ sobre la carretera a Piedecuesta/Cerca a la poblacion de La Mesa de Los Santos/ Carretera a Los Santos/sur de Los Curos
GENTIANACEAE	2		
RUBIACEAE	1		
ORCHIDACEAE	1		
OCHNACEAE	1		
<b>10 Familias más representativas</b>	<b>40</b>		
<b>Familias restantes</b>	<b>5</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>		

1986-2015				
Familias	Número de especies	Recolectores	Localidades	
FABACEAE	51			
ASTERACEAE	42			
MALVACEAE	35			
CACTACEAE	30		Vereda El Tabacal/ Veredas El Pozo y El Barboso/Norte trayecto Los Santos a Vereda Laguna y Verde Minas/ Sur de Vereda La Mojarrá/ Sector Sur cerca a La Punta/ Camino de Jordán y Vereda La Peña/ Vía Piedecues- ta-Los Santos y Mesa de Los Santos/Farallones del Pozo/ Vía de La Laguna a Zapatoca (Camino Lenguerke)/ Vía de La Laguna a Los Santos.	
RUBIACEAE	27			
MELASTOMATACEAE	22	Albesiano <i>et al.</i> ; Betan- cour <i>et al.</i> ; Fernández- A <i>et al.</i> ; Wood J.R.I; Uribe U; L.		
SOLANACEAE	22			
BORAGINACEAE	20			
POACEAE	19			
EUPHORBIACEAE	17			
<b>10 Familias más representativas</b>	<b>285</b>			
<b>Familias restantes</b>	<b>189</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>474</b>			

Fuente: elaboración propia.

Díaz Pérez (2012), Fajardo *et al.* (2015), Fajardo *et al.* (2018) y Valencia *et al.* (2017) documentaron la distribución de la flora de acuerdo con factores edáficos y elevación. Martínez-Castro *et al.* (2019) describieron la composición florística y aportaron una guía visual para el análisis de coberturas de bosque seco en áreas de conservación potenciales de declaración.

## Planteamiento del problema y justificación

El equivalente a las zonas xerofíticas y subxerofíticas corresponde al bosque seco tropical, segundo gran bioma en términos de importancia en Colombia (Cuatrecasas, 1958). Se considera en amenaza, ya que más del 90% de su cobertura original se encuentra modificada (Ideam *et al.*, 2017). En cuanto a su conservación en Colombia, las zonas secas ocupan 5,5% del territorio y se encuentran poco representadas en el grupo de áreas protegidas del país. Su representatividad biológica se ve amenazada por el efecto antropogénico, y la tendencia a la aridización y a la superficie en estado natural es reducida, factores que incrementan la necesidad de documentar las relaciones entre su capital natural y el medio físico (Albesiano *et al.*, 2003).

En el cañón del Chicamocha, el pastoreo caprino, la agricultura, la minería y la extracción de recursos maderables han sobreexplotado y simplificado el paisaje. Asimismo, han variado la distribución de la flora, al disminuir la heterogeneidad vegetal propia del área (Albesiano *et al.*, 2003; Albesiano & Fernández-Alonso, 2006).

Las revisiones sobre tendencias y avances en su estudio contribuyen al conocimiento del patrimonio natural y promueven la apropiación de la oferta ambiental (Albesiano y Rangel-Ch, 2006). No obstante, para esta zona existen pocos registros asociados a colecciones botánicas, poca continuidad en la investigación y datos genéricos. Los aportes más recientes figuran entre los años 2012 y 2015 (tabla 1). La segregación de la riqueza según intervalos altitudinales se ha abordado de forma somera. Dentro de los aportes más recientes figuran los de Albesiano *et al.* (2003), Albesiano y Fernández-Alonso (2006), Díaz Pérez (2012) y Camargo y Agudelo (2017).

## Métodos

Se sustrajo parte de la información obtenida en González y Huertas (2022), para establecer comparaciones acerca de la distribución y segregación de la riqueza en un gradiente altitudinal, entre los 400 y 1800 m, y se discuten algunos aspectos biogeográficos.

## Fase de revisión bibliográfica

Se consultaron investigaciones florísticas en la zona y datos provenientes de los principales herbarios: COL, KEW, NYBG, HJIT y se elaboró una base de datos de referencia en Excel.

## Fase de campo

Se llevó a cabo una jornada de campo entre septiembre y octubre del 2021. Por muestreo preferencial, se trazaron 20 levantamientos (14 en vegetación abierta y 6 en vegetación cerrada) de acuerdo con los planteamientos de Rangel-Ch y Velázquez (1997), Alcaraz y Ariza (2013) y Minorta-Cely (2020) entre los sectores de Jordán, Los Santos y Mesa de los Santos (se evitaron zonas con intervención antrópica u

homogeneidad taxonómica). Asimismo, se registraron datos estructurales y geográficos y se aplicaron las técnicas clásicas de herborización, según las consideraciones de Pinto y Ojeda (2019).

## Fase de determinación

Las muestras fueron secadas y determinadas en el herbario del Jardín Botánico de Bogotá, bajo el sistema de clasificación APGIII, con el uso de la clave taxonómica elaborada por Alwyn H. Gentry (1995) y las herramientas JSTOR y Trópicos. Con los datos obtenidos en la fase de campo se construyó y estandarizó una base de datos en Excel con la herramienta TNRS (Taxonomic Name Resolution Service).

## Fase de consolidación de datos

A partir de la base de datos se construyeron tablas florísticas sobre la distribución de la riqueza y su segregación, según la altitud, en los siguientes intervalos: 400 a 900 m, 900 a 1300m y 1300 a 1800 m. Estos intervalos se seleccionaron mediante la agrupación de los nueve que comprende la regla de Sturges (v. el capítulo IX de González y Huertas —2022—, en preparación).

## Resultados y discusión

### Aspectos florísticos

Las familias más ricas son: Fabaceae (27 géneros / 51 especies), Asteraceae (29/48), Poaceae (23/38), Euphorbiaceae (10/21) y Melastomataceae (6/20). Los géneros más ricos son: *Piper* (17 especies), *Miconia* (13), *Clusia* (7), *Inga* (6) y *Psychotria* (5) (tabla 2). Según la clase, el 78% de las especies son dicotiledóneas; el 17%, monocotiledóneas; y el 5% angiospermas basales (tabla 3). Los valores de riqueza ponderada a nivel de familia y género indican que las categorías inferiores (1-10 taxones) están mejor representadas. El número de familias con más de once géneros es 5, y con más de once especies, 13. El número de géneros con más de 11 especies es 2 (tabla 4).

Tabla 2. Distribución general de la riqueza a nivel de géneros y especies

Familias	Número de Individuos	Número de géneros	Número de especies	Géneros	Número de especies
FABACEAE	90	27	51	<i>Piper</i>	17
ASTERACEAE	84	29	48	<i>Miconia</i>	13
POACEAE	62	23	38	<i>Clusia</i>	7
MALVACEAE	30	14	23	<i>Philodendron</i>	6
PIPERACEAE	31	2	22	<i>Inga</i>	6
EUPHORBIACEAE	38	10	21	<i>Ipomoea</i>	6
MELASTOMATACEAE	64	6	20	<i>Psychotria</i>	5

Continúa

... viene

Familias	Número de Individuos	Número de géneros	Número de especies	Géneros	Número de especies
RUBIACEAE	37	11	19	<i>Paspalum</i>	5
MALPIGHIACEAE	17	7	14	<i>Lantana</i>	5
LAMIACEAE	20	9	13	<i>Anthurium</i>	5
ARACEAE	12	3	12	<i>Peperomia</i>	5
ORCHIDACEAE	18	5	11	<i>Cuphea</i>	5
VERBENACEAE	15	7	11	<i>Sida</i>	5
APOCYNACEAE	24	9	10	<i>Cyperus</i>	5
MYRTACEAE	14	6	9	<i>Epidendrum</i>	5
CLUSIACEAE	15	2	8	<i>Smilax</i>	4
BORAGINACEAE	11	4	8	<i>Byrsonima</i>	4
CONVOLVULACEAE	8	3	8	<i>Croton</i>	4
RUTACEAE	12	5	8	<i>Andropogon</i>	4
ACANTHACEAE	10	6	8	<i>Senna</i>	4
20 familias más ricas	612 (66%)	188 (58%)	362 (65%)	20 Géneros más ricas	120 (21%)
Familias restantes (76)	312 (34%)	136 (42%)	197 (35%)	Géneros restantes (304)	439 (79%)
<b>Total</b>	<b>924</b>	<b>324</b>	<b>559</b>	<b>TOTAL</b>	<b>559</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Distribución de la riqueza según la clase

Clase	Número de familias	Número de especies
Dicotiledóneas	78 (81%)	435 (78%)
Monocotiledóneas	15 (16%)	95 (17%)
Angiospermas basales	3 (3%)	29 (5%)
<b>Total</b>	<b>96</b>	<b>559</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Distribución de la riqueza ponderada a nivel de géneros y especies por familia y de especies por género

Variación en número de taxones	Familia		Género
	Número de géneros (%)	Número de especies (%)	Número de especies (%)
1	46 (48)	32 (33)	219 (67)
2 a 4	28 (29)	29 (30)	90 (28)
5 a 10	17 (18)	22 (23)	15 (5)
11 a 20	2 (2)	7 (7)	2 (1)
Mayor a 20	3 (3)	6 (6)	0 (0)
<b>Total</b>	<b>96 (100)</b>	<b>96 (100)</b>	<b>326 (100)</b>
Relación taxones uni/ restantes	46/50= 0.9	32/54= 0.6	219/107= 2.0

Fuente: elaboración propia con base en Minorta et al. (2020).

Algunas afinidades y discrepancias frente a otras investigaciones florísticas se exponen en la tabla 5.

**Tabla 5.** Afinidades y discrepancias en términos florísticos frente a otras investigaciones

Familias		
Autores	Afinidades	Discrepancias
Cuatrecasas (1958)		Apocynaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Cactaceae, Verbenaceae y Amaranthaceae
Albesiano et al., (2003)	Fabaceae, Euphorbiaceae,	Malvaceae y Cactaceae
Díaz (2012)	Poaceae, Asteraceae y	
(González et al., 2014)	Melastomataceae	Annonaceae
Martínez et al.,(2021)		Rubiaceae, Salicaceae, Malvaceae y Solanaceae
Géneros		
Albesiano et al., (2003)		<i>Euphorbia</i> y <i>Solanum</i>
Albesiano y Fernández-Alonso (2006)	<i>Piper</i> , <i>Lantana</i> , <i>Sida</i> , <i>Epidendrum</i> ,	<i>Viburnum</i> y <i>Turnera</i>
Estrada y Luque (2008)	<i>Cuphea</i> , <i>Anturium</i> , <i>Cyperus</i>	<i>Tillandsia</i> , <i>Opuntia</i> , y <i>Heliotropium</i>
Díaz (2012)		<i>Euphorbia</i> , <i>Senna</i> , <i>Solanum</i> y <i>Desmodium</i>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 se expone el número de individuos por cada hábito de crecimiento y se consideran las 20 familias más ricas. Dominan las hierbas seguido de los arbustos y los árboles. Las epífitas y palmas fueron menos frecuentes. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Albesiano *et al.* (2003), Albesiano y Fernández-Alonso (2006) y Díaz Pérez (2012). En términos generales, Fabaceae y Euphorbiaceae tuvieron mejor representación en árboles. Piperaceae, Solanaceae, Myrtaceae y Melastomataceae en arbustos y Asteraceae, Poaceae, Rubiaceae, Malvaceae, Cactaceae y Polygalaceae en hierbas.

**Tabla 6.** Abundancia a nivel de familia en favor del hábito de crecimiento

Familias	Árbol	Arbusto	Epífita	Hierba	Palma	Total
FABACEAE	25	14	2	49		90
ASTERACEAE	2	28	8	46		84
MELASTOMATACEAE	8	34	1	21		64
POACEAE				62		62
EUPHORBIACEAE	12	13	2	11		38
RUBIACEAE	4	12	1	20		37
PIPERACEAE	2	18		11		31
MALVACEAE	2	4	1	23		30
APOCYNACEAE	4	4	9	7		24
LAMIACEAE	1	5		14		20
ORCHIDACEAE			1	17		18
MALPIGHIACEAE	1	4	6	6		17

Continúa...

... viene

Familias	Árbol	Arbusto	Epífita	Hierba	Palma	Total
CYPERACEAE				15		15
CLUSIACEAE	12	3				15
COMMELINACEAE				15		15
VERBENACEAE		5		10		15
SOLANACEAE		8		6		14
MYRTACEAE	6	7		1		14
CACTACEAE		3		10		13
ARACEAE		1	1	10		12
Suma 20 familias con más individuos	79 (54%)	163 (70%)	32 (46%)	354 (75%)	0	628 (68%)
Familias restantes (76)	68 (46%)	70 (30%)	37 (54%)	120 (25%)	1 (100%)	296 (32%)
<b>Total</b>	<b>147 (16%)</b>	<b>233 (26%)</b>	<b>69 (7%)</b>	<b>474 (51%)</b>	<b>1 (0,1%)</b>	<b>924</b>

Fuente: elaboración propia.

### Segregación altitudinal

En términos de la segregación de la riqueza, según intervalos altitudinales, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae, Euphorbiaceae y Asteraceae tienen buena representación en cada uno. Rutaceae está circunscrita a zonas de altitud baja y media. Piperaceae, Orquidaceae, Lamiaceae y Verbenaceae están mejor representadas en zonas de altitud media y alta, mientras Rubiaceae y Malpighiaceae lo hacen hacia los extremos. Son estas las familias que se comparten a lo largo del espectro altitudinal (figura 1). Las relaciones de discontinuidad se exponen también en el (tabla 7). En términos de riqueza, Cucurbitaceae, Cactaceae, Boraginaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Menispermaceae y Sapindaceae están circunscritas a zonas de altitud baja únicamente. Convolvulaceae, Myrtaceae y Marantaceae están representadas en zonas de elevación media. Melastomataceae, Clusiaceae y Cyperaceae lo hacen en zonas altas.

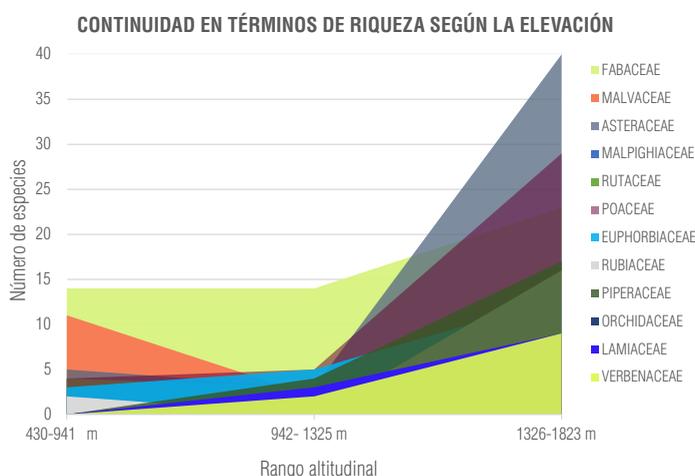


Figura 1. Distribución general de la riqueza a nivel de géneros y especies.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 7.** Relaciones de continuidad y discontinuidad a nivel de familia lo largo del gradiente altitudinal

<b>Familias compartidas en términos de riqueza (Continuidad)</b>			
<b>Afinidades entre rangos</b>	<b>430-941 m</b>	<b>942- 1325 m</b>	<b>1326-1823 m</b>
FABACEAE	14	14	23
MALVACEAE	11	2	10
ASTERACEAE	5	3	40
MALPIGHIACEAE	4		9
RUTACEAE	4	3	
POACEAE	4	5	29
EUPHORBIACEAE	3	5	13
RUBIACEAE	2		16
PIPERACEAE		4	17
ORCHIDACEAE		3	8
ARACEAE		3	9
LAMIACEAE		3	9
VERBENACEAE		2	9

<b>Familias únicas en términos de riqueza (Discontinuidad)</b>			
CUCURBITACEAE	X		
CACTACEAE	X		
BORAGINACEAE	X		
APOCYNACEAE	X		
BIGNONIACEAE	X		
MENISPERMACEAE	X		
SAPINDACEAE	X		
CONVOLVULACEAE		X	
MYRTACEAE		X	
SMILACACEAE			
MARANTACEAE		X	
MELASTOMATACEAE			X
CLUSIACEAE			X
CYPERACEAE			X

Fuente: elaboración propia.

La segregación a nivel de género se incluye en la tabla 8. En términos de riqueza, domina *Piper* en todos los intervalos. Los géneros restantes son únicos en cada intervalo. Camargo y Agudelo (2017) definieron zonas de distribución de la flora según la elevación, desde 300 a 1800 m, basados en patrones edáficos en La Mesa de los Santos. Estos autores documentaron que, entre los 300 y los 1000 m, la desecación de las quebradas determina la expansión de los matorrales subxerófitos y los bosques bajos. Estas formaciones tienden a reemplazar gradualmente los fragmentos de bosque seco y la diversidad disminuye, proceso determinado por el pastoreo caprino

extensivo (Camargo & Agudelo, 2017). Según Valencia *et al.* (2012), en estas zonas de mayor pendiente incrementa la homogeneidad florística, resultado del establecimiento de especies adaptadas a suelos pobres en nutrientes y con baja retención de agua. Entre los 400 y los 900 m dominaron Fabaceae, Rutaceae, Cactaceae, Cucurbitaceae y Asteraceae. Según esta investigación, se destacaron elementos como *Acaciella angustissima*, *Amyris ignea*, *Opuntia pubescens*, *Melothria pendula* y *Clibadium surinamense*. De acuerdo con Valencia *et al.* (2012), lo hicieron también: Anacardiaceae, Meliaceae, Solanaceae, Verbenaceae y Malvaceae con elementos como *Spondias purpurea*, *Cedrela odorata*, *Cestrum alternifolium*, *Duranta mutisii* y *Guazuma ulmifolia*.

**Tabla 8.** Distribución de la riqueza a lo largo del gradiente altitudinal a nivel de género

Rango 1		Rango 2		Rango 3	
430-941 m		942- 1325 m		1326-1823 m	
Géneros	Número de especies	Géneros	Número de especies	Géneros	Número de especies
<i>Heliotropium</i>	4	<i>Desmodium</i>	3	<i>Piper</i>	14
<i>Rhynchosia</i>	2	<i>Piper</i>	3	<i>Miconia</i>	13
<i>Opuntia</i>	2	<i>Crotalaria</i>	3	<i>Clusia</i>	6
<i>Mikania</i>	2	<i>Clitoria</i>	2	<i>Philodendron</i>	5
<i>Amyris</i>	2	<i>Paspalum</i>	2	<i>Cuphea</i>	5
<i>Pseudabutilon</i>	2	<i>Acalypha</i>	2	<i>Cyperus</i>	5
<i>Commelina</i>	2	<i>Salvia</i>	2	<i>Baccharis</i>	4
<i>Amphilophium</i>	2	<i>Calathea</i>	2	<i>Psychotria</i>	4
<i>Sida</i>	2	<i>Smilax</i>	2	<i>Byrsonima</i>	4
<i>Inga</i>	2	<i>Anthurium</i>	2	<i>Lantana</i>	4
10 géneros más ricos	22 (22%)	10 géneros más ricos	23 (25%)	10 géneros más ricos	64 (18%)
Géneros restantes (79)	79 (78%)	Géneros restantes (67)	69 (75%)	Géneros restantes (211)	301 (82%)
<b>Total</b>	<b>101</b>	<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>Total</b>	<b>366</b>

Fuente: elaboración propia.

Hacia los valles colgantes (1000 a 1500 m), ocurre un proceso similar en los bosques ribereños además de desecación de las quebradas a causa del riego de cultivos. Valencia *et al.* (2012) documentaron el recambio de flora del bosque seco premontano por matorrales subxerofíticos y pastizales. Orchidaceae, Apocynaceae, Poaceae, Rubiaceae, Asteraceae y Fabaceae dominaron desde los 900 hasta los 1400 m. Según esta investigación, se destacaron elementos como *Epidendrum purum*, *Ditassa longiloba*, *Pappophorum pappiferum*, *Spermacoce remota*, *Steiractinia aspera*, *Crotalaria micans*. En el mismo rango de elevación, dominaron además: Malpighiaceae, Urticaceae, Anacardiaceae, Moraceae y Rutaceae con elementos como *Byrsonima amoena*, *Cecropia peltata*, *Spondias mombin*, *Maclura tinctoria* y *Amyris pinnata*, de acuerdo con los aportes de Camargo y Agudelo (2017).

En el altiplano (1500 a 1800 m) hay mayor fragmentación y secundarización progresiva de remanentes de bosque de galería. Valencia *et al.* (2012) indicaron que en esta zona el impacto de los disturbios suele ser menor, lo cual implica mayor diversidad florística y un sustrato más estable, que favorece el crecimiento de especies arbóreas.

Asimismo, incrementa la formación de algunos parches de vegetación que podrían amortiguar las drásticas condiciones de vida hacia las zonas más bajas, gracias a que el suelo pierde menos agua y disminuye la temperatura (Camargo & Agudelo, 2017).

Según lo documentado en esta investigación varios elementos de Fabaceae, Asteraceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Amaranthaceae, Verbenaceae, Clusiaceae, Piperaceae y Malvaceae, como *Senna pallida*, *Ageratina tinifolia*, *Urochloa brizanta*, *Acalypha macrostachya*, *Iresine diffusa*, *Petrea pubescens*, *Clusia alata*, *Piper hispidum* y *Abutilon mollissimum* dominan en términos de riqueza entre los 1600 y 1800 m. Algunas discrepancias frente a los aportes de Camargo y Agudelo (2017) en esta misma franja altitudinal son: Melastomataceae, Myrsinaceae, Orchidaceae, Lauraceae y Vochysiaceae, con elementos como *Miconia aponeura*, *Myrsine guianensis*, *Sobralia violacea*, *Ocotea guianensis* y *Vochysia megalophylla*.

## Aspectos corológicos

En la tabla 9, se expone la relación entre el origen, la composición en algunas regiones biogeográficas y la distribución, según reinos fitogeográficos de las familias más ricas documentadas en este trabajo, entre los 400 y 1800 m. Las especies nativas están mejor representadas, lo cual coincide con lo expuesto por Díaz Pérez (2012). Los porcentajes más altos se concentran en Verbenaceae, Malvaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae y Araceae, y se destacan *Verbena litoralis*, *Bastardia viscosa*, *Crotalaria incana*, *Hyperrhenia rufa*, *Emilia sonchifolia*, *Dalechampia scandens*, *Chaetogastra longifolia* y *Anthurium ochranthum*. El porcentaje de endemismos es mayor en *Apocynaceae*, *Piperaceae* y *Orchidaceae*, y se destacan *Ditassa caucana*, *Peperomia chicamochana* y *Sobralia virginialis*. Según lo documentado por Rangel-Ch *et al.* (2002), en los enclaves áridos del norte de Colombia los endemismos se concentran además en *Acanthaceae*, *Lamiaceae* y *Rubiaceae*.

**Tabla 9.** Origen, riqueza en algunas regiones biogeográficas y distribución según reinos fitogeográficos de las familias más ricas

Familias	Origen (%)					Regiones biogeográficas			Distribución (%)				
	Nativa	Naturalizada	Cultivada	Adventicia	Endémica	Riqueza (número de géneros/especies)			Reinos fitogeográficos				
						Andes	Caribe	Orinoquia	Colombia	Neotropical	Paleotropical	Pantropical	Subcosmopolita
FABACEAE	94	2	2	0	2	108/469	84/266	75/268	2	86	2	10	0
ASTERACEAE	83	0	2	10	4	162/474	53/74	42/61	6	79	0	10	4
POACEAE	87	8	3	0	3	112/373	77/203	74/245	3	84	8	5	0
MALVACEAE	96	0	4	0	0	55/184	36/84	27/61	0	83	0	17	0
PIPERACEAE	77	0	0	0	23	2/369	2/16	2/21	23	77	0	0	0
EUPHORBIACEAE	90	0	10	0	0	28/143	21/66	23/52	0	95	5	0	0
MELASTOMATACEAE	95	0	0	0	5	36/454	10/26	23/101	5	85	0	10	0
RUBIACEAE	84	0	5	0	11	85/561	37/83	37/96	11	89	0	0	0

Continúa...

... viene

Familias	Origen (%)					Regiones biogeográficas			Distribución (%)				
	Nativa	Naturalizada	Cultivada	Adventicia	Endémica	Riqueza (número de géneros/especies)			Reinos fitogeográficos				
						Andes	Caribe	Orinoquia	Colombia	Neotropical	Paleotropical	Pantropical	Subcosmopolita
MALPIGHIACEAE	79	0	7	0	14	16/ 84	15/ 40	13/ 40	14	86	0	0	0
LAMIACEAE	85	15	0	0	0	32/ 144	16/ 36	13/ 44	0	85	15	0	0
ARACEAE	92	0	0	0	8	22/ 445	13/35	16/ 38	8	92	0	0	0
ORCHIDACEAE	82	0	0	0	18	188/ 1429	30/ 43	54/ 84	18	82	0	0	0
VERBENACEAE	100	0	0	0	0	11/ 46	9/ 16	8/ 15	0	91	0	9	0
APOCYNACEAE	30	10	30	0	30	44/ 108	30/ 51	21/ 30	30	40	10	20	0
MYRTACEAE	67	0	33	0	0	13/45	6/9	7/ 20	0	89	11	0	0
15 Familias más ricas	58	58	54	63	56	918/ 5975	458/ 1169	452/ 1274	54	59	45	54	50
Familias restantes	42	42	46	38	44	1356/ 5652	516/ 1036	421/ 939	46	41	55	46	50
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>2274/ 11627</b>	<b>974/ 2215</b>	<b>873/ 2213</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia basado en datos extraídos del CPLC

Hay mayor afinidad, en términos de riqueza, de Fabaceae y Poaceae en el Caribe y la Orinoquia; de Malpighiaceae, Lamiaceae y Euphorbiaceae en el Caribe; y de Melastomataceae y Apocynaceae en el resto de los Andes. Hay mayor afinidad de Rubiaceae, Verbenaceae y Myrtaceae con las tres regiones biogeográficas. Orchidaceae está mejor representada en Los Andes. Algunos elementos endémicos con distribución restringida a Los Andes son: *Condylidium cuatrecasii*, *Mikania dictyophylla*, *Piptocarpha atratoensis*, *Verbesina crassicaulis* y *Chromolaena tacotana*. En el caribe se destaca *Brownea stenantha*, y en la Orinoquia *Mimosa simplicissima*, *Schnella umbriana*, *Piper cumaralense*, *Digitaria rangelii* y *Axonopus morronei*.

En general, hay mayor afinidad en términos de riqueza con el resto de Los Andes y el Caribe, lo cual coincide con lo documentado por Sarmiento (1975), Halffter (1992) y Díaz Pérez (2012), quienes documentaron la unión de la llanura del Caribe con los valles secos interandinos hace unos 110.000 años. Algunos elementos compartidos son: *Astronium graveolens*, *Casearia corymbosa*, *Guazuma ulmifolia*, *Malpighia glabra*, *Muntingia calabura*, *Pithecellobium dulce*, *Prosopis juliflora*, *Stenocereus griseus* y *Vachellia farnnesiana*. En esta investigación se destacan, además, *Calliandra antioquiae*, *Wedelia penninervia*, *Platymiscium hebestachyum* y *Senegalia podadenia*.

Los taxones de distribución neotropical están mejor representados, lo cual coincide con lo expuesto por Díaz Pérez (2012). Los mayores porcentajes se concentran en *Euphorbiaceae*, *Araceae*, *Verbenaceae*, *Myrtaceae* y *Melastomataceae*.

## Consideraciones finales

### Aspectos florísticos

Dominaron en términos de riqueza Fabaceae, Euphorbiaceae, Poaceae, Asteraceae y Melastomataceae. Según Cuatrecasas (1958), Albesiano *et al.* (2003), Díaz Pérez (2012), Martínez *et al.* (2019) lo hicieron además: Apocynaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Cactaceae, Verbenaceae, Amaranthaceae, Annonaceae, Salicaceae y Solanaceae. A nivel de género, dominaron *Piper*, *Lantana*, *Sida*, *Epidendrum*, *Cuphea*, *Anturium* y *Cyperus*.

En cuenta a riqueza ponderada, las categorías inferiores (1-10 taxones) están mejor representadas. El número de familias con más de once géneros es 5 y con más de once especies es 13. Dominaron las hierbas, seguidas por los arbustos y los árboles. Las epífitas y palmas fueron menos frecuentes. Fabaceae y Euphorbiaceae tuvieron mejor representación en árboles. Piperaceae, Solanaceae, Myrtaceae y Melastomataceae en arbustos y Asteraceae, Poaceae, Rubiaceae, Malvaceae, Cactaceae y Polygalaceae en hierbas.

### Segregación altitudinal

Fabaceae, Malvaceae, Asteraceae, Poaceae y Euphorbiaceae fueron mejor representadas en todos los intervalos. Piperaceae, Orchidaceae, Araceae, Lamiaceae y Verbenaceae dominaron en zonas de altitud media y alta, mientras Rubiaceae y Malpighiaceae lo hicieron hacia los extremos. Entre los 400 y los 900 m dominaron Fabaceae, Rutaceae, Cactaceae, Cucurbitaceae y Asteraceae. Desde los 900 hasta los 1400 m dominaron Orchidaceae, Apocynaceae, Poaceae, Rubiaceae, Asteraceae y Fabaceae. Entre los 1600 y los 1800 m dominaron Fabaceae, Asteraceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Amaranthaceae, Verbenaceae, Clusiaceae, Piperaceae y Malvaceae.

### Aspectos corológicos

Las especies nativas corológicas se encuentran bien representadas. Los porcentajes más altos se concentran en Verbenaceae, Malvaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae y Araceae. El porcentaje de endemismos es mayor en Apocynaceae, Piperaceae y Orchidaceae.

En general, hay mayor afinidad en términos de riqueza con el resto de los Andes y el Caribe, algunos elementos compartidos entre las dos regiones son *Astronium graveolens*, *Casearia corymbosa*, *Guazuma ulmifolia*, *Malpighia glabra*, *Muntingia calabura*, *Pithecellobium dulce*, *Prosopis juliflora*, *Stenocereus griseus* y *Vachellia farnnesiana*. En esta investigación se destacan, además, *Calliandra antioquiae*, *Wedelia penninervia*, *Platymiscium hebestachyum* y *Senegalia podadenia*. Los taxones de distribución neotropical están mejor representados.

Finalmente, se sugiere profundizar en el análisis de algunos factores edáficos y sucesionales para ampliar el panorama sobre los patrones de riqueza y composición florística en el territorio.

## Agradecimientos

Agradezco especialmente al Profesor Dr. Vladimir Minorta-Cely, a mi compañero Joan Santiago González y al semillero de Investigación Botánica de la Universidad Central.

## Referencias

- Albesiano, S. & Fernández-Alonso, J. L. (2006). *Catálogo comentado de la flora vascular de la franja tropical (500-1200m) del cañón del río Chicamocha (Boyacá-Santander, Colombia)*. Universidad Nacional de Colombia.  
<https://bit.ly/4nslsSm>
- Albesiano, S., Rangel-Ch, J. O. & Cadena, A. (2003). La vegetación del cañón del río Chicamocha. (Santander, Colombia). *Caldasia*, 25(1), 73-99.  
<http://bit.ly/3GBtQJF>
- Alcaraz-Ariza, J. (2013). *Formas vitales, estratificación y fenología*. Geobotánica, Tema 8. Universidad de Murcia. España. Recuperado a partir de <https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema08.pdf>
- Camargo, G. & Agudelo, L. (2017). Lectura de un paisaje estratificado: propuesta de restauración basada en el ordenamiento multi-escala de las cañadas en la mesa de Xéridas, Santander, Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 35-59.  
<https://bit.ly/45Kki9q>
- Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Parte I. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(Suplemento), 100. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.570>
- Díaz, C. (2012). *Análisis florístico y fitogeográfico de la cuenca baja del cañón del río Suárez, (Santander, Colombia)*. [trabajo de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://bit.ly/44wEKcH>
- Fajardo, F., Montealegre, C. & Pardo-P, M. (2015). ZOCAMATA. Guía de Plantas del Cañón del Chicamocha. Fundación Natura. Fundación Natura Colombia.  
<https://bit.ly/4eVpTMy>
- Flórez, A. (2003). *Colombia: evolución de sus relieves y modelados*. Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/co/MkXF>
- González, S. y Huertas, V. (2022). *Caracterización florística y aspectos estructurales en un transecto en el Cañón del Chicamocha-Santander, Colombia* (en preparación).
- Guzmán, G. (2015). The Chicamocha River Canyon. En M. Hermelin (ed.), *Landscapes and Landforms of Colombia. World Geomorphological Landscapes*, pp. 73-83. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11800-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11800-0_6)
- Halffter, G. (comp.). (1992). La diversidad biológica de Iberoamérica I. Instituto de Ecología, A. C. <https://bit.ly/3INaLog>
- Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) - Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC.UN, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, D. C. p. 436. Recuperado a partir de <https://bit.ly/3Isnahv>

- Martínez-Castro, J., Isaza, C. & Betancur, J. (2019). Distribución espacial y estructura de la población de *Pitcairnia huilensis* (Bromeliaceae) en el valle alto del río Magdalena (Huila, Colombia). *Caldasia*, 41(1), 165-178. <https://doi.org/k7k5>
- Minorta-Cely, V. (2020). *La vegetación de la Orinoquia colombiana: riqueza diversidad y conservación*. Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/4kG531A>
- Pardo, M. E. & Moreno-Arias, R. (Eds.) (2018). *El enclave seco del cañón del Chicamocha: biodiversidad y territorio*. Fundación Natura. <https://bit.ly/3ZQHoaA>
- Pinto-Zárate, J. H. & Ojeda-Rodríguez, A. E. (2019). Protocolo de manejo Herbario J. J. Triana (HJTT). Versión 1.1 (2019-05-09). Recurso electrónico. Herbario J. J. Triana, Grupo de Investigación Biota y Sociedad, Fundación Trópico Alto, Red de Reservas Naturales del Trópico Alto: 21 p. Bogotá. DOI: 10.13140/RG.2.2.32120.19206
- Pizano, C. & García, H. (Eds.) (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigaciones y Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://bit.ly/4nQFPDP>
- Rangel-Ch, J. O., Aguirre-C, J. & Andrade-C, G. (Eds.). (2002). *Resúmenes: VIII Congreso Latinoamericano y Segundo Colombiano de Botánica*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/4fas1Al>
- Rangel-Ch, O. & Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En J. O. Rangel-Ch, P. Lowy-C & M. Aguilar-P. (Eds.), *Diversidad biótica II. tipos de vegetación en Colombia* (pp. 59-87). Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)-Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC. U. N., Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. <https://issuu.com/diversidadbiotica/docs/namec752f4>
- Sarmiento, G. (1975). The dry plant formations of South America and their floristic connections. *Journal of Biogeography*, 2(4), 233-251. <https://www.jstor.org/stable/3037998>
- Serrato, P. (2007). Propuesta metodológica para la definición, clasificación y zonificación de los cañones colombianos. *Revista Perspectiva Geográfica*, 12. <https://bit.ly/4luKzx2>
- Valencia-Duarte, J., Trujillo Ortiz, L. N. & Vargas Ríos, O. (2012). Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia. *Biota Colombiana*, 13(2). <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/262>
- Van der Hammen, T. & Rangel-Ch, J. O. (1997). El estudio de la vegetación en Colombia (Recuento históricotareas futuras). En J. O. Rangel-Ch, P. Lowy-C & M. Aguilar-P. (eds.), *Diversidad biótica II. tipos de vegetación en Colombia* (pp. 17-57). Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

# Agricultura urbana en Bogotá, Colombia, orientada a la reutilización y seguridad alimentaria a partir de dos especies ancestrales

Urban agriculture in Bogotá, Colombia, oriented to reuse and food safety from two ancestral species

Laura Patricia Serrato-López<sup>1</sup>, Diego Ricardo Carriazo-Nimisica<sup>2</sup> y Juliana Cepeda<sup>3</sup>.  
Tutor: Vladimir Minorta-Cely

## Resumen

En Bogotá, Colombia, son pocos los estudios que integran especies andinas al plan de agricultura urbana. Por este motivo, se busca el aprovechamiento de dos especies ancestrales en las instalaciones del Jardín Botánico de Bogotá, a fin de evaluar su productividad y rentabilidad, mediante tres tratamientos (baldes, canastillas, camas) en condiciones externas. Se registró que *Smallanthus sonchifolius* fue la especie con mayor plasticidad y productividad en los tres tipos de contenedores, caso contrario para *Amaranthus caudatus*, que no brinda una productividad adecuada para agricultura urbana. La rentabilidad del proyecto no logra suplir los gastos iniciales para la primera cosecha; por consiguiente, se entiende que solo se lograría brindar un sustento alimentario más no económico.

**Palabras clave:** agricultura urbana, seguridad alimentaria, biología, especies endémicas, productividad agrícola, Yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Amaranto (*Amaranthus caudatus*).

## Abstract

In Bogotá, Colombia, there are few studies that integrate Andean species to the urban agriculture plan. For this reason, the use of two ancestral species in the JBB facilities is sought, in order to evaluate their productivity and profitability through three treatments (buckets, baskets, beds) under external conditions. It is recorded that *Smallanthus*

## Créditos

### Autores

- <sup>1</sup> Estudiante de Biología, integrante del Semillero de Investigación Botánica, Universidad Central.  
Correo electrónico: [lserratol1@ucentral.edu.co](mailto:lserratol1@ucentral.edu.co)
- <sup>2</sup> Estudiante de Biología, integrante del Semillero de Investigación Botánica, Universidad Central.  
Correo electrónico: [dcarriazon@ucentral.edu.co](mailto:dcarriazon@ucentral.edu.co)
- <sup>3</sup> Doctora en Agroecología, Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Bióloga, Universidad Nacional de Colombia. Jardín Botánico Bogotá.  
Correo electrónico: [juliana.cepeda@jbb.gov.co](mailto:juliana.cepeda@jbb.gov.co)

### Tutor

Profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, integrante del Semillero de Investigación Botánica, Universidad Central.  
Correo electrónico: [vminortac@ucentral.edu.co](mailto:vminortac@ucentral.edu.co)

*sonchifolius* was the species with the highest plasticity and productivity in the three types of containers. Otherwise for *Amaranthus caudatus*, which does not provide adequate productivity for AU. The profitability of the project cannot cover the initial expenses for the first harvest. Therefore, it is understood that it would only be possible to provide a more non-economic food sustenance.

**Keywords:** urban agriculture, food security, biology, endemic species, agricultural productivity, Yacon (*Smallanthus sonchifolius*), Amaranto (*Amaranthus caudatus*).

### Cómo citar:

Serrato-López, L. P., Carriazo-Nimisica, D. R. y Cepeda, J. (2022). Agricultura urbana en Bogotá, Colombia, orientada a la reutilización y seguridad alimentaria a partir de dos especies ancestrales. *Ingeciencia*, 7, 43-61.

## Introducción

La agricultura urbana (AU) y periurbana (AUP) son categorizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como actividades multifuncionales donde se incluye la producción o transformación inocua de productos agrícolas y pecuarios, en las ciudades y sus alrededores para autoconsumo o comercialización (León, 2007). Estas prácticas pueden proporcionar alimentos frescos, generar empleo, reciclar los residuos urbanos, crear cinturones verdes, fortalecer la resiliencia de las aglomeraciones frente al cambio climático y estimular las economías regionales (León, 2007).

La AU es una actividad multifuncional interdisciplinaria que se modifica a través del tiempo (León, 2007). Permite conocer y categorizar distintas metodologías para su implementación en jardines comunitarios, granjas urbanas, interiores y verticales (Van Der Schans, 2010). Esta agricultura, que se basa en una integración social con beneficios comunitarios, crea una calidad estética nueva para las urbes con el fin de aprovechar distintos espacios o terrenos disponibles (Van Der Schans, 2010).

En Asia, Katmandú, Hong Kong y Shangai, la AU aporta entre el 45% y el 80% de las hortalizas consumidas (Opitz *et al.*, 2016). En África, la AU aporta un 85% en huertas destinadas para la agricultura; allí un 32% se encuentran rodeadas de edificaciones (Opitz *et al.*, 2016). En contraste, América Latina posee un 20%. Por consiguiente, la mayor parte del alimento consumido en las ciudades debe ser comprado, lo que genera gastos de entre el 60 y 80% de los ingresos; y, aun así, no se puede garantizar una alimentación segura (Opitz *et al.*, 2016).

En Colombia esta actividad se encuentra en auge por las actuales necesidades socioeconómicas (Lozano, 2017), lo que ha motivado a múltiples ciudades a usar esta línea de acción en sus esfuerzos por mitigar el hambre en algunos barrios de estratos bajos (0, 1, 2 y 3) y promover la seguridad alimentaria (Linares, 2007). En el país hay varias especies autóctonas como el yacón (*Asteraceae: Smallanthus sonchifolius* H. Rob.) y el amaranto (*Amaranthaceae: Amaranthus caudatus* L.), que han sido fuente de alimentación. Estos alimentos son considerados como recursos biogenéticos

propios que están en peligro de desaparecer del territorio por la erosión genética. No obstante, se desconoce su valor en la nutrición humana y animal. Sus procesos productivos pueden tener costos inferiores a los de los productos tradicionales (diversos granos y hortalizas), cuyos cuidados requieren de gastos elevados y la consecuente contaminación de los sistemas agrícolas (suelos, aguas y biodiversidad) (Sáenz-Torres *et al.*, 2019).

Iturriago *et al.* (2017) plantean la importancia de la siembra de especies vegetales andinas para la conservación del recurso edáfico, al no necesitar un gran movimiento de suelo al igual que los cultivos tradicionales. Junto con ello, plantean el uso de AU para el rescate de cultivos ancestrales en la sabana de Bogotá. Para contribuir a la tendencia de aprovechamiento ancestral y la posibilidad de una seguridad alimentaria básica, esta investigación busca integrar dos especies ya estudiadas en múltiples ciudades del país, el yacón y amaranto (Gómez, 2014) (tabla 1), especies neotropicales reconocidas por sus beneficios a la salud humana y de pocos requerimientos fisiológicos (cultivos rústicos) (Salvador-Reyes *et al.*, 2014; Sánchez & Genta, 2007; Arenas & Oller, 2001).

**Tabla 1.** Información taxonómica de las especies seleccionadas

Familia	Género	Autor	Nombre científico	Autor	Nombres comunes	Hábito	Distribución
ASTERACEAE	<i>Smallanthus</i>	Mack	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	H. Rob	Yacón	Herbáceo	Neotrópico
AMARANTHACEAE	<i>Amaranthus</i>	L	<i>Amaranthus caudatus</i>	L	Blea - Amaranto dorado	Herbáceo	Cosmopolita

**Nota:** la tabla contiene información taxonómica junto con los nombres comunes con los que son reconocidos en el área de estudio en conjunto con su hábito de crecimiento y distribución.

**Fuente:** elaboración propia.

El yacón (Asteraceae: *Smallanthus sonchifolius* H. Rob.) es una planta de crecimiento herbáceo, con hojas de color verde oscuro, de tallos aéreos con alturas de dos metros; estos tallos poseen indumento y presentan marcas moradas. Las flores son pequeñas con tonalidades amarillas o naranjas (Puerta & García, 2013). El sistema radicular se compone de un sistema muy ramificado de raíces de absorción: 20 raíces carnosas y tuberosas de almacenaje (Puerta & García, 2013). Tradicionalmente se consumen sus raíces de almacenaje como fruta fresca o deshidratada y, en algunos lugares, en forma de jalea y chicha por medio de mezclas con sus hojas (Leidi *et al.*, 2018). Dentro del género (*Amaranthus* L.) se encuentra la blea o amaranto dorado (Amaranthaceae: *Amaranthus caudatus* L.), especie cosmopolita. Con un origen difuso, según Coons (1977) y Sauer (1979), su origen está en las zonas del holártico y neotropical. Se caracterizan por ser hierbas dioicas, con alturas de 2 a 2,5 metros, raíces cortas, con inflorescencias masculinas y femeninas con capacidad de autopolinización. Estas llegan a medir 90 cm (Bravo *et al.*, 2013). La cubierta de la semilla es brillante y el embrión es de forma curva, el cual cubre al endospermo (Bravo *et al.*, 2013). Sus hojas y semillas son utilizadas en

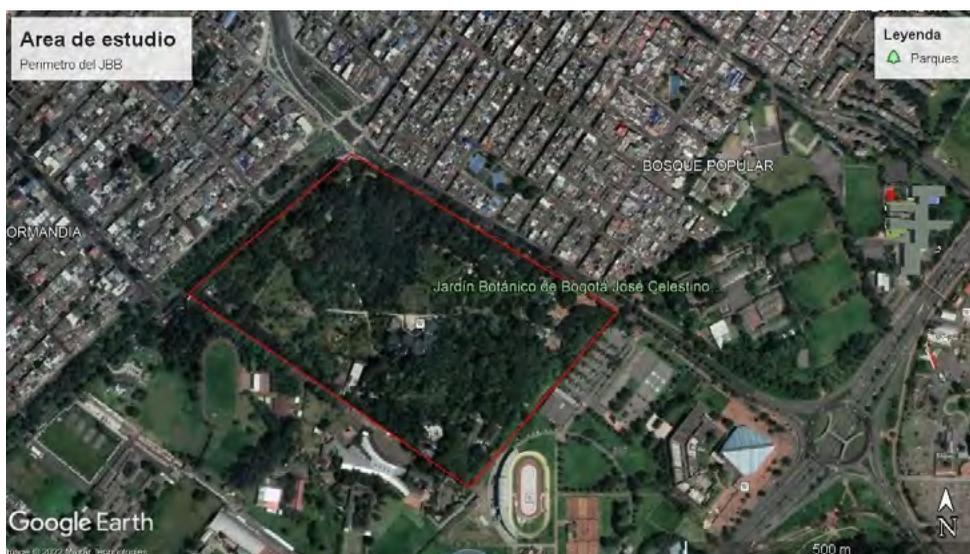
preparaciones de pastelería, confitería, alimento para ganado, cereales de mesa entre otros productos básicos (Wesche-Ebeling *et al.*, 1995).

En Bogotá, la AU surge a partir del año 2004 (Cañón & Amaya, 2017) asociado al desarrollo urbanístico y a la inmigración en aumento producto de la búsqueda de bienestar (Ramírez, 2013). La administración del alcalde Luis Eduardo Garzón (2004-2008) institucionalizó la AU como un proyecto distrital, aún vigente, liderado por el Jardín Botánico de Bogotá (JBB), junto con instituciones de orden local, nacional e internacional (Gómez, 2014). Esta práctica es llevada tanto a zonas blandas, como antejardines o lotes sin construcción, como a zonas duras, terrazas o patios, para aprovechar el potencial de la mano de obra, las aguas lluvia y los residuos sólidos para obtener plantas de consumo diario (hortalizas, verduras y frutas) (JBB, 2021). El proyecto fue renovado en el 2008 por el alcalde Samuel Moreno, que planteó la inclusión de asistencia técnica y capacitación para aprovechar las potencialidades de investigación ambiental sostenible y contempló especies que no solo cumplieran con seguridad alimentaria, sino que también ayudarán a la conservación ambiental florística y recobrarán el valor del conocimiento ancestral y tradicional de especies neotropicales (JBB, 2021).

Pocos o recientes trabajos de investigación se realizan con especies andinas en Bogotá. Investigadores de universidades o instituciones (Jardín Botánico, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Distrital, Universidad Javeriana, entre otros) han venido realizando trabajos de este tipo, caracterizaciones, producción y comportamiento de poscosecha relacionada con procesos industriales. Este trabajo busca el aprovechamiento de dos especies ancestrales en las instalaciones del JBB mediante la evaluación de su productividad y rentabilidad financiera básica.

## Áreas de estudio

El JBB está ubicado una zona plana, de características moderadamente húmedas, conformada por una llanura cuaternaria (ESE, 2011). Las cuencas hidrográficas del sector son el humedal Jaboque, el río Fucha y el río Salitre (Bernal, 2012). Según ESE (2011) los suelos presentan arcillas plásticas de color gris oscuro, con interstratificación de lentes de arena y grava e intercalaciones de ceniza volcánica de color gris blanzuzco; sus niveles arenosos y de gravas son importantes para el almacenamiento de agua. Su espesor alcanza los 320 metros.



**Figura 1.** Imagen satelital localidad Engativá, barrio Normandía, Bogotá.  
**Nota:** Mapa base realizado por medio de la utilización de GPS y Google Earth.  
**Fuente:** elaboración propia con base en herramienta Google Earth.

## Materiales

Los contenedores plásticos fueron lavados con agua potable para asegurar la descontaminación (fase 1), luego fueron identificados con cinta y con tinta indeleble (marcador), para llevar registro del individuo sembrado en este (Sevilla, 2011) (fase 2); se prepararon camas de 10 metros por 3 de ancho con una profundidad de 30 cm (fase 3); se plantaron los bulbos de *S. sonchifolius* a 1 cm bajo tierra asegurándose de que quedaran posicionados de manera correcta; para *A. caudatus* se ubica un manojo de semillas a 1 cm bajo tierra, lo que hizo más fácil el manejo de las plantas (fase 4). El riego se estableció día de por medio por sus altos requerimientos hídricos, así mismo en caso de ser necesario se aplicará biofertilizante una vez por mes (Hermann *et al.*, 1999; González, 2011; Becerra, 2000). Para el control de plagas, se contó con distintos plaguicidas caseros ya probados en la investigación de Navarro *et al.* (1996).



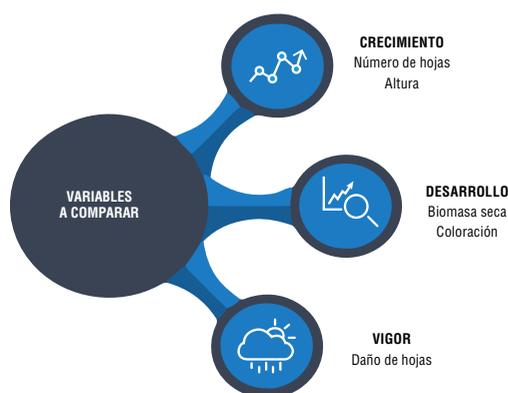
**Figura 2.** Proceso de preparación de contenedores, plántulas y semillas, junto con su manejo y control de plagas de las dos especies seleccionadas.

**Nota:** el modelo de AU se implementó en un terreno del JBB, y se evaluó la influencia del clima en el crecimiento, desarrollo y vigor del *S. sonchifolius* y *A. caudatus* en contenedores.

**Fuente:** elaboración propia.

## Crecimiento, desarrollo y vigor

Para caracterizar las variables de estas dos especies (figura 3), se evaluó la altura: primero, a los 15 días de la siembra y, luego, cada 15 días hasta su madurez (floración y producción). Como unidad de medida se usó el centímetro (cm), desde la base del tallo principal hasta el ápice terminal de la planta. Para el área foliar se seleccionaron tres hojas, una en la base, una en el medio y una en la zona superior de cada individuo. Estas hojas se analizaron con el programa informático ImageJ, del National Institute of Health (versión 2019). Se pesaron las hojas perdidas (caídas) por individuo. Para la clorofila se registraron los datos con la ayuda del dispositivo apogee mac 100, que mide la cantidad de clorofila en coeficientes de correlación intraclase (CCI) para cada individuo —High-Resolution, 2018—.



**Figura 3.** Variables a comparar de las dos especies seleccionadas.  
**Nota:** variables de respuesta de los diferentes tratamientos aplicados, junto con su definición e indicadores.  
**Fuente:** elaboración propia.

## Productividad

Estas especies requieren de ciertas características fisiológicas: fotoperíodos de al menos ocho horas (Muñoz *et al.*, 2006) y luz constante para el yacón (*S. sonchifolius*) y el amaranto (*A. caudatus*), que deben ser plantados en zonas abiertas como parques o terrazas (Goyal *et al.*, 2010). Se evaluaron los costos para la elaboración de los contenedores, compra de biofertilizantes y plantas, así como los gastos de hora hombre invertidos en el manejo y cuidado durante el tiempo del experimento (figura 4). Asimismo, se agrega el pesaje del producto final para realizar una comparación con cultivos de gran escala. Para determinar una comparación de medias de los tratamientos experimentales, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney para cada una de las variables de respuesta cuantitativas. Para *S. sonchifolius*, cuando existan resultados significativos (0,5%), se realizará la prueba de Kruskal y Wallis.



**Figura 4.** Paso a paso del procedimiento estadístico.  
**Nota:** proceso para la revisión de rentabilidad y productividad del experimento en conjunto con los análisis estadísticos para su verificación.  
**Fuente:** elaboración propia.

## Resultados

Como se observa en la figura 5, en los baldes se genera una mayor dispersión de los datos, de entre 40 cm y 30 cm, una evidente diferencia con relación a canastillas tanto para *S. sonchifolius* y *A. caudatus*. En relación con la variable biológica del número de hojas, el tratamiento en camas presenta un mayor rango en el número de hojas (45) con respecto a los baldes y canastillas para *S. sonchifolius*. Los baldes presentan una tendencia positiva de 48% en comparación con las canastillas, con datos atípicos positivos del 50% en *A. caudatus*. En cuanto al daño de hojas, los datos presentan una mayor dispersión en los baldes (28%); sin embargo, el tratamiento en canastillas presenta un rango extremo, con un máximo de 40% y un mínimo de 1%, con pocos valores y datos atípicos para *S. sonchifolius*.

*A. caudatus* presenta una distribución de los datos para baldes y canastillas, sin diferencias significativas y una distribución simétrica. Las canastillas presentan un rango extremo mayor de 40%, con pocos valores. En cuanto a la pérdida de hojas, la distribución entre baldes y canastillas para *S. sonchifolius* no tiene una diferencia significativa; se encuentra en la mediana en el percentil superior y en un rango máximo para la canastilla de 6%, con pocos valores. El tratamiento en cama presenta mayores valores de dispersión. Para el caso de *A. caudatus*, los valores obtenidos para baldes son superiores por distribución, seguidos por los de las canastillas, con un valor extremo máximo de 7% sobre el tratamiento en camas.

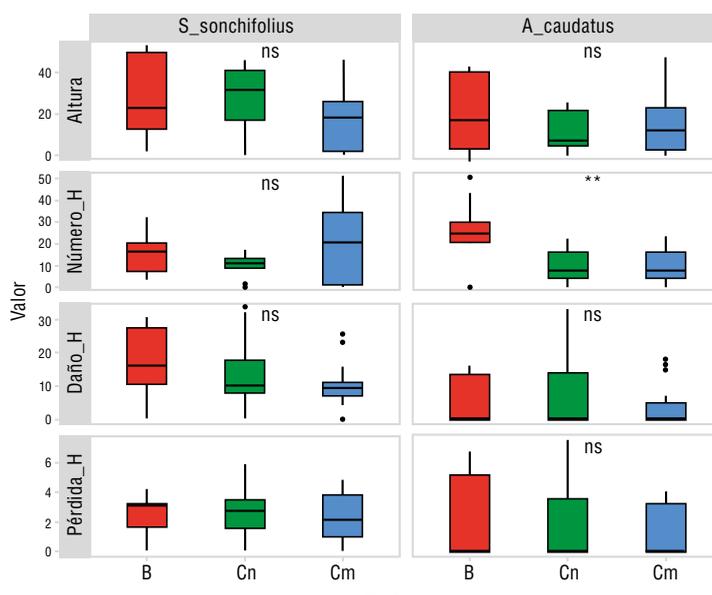


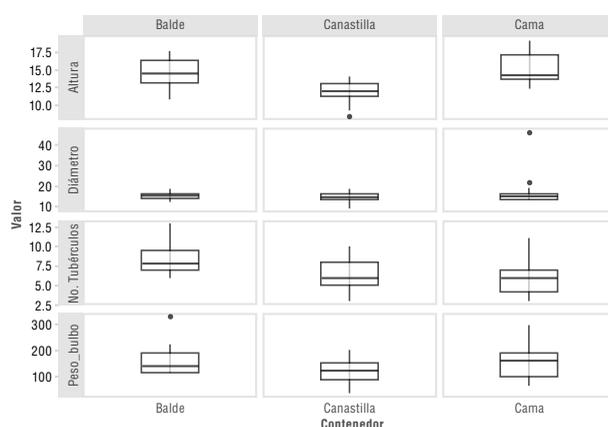
Figura 5. Promedio de la altura, número de hojas, daño en hojas, pérdida de hojas, en función del tipo de contenedor.

**Nota:** datos tomados durante 35 semanas para la variable de altura (cm), número de hojas, daño de hojas y pérdida de hojas de *S. sonchifolius* y *A. caudatus* en un ambiente no controlado (externo).

**B:** baldes; **Cn:** canastillas; **Cm:** camas; **\*\***diferencias significativas; **ns:** no hay diferencias.

**Fuente:** elaboración propia.

En la figura 6 se observa el tratamiento de baldes para *S. sonchifolius*. La altura presenta una tendencia general de 16 cm, con una distribución simétrica y pocos datos dispersos. En datos extremos se evidencia un rango máximo de 17,5 cm y un mínimo de 10 cm, con un promedio de 15 cm. La altura del contenedor sí influye en la longitud del tubérculo; la cama presenta un mejor desempeño por el valor máximo de 18 cm, con una distribución de valores baja. Para el diámetro, las diferencias en los tratamientos no fueron significativas, con valores entre 12 dm y 15 dm, para las camas existen dos datos atípicos de 20 dm y 50 dm. Con relación al número de tubérculos se encuentra que los baldes presentan un valor máximo de 12.5 seguidos de las canastillas con un valor mínimo de 3, para el peso del tubérculo, las camas superan los valores obtenidos en baldes y canastillas, estas últimas con un valor atípico de 320.



**Figura 6.** Productividad del tubérculo de *S. sonchifolius*.

**Nota:** por medio de productividad del tubérculo con variables: la altura, diámetro, número de bulbos y peso del bulbo de Yacón en función del tipo de contenedor.

**Fuente:** elaboración propia.

En la productividad en hojas (figura 7) se observa que la variable de altura (planta) para el tratamiento de baldes presenta datos con mayor distribución y tendencia de 60 cm, mientras que para las canastillas se observa una distribución reducida, con una mediana positiva. La tendencia general es de 53 cm, con un mejor resultado para la altura de la planta en contenedores, ya que en baldes se presenta una diferencia de 10 cm respecto al tratamiento blanco, el cual fue llevado en las camas.

La variable número de hojas en baldes muestra una tendencia general de 60, con una mediana negativa y un promedio general de 55, para las canastillas se observa una diferencia significativa con respecto a los baldes. Además, las camas presentan una mayor dispersión de datos, con tendencias de 100 hojas y unos datos máximos de 150 y mínimos de 10, con un promedio general de 60 hojas, con mejores resultados en los baldes.

En las variables de peso fresco y peso seco para baldes y canastillas no se encuentran diferencias significativas; mientras que para las camas se presenta una mejor distribución, con tendencia de 300 g y valores máximos de 500 g y mínimos de 100 g. También se observaron datos atípicos de 600 g y un promedio de 280 g. El peso seco, por otro lado, presenta una mayor distribución con tendencia en 60 g, y unos valores máximos de 80 g y mínimos de 10 g, con un promedio de 40 g.

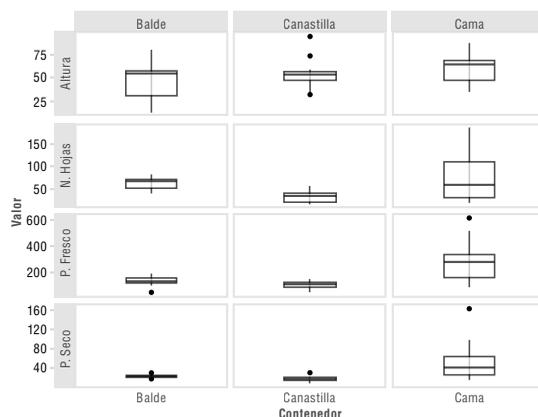


Figura 7. Productividad de las hojas de *S. sonchifolius*

Nota: altura, número de hojas, Peso fresco, y Peso seco de la especie *S. sonchifolius*, en función del tipo de contenedor.

Fuente: elaboración propia.

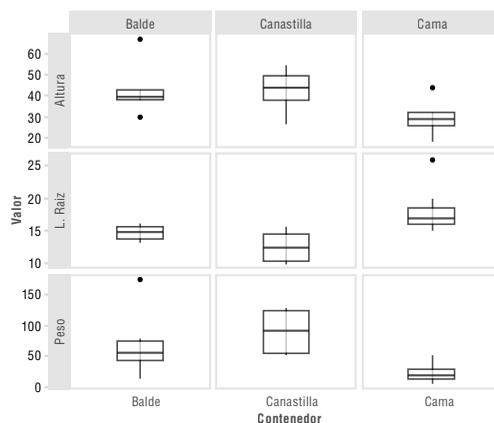


Figura 8. Productividad de *A. caudatus*

Nota: altura, longitud de raíz, y peso del *Amaranto* en función del tipo de contenedor.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 8 (*A. caudatus*) se observa que el tratamiento de canastillas exhibe una mayor distribución, con tendencia general de 50 cm, con valores máximos de 55 cm y mínimos de 29 cm, con un promedio de 55 cm con respecto al valor inferior obtenido en baldes, que muestra una tendencia de 45 cm. Para las camas, se observa una tendencia general de 30 cm, con valores atípicos de 45 cm y una poca distribución de los datos. Así mismo, se evidencian valores extremos negativos de 20 cm, con un

promedio general de 30 cm, con un mejor resultado de altura que en las canastillas. Para la variable de longitud de raíces, las canastillas registran una mayor distribución, por sus valores máximos de 17 cm y mínimos de 11 cm, con promedios de 13 cm, lo que no genera diferencias significativas en los dos contenedores. Las camas exhiben tendencias generales de 18 cm, con unos datos atípicos mayores de 25 cm, seguidos de valores máximos de 23 cm y mínimos de 15 cm y un promedio general de 17 cm; por último, para la variable de peso, las canastillas evidencian una mejor distribución de tendencia (120 g), con un valor máximo de 121 g y un promedio general 100 g, lo cual representa el mejor resultado.

## Análisis de resultados

### Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

En el estudio desarrollado con el fin de establecer una metodología de AU del yacón (*S. sonchifolius*) con base en tres tratamientos (figura 5), la evaluación en baldes presenta una altura de 0,71 mts., mientras que las canastillas, 0,62 mts., sin presencia de florecimiento. Su desarrollo y crecimiento se detuvo en el periodo de 7 meses, lo que representa una disminución significativa del crecimiento y desarrollo de las plantas (poca profundidad de los contenedores evaluados). Hermann y Heller (1997) afirman que el yacón (*S. sonchifolius*) llega a su estado de madurez a partir de los 7 meses. Este florece y llega a alturas mínimas de 1,5 mts. y máximas 3 mts. Así mismo, Grau (2001) afirma que el efecto de poco espacio en distancias y profundidad de siembra perjudica el florecimiento y la altura de las plantas.

Cabe señalar que, en condiciones naturales, el yacón alcanza profundidades de 0,6 mts. y 0,7 mts., con una siembra de 1 m entre hileras. Sin embargo, a los 7 meses los resultados para la siembra directa (cama en tierra) muestran un crecimiento que concuerda con lo descrito por Hermann y Heller (1997), con alturas mínimas de 1,5 mts. Con el fin de validar los resultados, se realizaron pruebas estadísticas para observar la tendencia de la altura en los 2 tratamientos (balde y canastillas) con respecto a cama, lo cual arroja datos no normales (tabla 1). Esto se debe a factores climatológicos y factores asociados al espacio del contenedor, que fue determinante para la altura de las plantas y su madurez (florecimiento), evaluado mediante pruebas no paramétricas (tabla 1) como las de Mann Whitney (1945) y Kruskal y Wallis (1952), que hacen referencia a la prueba de medias cuando no se cumplen los supuestos en los que se basa la prueba t (normalidad y homocedasticidad) o cuando no es apropiado utilizar la prueba t porque el nivel de medida de los datos es ordinal. Con base en lo anterior, se encontraron relaciones significativas mayores 0,5 en la canastilla, que afectó la altura de las plantas de yacón.

En cuanto a la variable de número de hojas, el yacón presenta un mejor resultado en balde (20) a diferencia de las canastillas (10). Esto evidencia que, a más profundidad, mayor cantidad de hojas. Grau (2001) menciona que en cuanto a la floración

de cada tallo, se producen entre 13 a 16 pares de hojas. Después de la floración la planta solo produce hojas pequeñas. En ambos tipos de contenedores, balde y canastilla, se identificó que no hubo florecimiento. Por ello, las hojas por individuo no alcanzaron el valor esperado por el autor, con un promedio de 12 a 10 pares de hojas por individuos, sin un valor significativamente diferente.

El tratamiento en cama mostró mejores resultados: floreció con un promedio general de 40 hojas y 13 a 15 pares por individuos, afirmando que el espacio influye en el nacimiento de las hojas. La variable daño y pérdida foliar para baldes mostró un porcentaje de 25% mayor que en cama y canastillas, a causa de la exposición directa a la luz y a cambios climatológicos registrados por el IDEAM en Bogotá y en todo el país.

Para el mes de mayo, el fenómeno climatológico de la niña presentó niveles de radiación de un 75% mayores a lo normal, con una exposición a la luz de 11 horas, temperaturas entre los 18 °C y los 12 °C y una precipitación promedio de 148 mm. (IDEAM, 2022).

El yacón, según Seminario *et al.* (2003), a pesar de soportar periodos de sequía, temperaturas mínimas de 4 a 5 °C y altas de 25 °C, posee una capacidad fotosintética 30% (radiación), ampliamente diferente a la radiación presentada en Bogotá. Por ello, para baldes, los niveles de radiación afectaron el yacón con una menor absorción de luz por presentar una clorofila de 14 CCI según el parámetro evaluado (clorofilo-metro), con manchas de coloración amarilla en las hojas por quemaduras.

Según Ramos (1999), el yacón debe mantenerse bajo sombra, con un sistema agroforestal que le permita tener sombra matutina o vespertina para un rendimiento mayor y una protección ante heladas y la luz directa. Durante mayo, las canastillas y cama tuvieron una mejor capacidad fotosintética por tener protección a la luz directa. Para el caso de las canastillas, al sembrar dos individuos por contenedor y cama (continuidad de plantas sembradas), hubo una mejor protección entre los individuos.

Los análisis para cama presentan una tendencia frente al número y daño hojas mejor en comparación a los contenedores (balde y canastilla), la cual nos arroja datos no normales (tabla 1), ya que los factores de clima y espacio afectaron el número de hojas de las plantas. Los datos de las pruebas no paramétricas (tabla 1) de Mann Whitney (1945) y Kruskal y Wallis (1952) muestran relaciones significativas mayores 0,5. Las canastillas presentan diferencias significativas asociadas al efecto del contenedor, con relación al número y daño foliar de las plantas de yacón.

La cosecha del tubérculo se realizó durante el periodo comprendido entre el 26 de septiembre y el 14 de octubre, cuando cumplió entre 6 y 7 meses de desarrollo hasta alcanzar la madurez, hojas amarillentas y cese de la floración, según los parámetros indicados por Seminario *et al.* (2003), en cuyo caso el experimento solo presenta hojas amarillas en contenedores. En baldes tuvo un promedio de 8,9; el rango por individuo fue de 7 a 13 tubérculos y un peso 150 g, que superó al de las canastillas. Al respecto, National Research Council *et al.* (1989) y Genet (1985) mencionan un

número de tubérculos producidos en condiciones normales entre un rango de 20 a 47, y un peso que generalmente oscila entre 2000 g a 75 000 g por individuo.

Esto nos indica que los tratamientos experimentales (cama, canastillas y balde) no alcanzaron el peso estipulado por la literatura. Sin embargo, canastillas y baldes tuvieron una diferencia favorable frente cama. A pesar de tener poco espacio, lograron tener mejor rendimiento en el número de tubérculos obtenidos para la cama. Se considera que esto se debe al estrés por el espacio en los contenedores y, en particular, al tratamiento en baldes por profundidad, que favorece el llenado de raíces.

Según Grau y Rea (1997), el incremento de las raíces en las canastillas es mucho mayor en condiciones de estrés y bajas temperaturas, ya que la planta intenta minimizar su daño afectando otras zonas, como el desarrollo foliar. Para la cosecha de hojas, el mayor valor corresponde a cama, el cual supera a baldes. El valor mínimo es el de las canastillas. Esto, teniendo en consideración que el tratamiento en cama tuvo aspectos inherentes al manejo en piso de profundidad, espacio y protección por cercanía de individuos. El rendimiento de los tubérculos y hojas se comprobó mediante la fórmula de Hay y Walker (1989):

$$\text{Rendimiento de raíces frescas por hectárea (kg)} = \text{densidad de plantación} \\ \times \text{número de raíces por planta} \times \text{peso promedio de cada raíz (kg)MS (\%)}$$

La fórmula muestra para la cama valores de 75,2%, que superan al de los contenedores. Los análisis estadísticos de Mann Whitney (1945) y Kruskal y Wallis (1952) muestran una relación menor a 0,05 para canastillas en relación con la altura y  $n$  de tubérculos, en comparación con baldes y cama. Por lo anterior, se considera que el tratamiento en canastillas no es viable.

### Amaranto: *Amaranthus caudatus*

Para el estudio realizado con el amaranto (*A. caudatus*), el periodo de crecimiento (altura) se tomó durante 232 días de crecimiento. Se demoró 98 días más de lo descrito por Ehleringer (1983). De ello se deduce que el clima de Bogotá (fenómeno climático) retrasa su desarrollo.

Las canastillas muestran una mayor de pérdida de individuos y el menor registro de altura, con 55 cm, (figura 5). Los baldes presentan mejores resultados, sin ninguna pérdida de individuos, con alturas de 67 cm. Por su parte, las camas (blanco) registran datos mayores a 71 cm, sin mortalidad, y con una diferencia en baldes del 4%, lo que muestra resultados muy cercanos (figura 5) entre los tratamientos evaluados.

Los resultados de Norman (1983) y Boote (1994) describen que en condiciones normales la planta de amaranto alcanza alturas entre 150 y 160 cm, con una panoja compacta, erecta y bien definida. En contraste, la altura alcanzada en el presente trabajo fue significativamente menor, pues solo alcanzó el 50% de lo esperado.

En cuanto al número de hojas (figura 5), los baldes presentan un promedio general de 75 hojas, oscilando entre 5 a 10 hojas por individuo; las canastillas tuvieron un menor registro de hojas nacidas con relación a baldes (figura 5); para la evaluación en cama (blanco) durante esas semanas, se registraron 10,3 hojas, con un promedio de 4 a 5 hojas por individuo, es decir, un número menor que para baldes.

Al respecto, el aumento de lluvias, con presencia de inundación por deficiencia en el drenaje perjudicó el desarrollo foliar, si se compara con lo expresado por la literatura mencionada, que asevera que la planta, en su estado de desarrollo, alcanza un número de entre 15 a 17 hojas. Nieto (1990) demuestra que el contenedor tuvo un mejor desarrollo y crecimiento de la planta. Se realizaron análisis estadísticos que evidencian datos no normales, por pruebas no paramétricas. El análisis de Mann Whitney (1945) muestra relaciones significativas mayores a 0,5 en cuanto a la altura en canastillas; mientras que el número de hojas fue menor a 0,5 en balde para amaranto.

Durante las semanas de estudio, se evidencia un incremento de pérdida foliar del 6% en cama y canastillas (figura 5); la mayor pérdida foliar se registra en baldes, pues alcanzó un 10%. Esto se debe a que tuvo una menor exposición a la luz solar (fotoperiodo), el cual juega un papel clave al momento de la siembra (evento climático) condicionado al comienzo y duración de las diferentes fases fenológicas de la planta. Por ello, alcanzó el 12% del daño foliar en contraste con el de las canastillas y cama (blanco), que presentaron tan solo un 4% de daño. Esto indica que las plantas para el tratamiento en canastillas y cama tuvieron una mejor recuperación ante el efecto climático, a diferencia del tratamiento realizado en baldes, dado que todo el experimento fue expuesto a las mismas condiciones climáticas.

La cosecha de amaranto se realizó con los parámetros de Espitia (1989), quien menciona que la cosecha de amaranto se realiza extrayendo completamente la planta, pesando raíces y tallo, contando el número de hojas y secando las espigas. Para la evaluación del experimento, la muestra un mayor rendimiento del tratamiento en cama, que alcanza un número de hojas de 120, un peso fresco de 300 g y uno seco de 50 g. Para comprobar el rendimiento que se expone en la figura 8, se realizó la ecuación de cosecha de los autores Hay y Walker (1989).

$$\text{Peso seco de parte cosechable} / \left( \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100 \right) \times \text{IC} =$$

Para cama, el valor de 303 g fue significativamente superior a los contenedores. Sin embargo, el resultado obtenido es significativamente bajo en comparación con lo expresado por Majewsky *et al.* (1994). Ellos manifiestan que en condiciones normales tan solo 5 individuos de amaranto en promedio dan mínimo en su cosecha de 2.922 kg, deduciendo que ninguno de los tratamientos alcanzó el promedio de la cosecha, siendo una especie no apta para Bogotá y, por lo tanto, no rentable. Los análisis estadísticos de Mann Whitney (1945) y Kruskal y Wallis (1952) muestran una relación para cama menor a 0,05, que fue significativamente menor que en baldes

y canastillas en relación a la longitud de raíz. El peso también mostró una relación significativamente menor de 0,05 para canastillas y cama; esto se debe a procesos climatológicos (figura 8) y al espacio del contenedor.

## Consideraciones finales

Como indica Ramírez (2014), las investigaciones de AU se basan en presentar resultados de cantidad de especies cultivadas, familias beneficiadas o metodologías innovadoras, principalmente hortalizas o aromáticas, por su fácil cultivo de pocos requerimientos agroecológicos (Zaar, 2011). Además, se deben incluir los beneficios para la seguridad alimentaria obtenidos a partir de estos procesos, que generan, en su mayoría, un acceso a mejores alimentos. La recolección de información previa mostró que los hogares bogotanos que realizan actividades agrícolas suelen consumir una mayor cantidad de alimento, que puede llegar a ser hasta de un 30%; además, se suele incrementar el consumo de hortalizas y frutas.

Los tratamientos utilizados para la especie *S. sonchifolius* (yacón) comprueban una gran plasticidad y adaptación al entorno bogotano, ya que aunque su productividad fue baja, lograría beneficiar a una familia de entre 4 a 6 integrantes (Sáenz-Torres *et al.*, 2019), con por lo menos dos plantas sembradas en baldes. En cuanto a la siembra en canastillas, se debe tener en cuenta su construcción para su correcto drenaje, además de solo colocar un individuo por su alta competencia y seguir las necesidades agroecológicas de sombra para aumentar así su rendimiento. En cuanto a *A. caudatus* (amaranto), no se obtuvieron datos satisfactorios para una inclusión a la AU de Bogotá, dado que, al evaluar las diferentes variables, esta especie no presenta un buen rendimiento o productividad en ninguno de los tres tratamientos.

Al calcular una rentabilidad básica de la producción, se observa que se cosechó un promedio de 55,6 kg del tubérculo del yacón y 38 kg de hoja de amaranto. Esto, con un costo promedio de 800 000 COP, teniendo en cuenta que los costos para una futura producción disminuirán, ya que en su mayoría se reciclaron muchos de los materiales usados. El yacón presenta un costo actual de 6400 COP por kilogramo; por lo tanto, se genera una producción de \$355 840 COP, lo que no logra suplir los gastos iniciales para la primera cosecha. Por consiguiente, solo se lograría brindar un sustento alimentario, mas no económico. Para el amaranto el caso es parecido, ya que actualmente se encuentra a 20 000 COP el kilo, para un total de \$760 000 COP, el cual deja un margen de ganancia bajo, ya que sus requerimientos agroecológicos son elevados; por consiguiente, el gasto económico aumenta. Esta misma cantidad de productos habría costado \$1 115 000 COP. Es decir que habría un ahorro significativo para la compra de estas dos especies. Así mismo se evita la obtención de productos empacados.

Con la finalidad de motivar a la ciudadanía a la participación en AU, se recomienda elaborar folletos para su fácil implementación en hogares, ya que, según la FAO (2010), los hogares urbanos que realizan actividades agrícolas consumen más alimento,

que puede llegar a ser hasta de un 43%. Además, se incrementa el consumo de hortalizas y frutas. Así, la AU puede aportar beneficios importantes a la seguridad alimentaria, aunque sea de bajo impacto. Este fortalecimiento del conocimiento no solo brinda una mejor productividad, también da un entendimiento del beneficio paisajístico y de conservación.

## Referencias

- Arenas, R. & Oller, J. L. T. (2001). *Guía para el cultivo y aprovechamiento del coime o amaranto: Amaranthus caudatus (Linneo)*. Convenio Andrés Bello.  
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11648>
- Becerra, R. (2000). El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. *Biodiversitas*, 5(30), 1-6. <https://studylib.es/doc/7711109/el-amaranto--nuevas-tecnolog%C3%ADas-para-un>
- Bernal, A. (2012). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. *Revista de Ingeniería* (36), 60-64.
- Boote, K. J. & Pickering, N. B. (1994). Modelado de la fotosíntesis de cubiertas de cultivos en hileras. *HortScience*, 29(12), 1423-1434.
- Bravo, M., Reyna, J. & Huapaya, M. (2013). Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (*Chenopodium Quinoa*) y Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 16(1), 54-60.  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/6558>
- Cañón, L. B. & Amaya, G. C. (2017). *Uso de los recursos naturales en los espacios destinados para la agricultura urbana en la localidad de San Cristóbal de la ciudad de Bogotá, D. C.* [trabajo de maestría, Universidad de Manizales]. Repositorio Institucional Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3001>
- Coons, M. P. (1982). Relaciones de *Amaranthus caudatus*. *Botánica Económica*, 36(2), 129-146.
- Ehleringer, J. (1983). Ecophysiology of *Amaranthus palmeri*, a Sonoran Desert summer annual. *Oecologia*, 57, 107-112.
- Espitia, C. (1989). Identificación, aislamiento y caracterización parcial de antígenos glicoproteicos de *Mycobacterium tuberculosis*. *Inmunología clínica y experimental*, 77(3), 378.
- Gómez, J. N. (2014). *Agricultura urbana en América Latina y Colombia: perspectivas y elementos agronómicos diferenciadores* [trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2749>
- Genet P, T. (1985). Fertilidad de trabajadores varones expuestos al vapor de mercurio o al polvo de manganeso: un estudio mediante cuestionario. *Revista Estadounidense de Medicina Industrial*, 7(2), 171-176.

- Goyal, A. (febrero de 2010). El aprendizaje influye en las probabilidades en las redes sociales. En *Actas de la Tercera Conferencia Internacional ACM sobre Búsqueda Web y Minería de Datos* (pp. 241-250).
- Grau Rubio, C. (2001). A pedagogía hospitalaria. *Revista Galega Do Ensino*, 32, 169-182.
- Grau, A. & Sánchez, S. S. (2001). Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallantus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 74(2), 125-132
- Hermann, M., Freire, I. & Pazos, C. (1999). Impact on a changing world International Potato Center Program Report 1997-1998. En *Compositional diversity of the yacon storage root* (pp. 425-432). <https://eurekamag.com/research/003/390/003390679.php>
- Hermann, M. & Heller, J., (eds.) (1997). *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Institute of plant Genetic and crop Plan Research. Rome: Gatersleben/International. Plant Genetic Resources Institute.
- Iturriago, D. S., Meneses Atencia, M., Pannefle Rodríguez, J. E. & Ramos Berra, E. F. (2017). *Sistema de Información de Agricultura Urbana enfocado a la distribución de conocimiento ancestral y técnico de especies nativas andinas en la ciudad de Bogotá para contribuir en el derecho a la seguridad y sostenibilidad alimentaria* [trabajo de grado, Fundación Universitaria Compensar]. Repositorio Institucional. <https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/3100>
- Jardín Botánico de Bogotá [JBB]. (2021). *Agricultura urbana*. <https://jbb.gov.co/aplicacion-del-conocimiento/agricultura-urbana/>
- Kruskal, W. H. & Wallis, W. A. (1952). Uso de rangos en análisis de varianza de un criterio. *Revista de la Asociación Estadounidense de Estadística*, 47(260), 583-621.
- Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodríguez, J. P., Ramos, A., Alandia, G., Sorensen, M. & Jacobsen, S. E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51, 86-93. <https://doi.org/gj6vmj>
- León, T. (2007). *Medio Ambiente, tecnología y modelo de agricultura en Colombia*. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA). [https://idea.unal.edu.co/publica/serie\\_ideas/PDF/ideas9-Agricultura\\_Ambiente\\_Tom%23U00e1s\\_Le%23U00f3n.pdf](https://idea.unal.edu.co/publica/serie_ideas/PDF/ideas9-Agricultura_Ambiente_Tom%23U00e1s_Le%23U00f3n.pdf)
- Linares, P. F. (2007). *La Agricultura Urbana en el barrio Ciudad Londres, localidad de San Cristóbal, Bogotá. Aproximación a su análisis bajo el prisma de los Medios de Vida Sostenibles* [trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7809/tesis125.pdf?sequence=1>
- Lozano, W. D. (2017). *Acción, participación y organización comunitaria en torno al ejercicio de la agricultura urbana en Bogotá, D. C.* [trabajo de grado Universidad Cooperativa de Colombia]. Academia. [https://www.academia.edu/36837730/Acci%C3%B3n\\_participaci%C3%B3n\\_y\\_organizaci%C3%B3n\\_comunitaria\\_entorno\\_al\\_ejercicio\\_de\\_la\\_Agricultura\\_Urbana\\_en\\_Bogot%C3%A1\\_D\\_C](https://www.academia.edu/36837730/Acci%C3%B3n_participaci%C3%B3n_y_organizaci%C3%B3n_comunitaria_entorno_al_ejercicio_de_la_Agricultura_Urbana_en_Bogot%C3%A1_D_C)

- Majewski, J. (1994). Congelación inducida de agua sobreenfriada en hielo mediante monocapas cristalinas autoensambladas de alcoholes anfífilicos en la interfaz aire-agua. *Revista de la Sociedad Química Estadounidense*, 116(4), 1179-1191.
- McKnight, P. E. & Najab, J. (2010). Prueba U de Mann-Whitney. *La enciclopedia de psicología Corsini*, 1(1).
- Muñoz, A. M., Blanco, T., Serván, K. & Alvarado-Ortiz, C. (2006). Evaluación del contenido nutricional de yacón (*Polimnia sonchifolia*) procedente de sus principales zonas de producción nacional. *Horizonte Médico*, 6(2), 69-73.  
<https://www.redalyc.org/pdf/3716/371637114001.pdf>
- Navarro, V., Villarreal, M. L., Rojas, G. & Lozoya X. (1996). Antimicrobial evaluation of some plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of infectious diseases. *J Ethnopharmacol*, 53(3), 143-147.  
[https://doi.org/10.1016/0378-8741\(96\)01429-8](https://doi.org/10.1016/0378-8741(96)01429-8)
- Nieto, M. P. (1990). Evolución de la participación económica femenina en los ochenta. *Revista Mexicana de Sociología*, 133-149.
- Norman, D. A. (1983). Diseñar reglas basadas en análisis de error humano. *Comunicaciones de la ACM*, 26(4), 254-258.
- Opitz, I., Berges, R., Piorr, A. & Krikser, T. (2016). Contributing to food security in urban areas: differences between urban agriculture and peri-urban agriculture in the Global North. *Agriculture and Human Values*, 33(2), 341-358.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10460-015-9610-2>
- Polanco, M. F. & García, M. A. (2013). Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. Endl) H. Robinson colectados en la ecorregión Eje Cafetero de Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 4(2), 97-116. <https://doi.org/10.22490/21456453.981>
- Ramírez, B. Y. (2014). Agricultura urbana y huertas familiares: propuesta de desarrollo y tejido social en el asentamiento poblacional esfuerzos de paz de la comuna 8 de Medellín [tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional universidad EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/76e924ca-b785-4a3a-b929-01728d78aaf4/content>
- Ramírez, J. (2013). *La implementación de la política de abastecimiento alimentario de Bogotá en el sector mayorista de la comercialización de alimentos: restricciones y dificultades* [tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales – Sede académica de México]. <https://repositorio.flacoandes.edu.ec/bitstream/10469/2832/1/TFLACSO-2010JDR.P.pdf>
- Ramos, V. A. (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. *Geología Argentina*, 29(3), 41-96.
- Salvador-Reyes, R. (2014). Estudio de la stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. *Scientia Agropecuaria*, 5(3), 157-163.
- Sánchez, S. & Genta, S. (2007). Yacón: un potencial producto natural para el tratamiento de la diabetes. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6(5), 162-164. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85617508014>

- Sáenz-Torres, S., López-Molinello, A., Prieto-Contreras, L. & Rodríguez, T. (2019). El cubio como una alternativa productiva sostenible en condiciones de agricultura urbana de Bogotá. *Equidad y Desarrollo*, 1(34), 121-142. <https://doi.org/10.19052/eq.vol1.iss34.6>
- Sauer, J. D. (1967). The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 54(2), 103-137.
- Seminario, J., Valderrama, M. & Manrique, I. (2003). *El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. [https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/Yacon\\_Fundamentos\\_password.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/Yacon_Fundamentos_password.pdf)
- Sevilla, L. E. (2011). *Implementación de un modelo de agricultura urbana orientada a la seguridad alimentaria y al reciclaje de basura en la ciudad de Cayambe-Pichincha 2010*. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10848>
- Van Der Schans, J.W. (2010). Urban agriculture in the Netherlands. *Urban Agriculture Magazine*, 24(1), 40-42. <https://edepot.wur.nl/411126>
- Wesche-Ebeling, P., Maiti, R., García-Díaz, G., González, D. I. & Sosa-Alvarado, F. (1995). Contribuciones al valor botánico y nutricional de algunas especies silvestres de *Amaranthus* (Amaranthaceae) de Nuevo León, México. *Botánica Económica*, 49(4), 423-430. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02863094>
- Zaar, M. H. (2011). Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 16. <https://raco.cat/index.php/Biblio3w/article/view/>

# Patrones de riqueza y segregación de *Arecaceae* Bercht. & J. Presl en el departamento de Arauca, Colombia

Patterns of richness and segregation of *Arecaceae* Bercht. & J. Presl in the department of Arauca, Colombia\*

Paula Sofía Pavas-Garzón<sup>1</sup>

## Resumen

La Orinoquia colombiana agrupa 1260 géneros y 4347 especies de plantas con flores —16,4% de la riqueza del país—. En esta región, *Arecaceae* comprende 16 géneros y 36 especies. No obstante, para el departamento de Arauca su información está disgregada y no existe una síntesis que reúna sus patrones de segregación y riqueza florística. Este trabajo presenta una revisión y discute sus principales patrones de riqueza, distribución y segregación —diversidad *Alpha*— de sus especies nativas, mediante una búsqueda sistemática y una revisión documental de información proveniente de inventarios florísticos y herbarios regionales y nacionales.

**Palabras clave:** biología, formas fisiográficas, unidades fisiográficas, diversidad biológica, *Arecaceae*, conservación ambiental, morfología.

## Abstract

The Colombian Orinoquia region encompasses 1260 genera and 4347 species of flowering plants—16,4% of the country's richness. In this region, *Arecaceae* comprises 16 genera and 36 species. However, for the Arauca department, its information is fragmented, lacking a synthesis that gathers its segregation patterns and floristic richness.

<sup>1</sup> Esta contribución corresponde al Proyecto Integrado de Profundización.

## Créditos

### Autora

<sup>1</sup> Pregrado en Biología, Programa de Biología y Servicios de Ciencias Naturales, Universidad Central, Bogotá D. C., Colombia. Correo: ppavasg@ucentral.edu.co

## Cómo citar:

Pavas-Garzón, P. S. (2022). Patrones de riqueza y segregación de *Arecaceae* Bercht. & J. Presl en el departamento de Arauca, Colombia. *Ingeciencia*, 7, 62-75.

This work presents a review and discusses its main richness patterns, distribution, and segregation—*Alpha* diversity—of its native species, through a systematic search and a documentary review of information from regional and national floristic inventories and herbariums.

**Keywords:** biology, landforms, physiographic units, biological diversity, *Arecaceae*, environmental conservation, morphology.

## Introducción

*Arecaceae* en el sistema APG-IV (The Linnean Society of London, 2016) se ubica dentro de la clase Monocotyledoneae, subclase Commelinidae, y es de la familia *typus* de Arecales; a su vez, se relaciona estrechamente con Commelinales, Zingiberales y Poales (Villalba, 2015). Constituye un grupo monofilético por sus caracteres morfológicos y análisis moleculares de ADN. Se distingue como un grupo que ha evolucionado para ocupar todos los estratos de bosques y exhibe una estructura característica que lo hace resaltar entre las formaciones vegetales.

Su hábito se relaciona con la forma final de la planta adulta o su patrón de crecimiento. Así, palmeras arborescentes, palmeras arbustivas, palmeras acaules y palmeras escandentes son términos útiles para su descripción (Villalba, 2015). El cuerpo vegetativo consta de un tallo solitario de crecimiento monopodial, que termina en una corona de hojas plicadas o tipo lanza, que se mantienen constantes debido a ciclos de sucesión y regeneración foliar persistente, atributo exclusivo de la familia (González, 2013).

Actualmente no se tiene un conocimiento exacto del número de especies de palmas en el mundo, pero oscila entre 2360 y 3000, incluidas en 189 géneros con distribución pantropical. En los ecosistemas tropicales y subtropicales representa uno de los grupos vegetales con mayor riqueza, diversidad y endemismo (Henderson *et al.*, 1995; Dransfield *et al.*, 2008; González, 2016). En Suramérica se han documentado 459 especies y 50 géneros (Pintaud *et al.*, 2008), que representan el 19,5% de las especies y el 26,5% de los géneros de palmas conocidas hasta ahora (Dransfield *et al.*, 2008). En el neotrópico, Colombia se documenta como el segundo país más diverso en palmas —después de Brasil—, debido a su topografía y heterogeneidad de hábitats, con aproximadamente 220 especies, incluidas en 43 géneros distribuidos en zonas desde el nivel del mar hasta los 3200 m de elevación, presentes en casi todos los tipos de vegetación, salvo las zonas más altas y secas. No obstante, alcanzan su máxima riqueza y abundancia en el zonobioma húmedo ecuatorial y los bosques premontanos (Galeano *et al.*, 2015a). Su distribución está determinada por la estacionalidad hidrológica, las condiciones climáticas cálido-húmedas y los suelos jóvenes, ácidos y frágiles presentes en la zona ecuatorial (Castro *et al.*, 2013).

El conocimiento de las palmas es relevante para entender su rol en los ecosistemas y los beneficios que brindan a la biota asociada a ellas (Castro *et al.*, 2013). Galeano (2000), Galeano y Bernal (2004, 2005, 2007, 2010), Galeano *et al.* (2015a) y Bernal *et al.* (2011) refieren información pertinente acerca de la taxonomía, ecología y etnobotánica de *Arecaceae* en el plano nacional. En sus investigaciones sustentan que no existe un inventario detallado de las especies y que es de vital importancia recaudar información acerca de la familia.

Para la Orinoquia, se han documentado un total de 16 géneros y 36 especies (Castro *et al.*, 2013; Minorta-Cely y Rangel-Ch., 2014a y 2014b; Galeano *et al.*, 2015a y 2015b). No obstante, es necesario documentar y sintetizar procesos y patrones subyacentes a la diversidad *Alpha*. Por tanto, en este trabajo se realizó una compilación de la riqueza florística y taxonómica de esta familia, con su variación en los municipios de Arauca, Colombia, con el objetivo de caracterizarse en el contexto nacional, regional y según las unidades fisiográficas. Esta información permite identificar áreas prioritarias para la conservación y es relevante en la determinación de preferencia de nicho de las especies (Aguirre *et al.*, 2015).

## Metodología

### Obtención de las listas de especies (recolección y cuantificación de datos)

Rangel-Ch. *et al.* (1995), Minorta-Cely y Rangel-Ch. (2014a, 2014b), Rangel-Ch. (2005 y 2019) y Minorta-Cely (2020) caracterizaron la composición florística y la estructura de las comunidades vegetales en la Orinoquia; además, destacaron la dominancia de *Arecaceae*. No obstante, faltan aspectos referentes a su información fitogeográfica y autoecológica. Por ello, se planteó una síntesis de datos referentes a patrones de segregación de la riqueza florística y taxonómica con su variación, según las unidades fisiográficas y los municipios del departamento de Arauca.

La asignación geográfica de los datos sigue lo expuesto por Pinzón *et al.* (2017) e Infante-Betancour y Rangel-Ch (2018); asimismo, se realizaron consultas en la base de datos Trópicos del Jardín Botánico de Missouri, el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia, las colecciones depositadas en el Herbario Nacional Colombiano (COL), la información publicada sobre la zona y de los trabajos de campo realizados por otros autores para Arauca, Arauquita, Cravo Norte, Fortul, Puerto Rondón, Saravena y Tame, bajo los criterios de búsqueda *municipio*, *unidad fisiográfica* y *altitud*.

### Similitud florística

La similitud florística entre municipios del departamento y unidades fisiográficas se estimó mediante el índice de Sørensen (Is), como medida de la semejanza entre las categorías taxonómicas.

$$Is = (2C / (A + B + n...)) \star 100 \quad (1)$$

Donde

A = Número de taxones en sitio A.

B = Número de taxones en el sitio B.

C = Número de taxones compartidos entre A y B.

## Reconocimiento morfológico de géneros

Debido a la variación nomenclatural concedida en las publicaciones referidas, sumada a los avances en el conocimiento taxonómico, se contrastaron las diferencias morfológicas de los caracteres vegetativos entre los géneros documentados para el departamento. Para esto, se realizó una clave dicotómica dentada bajo los caracteres morfológicos informativos propuestos por Galeano y Bernal (2010).

## Resultados

### Segregación y distribución de la riqueza según el contexto geográfico

Arecaceae está representada en Arauca con 23 especies, pertenecientes a 14 géneros. El más rico es *Bactris* Jacq. ex Scop. con 4 especies, seguido por *Desmoncus* Mart., con 3, y *Astrocaryum* G. Mey., *Attalea* Kunth., *Oenocarpus* Mart. y *Syagrus* Mart., con 2 especies cada uno. Los seis géneros más ricos acumularon el 55,6% especies del departamento (tabla 1).

Tabla 1. Géneros de Arecaceae presentes en Arauca, Colombia

Género	Especies
<i>Acrocomia</i>	1
<i>Aiphanes</i>	1
<i>Astrocaryum</i>	2
<i>Attalea</i>	2
<i>Bactris</i>	4
<i>Desmoncus</i>	3
<i>Euterpe</i>	1
<i>Geonoma</i>	1
<i>Mauritiella</i>	1
<i>Mauritia</i>	1
<i>Oenocarpus</i>	2
<i>Roystonea</i>	1
<i>Socratea</i>	1
<i>Syagrus</i>	2
Suma de los 6 géneros más ricos	15 (55,6%)
Resto de géneros	9 (45,4%)
<b>Total</b>	<b>24 (100%)</b>

Fuente: elaboración propia.

La tabla 2 presenta la información sobre el número de especies y géneros en los municipios y sus estimativos porcentuales. Arauca y Cravo Norte refieren el mayor número de géneros (12), seguidos por Tame (9) y Puerto Rondón (8). Fortul y Saravena presentaron el menor número de géneros con 2 y 3, respectivamente. En especies, Arauca presentó el mayor número (19), seguido por Cravo Norte (16), Arauquita (9), Tame (9) y Puerto Rondón (8).

**Tabla 2.** Distribución de la riqueza de Arecaceae en los municipios de Arauca, Colombia

Municipio	N.º spp.	%	N.º gén.	%
Arauca	19	79,2	12	85,7
Arauquita	9	37,5	6	50
Cravo Norte	16	66,7	12	85,7
Fortul	2	8,3	2	14,3
Puerto Rondón	8	33,3	8	57,1
Saravena	3	12,5	3	21,4
Tame	9	37,5	9	64,3
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3, se nombran los géneros y la incidencia de las especies en cada municipio. Prepondera la presencia de *Aiphanes horrida* (Jacq.) Burret., *Bactris major* Jacq., *Euterpe precatoria* Mart., *Oenocarpus bataua* Mart., *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl., y *Syagrus sancona* H. Karst. en 5 municipios, seguidas por *Attalea butyracea* (Mutis ex L. f.) Wess. Boer., *Maurita flexuosa* L. f. y *Oenocarpus minor* Mart. en 4 municipios. Las especies con menor incidencia son *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart., *Astrocaryum acaule* Mart., *Attalea maripa* (Aubl.) Mart., *Bactris bidentula* Spruce., *Bactris brongniartii* Mart., *Bactris guineensis* (L.) H.E. Moore., *Desmoncus polyacanthos* Mart. y *Mauritiella armata* (Mart.) Burret., con presencia en un municipio.

**Tabla 3.** Incidencia de especies de Arecaceae en los municipios de Arauca, Colombia

Género	Especie	Ar	Aq	Cr	Fo	Pr	Sa	Ta
<i>Acrocomia</i>	<i>A. aculeata</i>							X
<i>Aiphanes</i>	<i>A. horrida</i>	X	X	X		X		X
<i>Astrocaryum</i>	<i>A. acaule</i>			X				
	<i>A. jauari</i>			X		X		
<i>Attalea</i>	<i>A. butyracea</i>	X	X	X		X		
	<i>A. maripa</i>			X				
	<i>B. bidentula</i>			X				
	<i>B. brongniartii</i>	X						
<i>Bactris</i>	<i>B. guineensis</i>	X						
	<i>B. major</i>	X	X	X		X		X
	<i>B. pilosa</i>	X	X					

Continúa...

... viene

Género	Especie	Ar	Aq	Cr	Fo	Pr	Sa	Ta
	<i>D. horridus</i>	X		X				
<i>Desmoncus</i>	<i>D. orthacanthos</i>	X	X	X				
	<i>D. polyacanthos</i>	X						
<i>Euterpe</i>	<i>E. precatoria</i>	X	X	X		X		X
<i>Geonoma</i>	<i>G. interrupta</i>	X		X				X
<i>Mauritiella</i>	<i>M. armata</i>	XX						
<i>Mauritia</i>	<i>M. flexuosa</i>	X		X		X	X	X
	<i>O. bataua</i>	X		X	X		X	X
<i>Oenocarpus</i>	<i>O. minor</i>	X	X			X		X
<i>Roystonea</i>	<i>R. oleracea</i>	X	X					
<i>Socratea</i>	<i>S. exorrhiza</i>	X		X	X		X	X
	<i>S. orinocensis</i>	X		X				
<i>Syagrus</i>	<i>S. sancona</i>	X	X	X		X		X

**Nota:** el catálogo de plantas y líquenes de Colombia (2021) reporta a *Bactris corossilla* H. Karst., *Bactris gasipaes* Kunth., *Bactris setulosa* H. Karst., *Geonoma deversa* (Poit.) Kunth., *Hyospathe elegans* Mart. como especies incidentes en el departamento. No se refutan estos reportes dadas sus características morfoecológicas y la presencia de otras especies pertenecientes a sus géneros. No obstante, no se encontraron registros para la zona de estudio.

**Ar:** Arauca; **Aq:** Arauquita; **Cr:** Cravo Norte; **Fo:** Fortul; **Pr:** Puerto Rondón; **Sa:** Saravena; **Ta:** Tame.

**Fuente:** elaboración propia.

La tabla 4 presenta la similitud florística apuntada entre municipios del departamento. Se destaca la similitud entre Saravena-Fortul (con 80%), Arauquita-Puerto Rondón (70,6%) y Arauca-Cravo Norte (68,6%). Los municipios que representan menor similitud florística son Arauquita-Fortul, Arauquita-Saravena y Puerto Rondón-Fortul con 0,0%. Asimismo, no se han documentado coincidencias (0,0%) entre todos los municipios del departamento.

**Tabla 4.** Similitud florística de especies de *Arecaceae*, entre municipios de Arauca, Colombia

Coincidencia municipal	Similitud florística
Fortul - Saravena	80,00 %
Arauquita - Puerto Rondón	70,60 %
Arauca - Cravo Norte	68,60 %
Tame - Puerto Rondón	66,70 %
Arauca - Arauquita	64,30 %
Arauca - Tame	62,10 %
Tame - Cravo Norte	61,50 %
Cravo Norte - Puerto Rondón	58,30 %
Arauquita - Tame	52,60 %
Arauca - Puerto Rondón	51,90 %

Continúa...

... viene

Coincidencia municipal	Similitud florística
Arauquita - Cravo Norte	48,00 %
Tame - Saravena	46,20 %
Tame - Fortul	33,30 %
Cravo Norte - Saravena	31,60 %
Arauca - Saravena	27,30 %
Cravo Norte - Fortul	22,20 %
Arauca - Fortul	19,00 %
Puerto Rondón - Saravena	18,20 %
Arauquita - Fortul	0,00 %
Arauquita - Saravena	0,00 %
Puerto Rondón - Fortul	0,00 %
Todos los municipios	0,00 %

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5 se plantea la distribución de géneros y especies por cada unidad fisiográfica. Se destaca el número de especies reportadas para piedemonte, con el mayor porcentaje (58,3%), agrupadas en 11 géneros, seguido por llanura aluvial, con 45,8% de especies agrupadas en 7 géneros. Por último, se encuentra la llanura eólica, con 29,2% de especies agrupadas en 6 géneros.

Tabla 5. Distribución de la riqueza de *Arecaceae* en las unidades fisiográficas de Arauca, Colombia

Unidad fisiográfica	N.º Spp	%	N.º Gén	%
Llanura aluvial	11	45,8	7	50
Llanura eólica	7	29,2	6	42,8
Piedemonte	14	58,3	11	78,6
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6, se nombran las especies según su incidencia en cada unidad fisiográfica. Prepondera la presencia de *Attalea butyracea* (Mutis ex L. f.) Wess. Boer, *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. y *Bactris major* Jacq. en 2 unidades fisiográficas. El piedemonte araucano cuenta la mayor incidencia de especies (14), seguido por la llanura aluvial, con 9, mientras que la llanura eólica representa el menor número de especies documentadas, con 7 incluidas en 6 géneros.

**Tabla 6.** Incidencia de especies de Arecaceae en unidades fisiográficas de Arauca, Colombia

Género	Especie	Lla	Lle	Pm
<i>Acrocomia</i>	<i>A. aculeata</i>	X		X
<i>Aiphanes</i>	<i>A. horrida</i>			X
<i>Astrocaryum</i>	<i>A. acaule</i>	X		
	<i>A. jauari</i>	X	X	
<i>Attalea</i>	<i>A. butyracea</i>	X	X	
	<i>A. maripa</i>	X	X	
<i>Bactris</i>	<i>B. brongniartii</i>		X	
	<i>B. guineensis</i>	X		
	<i>B. major</i>	X		X
	<i>B. pilosa</i>	X		X
<i>Desmoncus</i>	<i>D. orthacanthos</i>	X	X	X
<i>Euterpe</i>	<i>E. precatória</i>		X	X
<i>Geonoma</i>	<i>G. interrupta</i>			X
<i>Mauritia</i>	<i>M. flexuosa</i>	X		X
<i>Mauritiella</i>	<i>M. armata</i>			X
<i>Oenocarpus</i>	<i>O. bataua</i>			X
	<i>O. minor</i>		X	X
<i>Socratea</i>	<i>S. exorrhiza</i>	X		X
<i>Syagrus</i>	<i>S. sancona</i>			X
	<i>S. orinocensis</i>			X

**Nota:** Lla: Llanura aluvial; Lle: Llanura eólica; Pm: Piedemonte.

**Fuente:** elaboración propia.

La tabla 7 corresponde a la similitud florística apuntada entre las unidades fisiográficas del departamento. Se destaca la llanura aluvial-piedemonte, con 48%, seguidos por la llanura aluvial-llanura eólica (44,4%). Las unidades fisiográficas que representan menor similitud florística son piedemonte-llanura eólica (28,6%). Asimismo, el parentesco entre las 3 unidades fisiográficas del departamento es de 6,3%, representado por una sola especie (*Desmoncus orthacanthos* Mart.).

**Tabla 7.** Similitud florística de especies de Arecaceae entre unidades fisiográficas de Arauca, Colombia

Unidades fisiográficas	Similitud florística
Llanura aluvial - Llanura eólica	44,4%
Llanura aluvial - Piedemonte	48,0%
Piedemonte - Llanura eólica	28,6%
Total similitud florística	6,3%

**Fuente:** elaboración propia.

Clave taxonómica de géneros de <i>Arecaceae</i> presentes en Arauca, Colombia		
1	Palma solitaria	2
	Palma cespitosa	11
2	Hábito escandente	<i>Desmoncus Mart.</i>
	Hábito arborescente	
3	Palmas con raíces zanco en la base	4
	Palmas sin raíces zanco en la base	5
4	Raíces de cono definido y apretado	<i>Euterpe Mart</i>
	Raíces de cono definido muy separadas entre sí	<i>Socratea Karst.</i>
5	Palmas de tallos esbeltos, usualmente menores de 30 cm de diámetro	6
	Palmas de tallo masivo, usualmente mayores de 30 cm de diámetro	7
6	Cicatriz foliar prominente, a manera de entrenudo	9
	Cicatriz foliar tenue, levemente visible, a manera de anillo	<i>Syagrus Mart.</i>
7	Muchas vainas persistentes de las hojas viejas. Tallo permanece recubierto por los restos de las hojas viejas. Se descubre solo la parte inferior en las palmas más altas.	<i>Acrocomia Mart</i>
	1 a 5 vainas persistentes de las hojas viejas solo en la parte superior del tallo	8
8	Vainas de las hojas cerradas o casi cerradas, formando un capitel	<i>Roystonea Cook.</i>
	Vainas de las hojas abiertas, sin formar un capitel	10
9	Pinna cuneada, abruptamente ensanchada en la punta, a manera de trompeta	<i>Aiphanes Willd</i>
	Pinna lanceolada, levemente bifurcada en la punta, a manera de pinza	<i>Oenocarpus Mart.</i>
10	Hojas con pinnas insertas a lo largo del raquis	<i>Attalea Kunth</i>
	Hojas con pinnas insertas en extremo común del raquis (palmeadas)	<i>Mauritia L. f.</i>
11	Palmas con espinas en el tallo	12
	Palmas sin espinas en el tallo	<i>Geonoma Willd.</i>
12	Espinas notoriamente aplanadas	<i>Astrocaryum Mey</i>
	Espinas cilíndricas o angostas, pero no notoriamente aplanadas	13
13	Pinnas blanquecinas por debajo	<i>Mauritiella Burret</i>
	Pinnas verdes en ambas caras	<i>Bactris Jacq. ex Scop.</i>

## Discusión

### Consideraciones finales

Se registran en Arauca 24 especies en 14 géneros, que representan en *Arecaceae* el 5,22% de la riqueza de especies y el 28,0% de géneros a nivel suramericano; 10,9% de especies y 32,5% de géneros en Colombia; y 66,6% de especies y 87,5% de géneros en la Orinoquia colombiana. A nivel municipal, Arauca cubre 5841 km<sup>2</sup> y aproximadamente duplica en especies y géneros a los otros municipios (tabla 2), lo cual se relacionó inicialmente con el área de cada región. Sin embargo, Tame representa la mayor superficie territorial, con 6457 km<sup>2</sup>, pero es tercera en riqueza de especies y segunda en géneros, junto a Cravo Norte, de 5301 km<sup>2</sup>. Lo anterior, en desacuerdo con la primera ley de la biodiversidad, que establece que un área más grande representa más especies que una pequeña (Rosenzweig, 1995; Preston,

1962). No existe incidencia de especies entre los 7 municipios. Sin embargo, sí existe relación entre parejas de ellos. Se tiene en cuenta que Saravena y Fortul solo están representados en 3 y 2 especies respectivamente, dada la ausencia de información florística reportada en las zonas.

Estos valores de riqueza pueden explicarse a partir de la caracterización del terreno y su significado en los atributos autoecológicos de las especies, además de las características propias de las unidades fisiográficas, el suelo, la precipitación y drenaje de su zona de distribución. Dentro de una misma unidad fisiográfica, se presentan topografías poco contrastantes, pero un mosaico de suelos como producto de procesos diferenciales en el origen, la edad del material parental, la sedimentación y la caracterización del territorio (Jaramillo & Rangel-Ch., 2014), donde procesos fluviales y aluviales han configurado ambientes ampliamente influenciados por la dinámica estacional de las condiciones de precipitación (Rangel-Ch., 2019; Minorta-Cely, 2020). Esto consolida cambios en la composición florística y riqueza en función de la variabilidad en los hábitats de las especies.

A nivel municipal existen relaciones de continuidad y patrones de contigüidad para las especies de mayor incidencia en el departamento, de tal manera que, a menor número de especies compartidas entre los municipios comparados, mayor será la diversidad. Así, esta no dependerá solo de la riqueza de especies, sino también de la dominancia relativa de cada una: en general se distribuyen según jerarquías de abundancias, desde algunas muy abundantes hasta algunas muy raras. Cuanto mayor es el grado de dominancia de algunas especies y de rareza en otras, menor es la diversidad de la zona estudiada (Dryflor *et al.*, 2016).

Existen relaciones paleoecológicas de contigüidad y continuidad de la Orinoquia colombiana —Arauca— con otras regiones naturales, que han configurado escenarios ambientales comunes que inciden en la composición florística y la distribución geográfica de sus formaciones vegetales. Esto aporta significativamente a la presencia de taxones caribeños, andinos y amazoneses, que alternan sus dominancias según las particularidades ambientales locales (Giraldo-Cañas, 1996; Minorta-Cely, 2013; Minorta-Cely & Rangel-Ch, 2014ab; Infante-Betancour & Rangel-Ch., 2018).

Las variaciones en la fisionomía, la estructura, la composición florística y la riqueza contenida en el territorio son resultado del contexto paleoecológico y la actividad hidroclimática bajo la cual se consolidó el departamento. Estas características son determinantes de relaciones entre la topografía, la textura del suelo, la humedad, la capacidad de retención hídrica, los nutrientes, el clima y su incidencia en la expresión y significado de la riqueza actual en la región, como se explica en el modelo propuesto por Toledo *et al.* (2012), donde la riqueza se ve afectada según una cascada de características topográficas: 1) precipitación, 2) temperatura, 3) fertilidad y textura del suelo. Según las adaptaciones fisiológicas de algunas especies a particularidades específicas, como el suelo —los nutrientes y la retención de aguas— y el clima de las unidades fisiográficas, hay implicaciones directas en la distribución de la riqueza de la zona. Aquí el clima constituye el primer gran filtro

regional, que, junto a variaciones en la naturaleza de los suelos, consolida un segundo filtro más específico que actúa de manera local y condiciona la composición florística (Minorta-Cely, 2020).

Además, existen otros factores que intervienen en la biodiversidad de una región, basados en el clima, los ecosistemas, la vegetación, la flora y la fauna, donde las formaciones vegetales —bosques, pastizales y palmares— van ligadas a las unidades fisiográficas presentes del territorio (Dransfield *et al.*, 2008; González, 2016). Esto se refleja en el porcentaje de riqueza otorgado a las diferentes unidades fisiográficas que conforman el departamento (tabla 5). En el piedemonte y llanura aluvial la expresión de la riqueza se atañe a ser zonas de drenaje pobre con bajos encharcables y bajos de desborde —en caso de estar cercana a ríos y caños—; aquí los suelos presentan arcillas y arenas (Minorta-Cely *et al.*, 2019) ricos en nutrientes, ayudados por la distribución de precipitación que hace que estas zonas sean tengan características de clima húmedo, con deficiencia moderada de agua en la época de verano. En contraste, se encuentran los valores de riqueza de la llanura eólica, los cuales se deben a su constitución de suelos limosos entre medios y gruesos, con finas láminas de arena intercaladas, pobres en nutrientes y retención hídrica debido a su clima semihúmedo con deficiencia de agua entre diciembre y marzo (Rangel-Ch *et al.*, 2019).

El óptimo fisiológico y las características morfológicas y autoecológicas de las especies permiten su documentación en calidad de dominancia en los géneros *Attalea* Kunth., *Euterpe* Gaertn., *Oenocarpus* Mart., y *Syagrus* Mart., que forman comunidades vegetales de palmares mixtos en bosques con áreas seminundables y no inundables, (Minorta-Cely, 2020); en el piedemonte orinocense predominan *Oenocarpus bataua* Martius. y *Socratea exorrhiza* Mart. en bosques-palmar; y palmares de *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl., en la altillanura se presentan palmares mixtos de *Oenocarpus bataua* Mart., *Socratea exorrhiza* Oerst. y morichal-palmar de *Mauritia flexuosa* L.f.; y la llanura aluvial se compone de palmar de *Acrocomia aculeata* Jacq. y en zonas seminundables, de *Mauritia flexuosa* L.f. (tabla 6) (Rangel-Ch, 2015).

## Agradecimientos

Al profesor Vladimir Minorta-Cely y al equipo de trabajo del SIBUC. A Ángela Reina y Camilo Zapata por sus contribuciones en la elaboración de este manuscrito. Esta contribución hace parte de los procesos académicos e investigativos de la tesis de grado en Biología de la autora.

## Referencias

Aguirre, A., Bonilla, M. & Caetano, C. (2015). Evaluación de la diversidad y patrones de distribución de *Passiflora* subgénero *Astrophea* (Passifloraceae) en Colombia. Un reto para la investigación taxonómica, florística y de conservación de las especies. *Acta Agronómica*, 65(4), 422-430. <https://bityl.co/N53F>

- Bernal, R., Torres, C., García, N., Isaza, C., Navarro, J., Vallejo, M., Galeano, G. & Balslev, H. (2011). Palm Management in South America. *The Botanical Review*, 77(4), 607-646. <https://bityl.co/N53O>
- Castro, F., Ocampo, A., Peñuela, L. & Sanabria, D. (2013). *Palmas nativas de la Orinoquia: biodiversidad productiva*. Fundación Horizonte Verde. <https://horizonteverde.org.co/wp-content/uploads/2020/05/LIBRO-PALMAS-WEB.pdf>
- Dransfield, J., Uhl, N., Asmussen, C., Baker, W. & Harley, M. (2008). *Genera Palmarum: The evolution and classification of Palms*. Kew, United Kingdom: Royal Botanic Gardens. <https://doi.org/k89v>
- Dryflor, K., Delgado, A., Dexter, K., Linares, R., Oliveira, A., Prado, D., Pullman, C. et al. (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forest and their conservation implications. *Science*, 353(6306), 1383-1387. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaf5080>
- Galeano, G. (2000). Forest use at the pacific coast of Chocó, Colombia: a quantitative approach. *Economic Botany*, 54(3), 358-376. <https://www.jstor.org/stable/4256327>
- Galeano, G. & Bernal, R. (2004). Arecaceae. En O. Rivera-Díaz y D. Giraldo-Cañas (revs.). *Catálogo de espermatófitos en el Chocó Biogeográfico* (pp. 135-148). Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. <https://bityl.co/N550>
- Galeano, G. & Bernal, R. (2005). Palmas. En E. Calderón, G. Galeano y N. García (eds.), *Libro rojo de plantas de Colombia*, vol. 2: *palmas, frailejones y zamia* (pp. 59-223). Instituto Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Galeano, G. & Bernal, R. (2007). Estado del conocimiento de las palmas (Arecaceae) en Colombia. *Actualidades Biológicas*, 29 (supl. 1), 1-84.
- Galeano, G. & Bernal, R. (2010). *Palmas de Colombia: guía de campo*. Universidad Nacional de Colombia.
- Galeano, G., Bernal, R. & Figueroa, Y. (2015a). *Plan de conservación, manejo y uso sostenible de las palmas de Colombia*. Ministerio de Ambiente y Universidad Nacional de Colombia.
- Galeano, G. & Bernal, R. (2015b). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. <https://bityl.co/N56V>
- Giraldo-Cañas, D. (1996). Malpighiaceae de Antioquia (Colombia): I. Diversidad, distribución geográfica y altitudinal y clave genérica basada en frutos. *Universitas Scientiarum*, 3: 9-24.
- González, V. (2013). Morfología y estructura de las palmas. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. En C. A. Lasso, A. Rial, V. González. (eds.), *VII. Morichales y cananguchales de la Orinoquia y la Amazonia: Colombia-Venezuela* (parte I) (p. 37). Instituto Humboldt Colombia.

- González, V. (2016). Los palmares de pantano de *Mauritia flexuosa* en Suramérica: Una revisión. En C. A. Lasso, G. Colonello y M. Morales (eds.), XIV. *Morichales, cananguchales y otros palmares inundables de Suramérica*. Parte II: Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina (pp. 43-81). Instituto Humboldt Colombia XIV.
- Henderson, A., Galeano, G. & Bernal, G. (1995). *Field guide to the Palms of the Americas*. Nueva Jersey: Princeton University, Princeton.
- Infante-Betancour, J. & Rangel-Ch. J. (2018). Riqueza y diversidad de las plantas con flores de la Amazonia colombiana: su significado en un contexto global. En *La riqueza vegetal de la Amazonía de Colombia* (pp. 145-169). Fundación Natura Colombia, Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/N5UY>
- Jaramillo-J. & Rangel-Ch., J. (2014). Los sistemas fluviales de la Orinoquia colombiana (llanura de inundación y altillanura). En J. Rangel-Ch. (ed.), *Colombia, diversidad biótica XIV: la región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 71-99). Universidad Nacional de Colombia.
- Minorta-Cely, V. (2013). Diversidad de espermatófitos en la región orinocense colombiana: consideraciones globales, regionales & locales. [tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá D. C.]
- Minorta-Cely, V. (2020). *La vegetación de la Orinoquia colombiana: riqueza, diversidad y conservación* [tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78181>
- Minorta-Cely, V. & Rangel-Ch., J. (2014a). La riqueza y la diversidad de las plantas con flores de la Orinoquia colombiana. En J. Rangel-Ch. (ed.), *Colombia diversidad biótica XIV: la región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 237-418). Universidad Nacional de Colombia.
- Minorta-Cely, V. & Rangel-Ch. J. (2014b). Amenazas sobre la flora, la vegetación y los ecosistemas de la Orinoquia colombiana. En J. Rangel-Ch. (ed.), *Colombia, diversidad biótica XIV: la región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 785-806). Universidad Nacional de Colombia.
- Minorta-Cely, V., Rangel-Ch. J., Castro-L. F. & Mijares, F. (2019). La vegetación del territorio sabanas y humedales de Arauca (Colombia). En J. Rangel-Ch., G. Andrade-C., C. Jarro, C. y G. Santos. *Colombia, diversidad biótica XX: territorio sabanas y humedales de Arauca* (pp. 359-385). Universidad Nacional de Colombia y Parques Naturales de Colombia.
- Pintaud, J. C., Galeano, G., Balslev, H., Bernal, R., Borchsenius, F., Ferreira, E., De Granville, J. J., Mejía, K., Millán, B., Moraes, M., Noblick, L., Stauffer, F. W. & Kahn, F. (2008). Las palmeras de América del sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. *Revista Peruana de Biología*, 15 (supl. 1), 7-30.
- Pinzón, C., Rangel, J., Minorta-Cely, V. & Aymard, G. (2017). Riqueza y diversidad de las plantas con flores del área de los humedales y las sabanas inundables del departamento de Arauca, Colombia. *Biollania (edic. esp.)*, 15, 470-532.

- Preston, F.W. (1962). The canonical distribution of commonness and rarity: Part 1. *Ecology*, 43, 185–215.
- Rangel-Ch., J. (2005). La biodiversidad de Colombia. *Palimpsestus*, 5. <https://bitly.co/NTBd>
- Rangel-Ch., J. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 39(151), 176–200.
- Rangel-Ch., J. (2019). Los ecosistemas del territorio sabanas y humedales de Arauca, Colombia. En J. Rangel-Ch., G. Andrade-C., C. Jarro, C. y G. Santos. *Colombia, diversidad biótica XX: territorio sabanas y humedales de Arauca* (pp. 711–741). Universidad Nacional de Colombia y Parques Naturales de Colombia.
- Rangel-Ch., J., Gopar-M., F. & Minorta-Cely.V. (2019). Caracterización climática del territorio sabanas y humedales de Arauca, Colombia. En J. Rangel-Ch., G. Andrade-C., C. Jarro, C. y G. Santos. *Colombia, diversidad biótica XX: territorio sabanas y humedales de Arauca* (pp. 257–278). Universidad Nacional de Colombia y Parques Naturales de Colombia.
- Rangel-Ch., J., Sánchez, L., Lowy, P., Aguilar, M. & Castillo, A. (1995). Región de la Orinoquia. J. Rangel-Ch. (eds.), *Colombia, diversidad biótica I* (pp. 239–254). Universidad Nacional de Colombia.
- Rosenzweig, M. (1995). *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press.
- Toledo, M., Peña-Claros, M., Bongers, F., Alarcón, A., Balcázar, J., Chuvina, J., Leño, C., Licona, J.C. & Poorter, L. (2012). Distribution patterns of tropical woody species in response to climatic and edaphic gradients. *Journal of Ecology*, 100: 253–263.
- Villalba, M. I. (2015). *Taxonomía y distribución de arecaceae del flanco oriental de la cordillera del Yanachaga en el parque nacional Yanachaga Chemillén, Oxapampa Pasco* [trabajo de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/7e8ae7c0-3cb8-4097-ac75-fe-05d4dcb74e>

# Flora medicinal y relaciones de género: un caso de estudio en la Orinoquia colombiana

Medicinal flora and gender relations:  
a case study in the colombian Orinoquia

Daniela Hernández-González<sup>1</sup>

## Resumen

La etnobotánica permite aprender del pasado y de diversos usos de las plantas. Las contribuciones relacionadas a la flora medicinal para el municipio de Paz de Ariporo presentan vacíos en la información, por lo cual es de suma importancia realizar estudios de botánica con perspectiva de género, ya que se puede evidenciar las diferentes formas que tienen hombres y mujeres de relacionarse con los recursos naturales. En esta investigación se caracterizó la flora medicinal de las poblaciones rurales de la vereda La Motuz, mediante encuestas semiestructuradas y conversatorios, para caracterizar otros vínculos entre los habitantes y la flora. En este estudio se obtuvo información de 50 usos tradicionales distribuidos en 60 especies y 32 familias. Los habitantes encuestados fueron 27 mujeres y 21 hombres, y se confirmó que las mujeres usan mayor diversidad de familias de plantas a diferencia de los hombres. Se detectó una segregación en el reconocimiento de la flora según las dolencias asociadas al género, las mujeres usan plantas asociadas a enfermedades menstruales y para tratamientos emenagogos. El conocimiento que las mujeres tienen y las tareas que desempeñan en el cuidado de la salud, se asocian a los roles de género y son conservados entre generaciones; sin embargo, el reconocimiento social de estos saberes se orienta más hacia quien tiene conocimientos especializados, particularmente hacia las curanderas.

## Créditos

### Autora

<sup>1</sup> Programa de Biología,  
Facultad de Ingeniería y  
Ciencias Básicas, Universidad  
Central de Colombia.  
Semillero de Investigación  
Botánica de la Universidad  
Central (SIBUC). Correo:  
[lhernandezg11@ucentral.edu.co](mailto:lhernandezg11@ucentral.edu.co)

## Cómo citar:

Hernández-González, D. (2022).  
Flora medicinal y relaciones  
de género: un caso de estudio  
en la Orinoquia colombiana.  
*Ingeciencia*, 7, 76-93.

**Palabras claves:** flora, botánica médica, investigación sobre el género, medicina tradicional, etnobotánica.

## Abstract

Ethnobotany allows us to understand the past and the different uses of plants. Contributions related to the medicinal flora for the municipality of Paz de Ariporo have gaps in the information, so it is of great importance to conduct botanical studies with a gender perspective, since the different ways that men and women have of relating to natural resources can be evidenced. In this research, the medicinal flora of the rural populations of La Motuz village was characterized through semi-structured surveys and conversations, to characterize other bonds between the inhabitants and the flora. In this study, information was obtained on 50 traditional uses distributed in 60 species and 32 families. The inhabitants surveyed were 27 women and 21 men, and it was confirmed that women use a greater diversity of plant families than men. A segregation was detected in the recognition of flora according to ailments associated with gender; women use plants associated with menstrual diseases and for emmenagogue treatments. The knowledge that women have and the tasks they perform in health care are associated with gender roles and are preserved between generations; however, the social recognition of this knowledge is oriented more towards those who have specialized knowledge, particularly healers.

**Keywords:** flora, medical botany, gender research, traditional medicine, ethnobotany.

## Introducción

### Etnobotánica: historia, flora y sociedad

El término *etnobotánica* fue propuesto en 1896 por John W. Harshberger, quien inicialmente lo definió como un área que se encargaba de documentar el uso económico de las plantas. En 1950 Harold C. Conklin estudió las sociedades tradicionales a través de los patrones de uso de la vegetación (Quave & Pieroni, 2015). Actualmente, es el conocimiento tradicional de cualquier comunidad que está sujeta a cambios durante el tiempo, este conocimiento se gana, se hereda o se pierde. Los estudios etnobotánicos enfocados en las plantas medicinales suelen centrarse en poblaciones

cuya relación con la naturaleza es más directa, como lo son los pueblos indígenas y las culturas rurales (Pardo de Santayana & Gómez, 2002; Dunn & Burney, 2007; Mesquita & Tavares-Martins, 2018). La etnobotánica permite interpretar el conocimiento por el cual la humanidad está capacitada para tratar con las plantas de manera efectiva y sostenible, el registro de información sobre especies que pueden ser relevantes para la solución a diversos problemas y contribuye a conservar la biodiversidad. Por su naturaleza interdisciplinar, reúne áreas como la antropología, biología, botánica, química, medicina, farmacología, toxicología, ecología, sociología, historia y arqueología, esto permite un amplio rango de enfoques y aplicaciones, aunado a diferentes objetivos y metodologías (Blanco & Morales, 1994; Martin, 2001; Bermúdez *et al.*, 2005; Carreño Hidalgo, 2016).

### **Antecedentes en el país y la región**

En Colombia sobresalen las contribuciones de Yepes (1953), quien realizó la distinción de algunas especies utilizadas en la medicina tradicional del país. Autores como Fonnegra y Villa (2011), Angulo *et al.* (2012), Rueda y Torres (2017), que han trabajado en el oriente antioqueño, en Pasto y en Sogamoso, respectivamente, determinan la importancia relativa de especies medicinales. Además, recopilan información sobre su uso ancestral por comunidades para remediar distintas afecciones. En dichas contribuciones, las familias más versátiles e importantes son Lamiaceae y Asteraceae, con mayor diversidad de especies. En Pasto se incluye Apiaceae y en el oriente antioqueño Poaceae. Carreño (2016) realizó un análisis de los estudios sobre las plantas medicinales usadas por las diferentes comunidades del Valle de Sibundoy, Alto Putumayo, en donde se destacan las familias Aristolochiaceae, Malpighiaceae y Solanaceae, de importancia en la cultura Kamëntzá, consideradas mágico-religiosas y medicinales.

En la región de la Orinoquia, David (2015) caracterizó el uso tradicional de las plantas presentes en los departamentos del Meta, Casanare y Arauca. Se categorizaron cuatro tipos de usos: flora medicinal, comestible, producción comercial y cosmética. Además, se reportaron 70 especies en donde la mayoría no tienen usos industriales definidos. Rátiva *et al.* (2019) realizaron un estudio donde se presentan los patrones de uso de la flora y la vegetación boscosa de la serranía de Manacacías. Para ello, se tuvo información de cinco tipos de uso: comestible, maderable, medicinal, ornamental y protección de cuencas. Asimismo, se documentaron 191 especies con algún uso. El recurso maderero fue el más recurrente con 178 especies. La familia con el mayor número de géneros y especies usadas fue Fabaceae, seguida por Rubiaceae y Arecaceae.

### **Metodología**

Este estudio sigue las consideraciones epistemológicas y metodológicas habituales de la labor etnobiológica (Albuquerque *et al.*, 2014; Jiménez-Escobar, 2019), recurriendo a la complementariedad de los análisis cualitativos y cuantitativos.

## Área de estudio

El departamento de Casanare ocupa cerca del 4% del territorio nacional y se ubica al noroccidente de la Orinoquía colombiana. Se caracteriza por planicies altas no inundables y planicies bajas inundables; las primeras están conformadas por llanuras aluviales (Usma & Trujillo, 2011). Paz de Ariporo se caracteriza por su territorio plano, piso térmico cálido, en el que aparecen sabanas inundables “hiperestacionales”, circundadas por numerosos caños y corrientes menores. Hace parte del bioma subxerofítico tropical, pedozonobioma, agrupado por sabanas naturales tropicales del piso térmico cálido, que pueden verse afectadas por incendios periódicos (Pyrhoclimax). Respecto a su vegetación, se han registrado bosques semicaducifolios, con tres estratos bien diferenciados, aunque predominan pastizales y arbustales, dominados por *Axonopus purpusii* (Mez) Chase y *Cuphea antisiphilitica* Kunth., con presencias bajas de *Rhynchospora nervosa* (Vahl) Boeckeler y *Pterogastra divaricata* (Bonpl.) Naudin (Parra, 2005; Benavides & Meléndez, 2019; Minorta-Cely, 2020).

## Fase de campo

Se realizaron dos salidas de campo en el año 2022. En enero se hizo un reconocimiento del área y de la población con un conversatorio, y en junio se hicieron encuestas y recolección de datos. Como medida de referencia, se usó el nivel básico de organización en biología; el inventario de las especies (diversidad *Alpha*) para obtener una evaluación sobre algunas formas de apropiación que los habitantes de la zona hacen sobre la flora (Minorta-Cely & Rangel-Ch., 2014; Rátiva-Gaona *et al.*, 2019). Mediante las encuestas semiestructuradas (tabla 1), se consignaron nombres comunes de las plantas, su utilidad principal, la parte de la planta aprovechada, la forma de uso y los tratamientos que se le realizan para consumirse y las categorías en las que se agruparon los usos dados a las especies (Albuquerque *et al.*, 2014; David, 2015).

Tabla 1. Encuesta semiestructurada

Sub-uso
Nombre de la planta (común)
Como la reconoce ¿tipo de flor, hoja, colores distintivos?
¿Dónde la encuentra?
¿Qué parte usa?
¿Cómo la procesa/consume?
Disponibilidad de la planta

Fuente: Elaboración propia.

Para caracterizar otros vínculos entre los habitantes y la flora, se realizaron caminatas etnobotánicas de herborización guiadas y conversatorios (Albuquerque *et al.*, 2014; Jiménez-Escobar, 2019), así como recorridos a campo con recolección de las especies vegetales relacionadas con la flora medicinal. Los especímenes botánicos recolectados fueron preservados y depositados en el Herbario Nacional Colombiano.

A partir de nombres comunes, de registro fotográfico y recolección de las especies reportadas en las encuestas, se realizó la determinación taxonómica con el sistema de clasificación APG IV (APG IV, 2016).

## Análisis de datos

Con base en lo planteado por Phillips (1996) y Giraldo *et al.* (2009), la importancia cultural de las plantas medicinales se evaluó a través de técnicas cuantitativas de análisis de consenso de las personas encuestadas. Para ello se usaron:

- *Índice de versatilidad farmacológica (IVF modificado)*: toma en cuenta el número de usos tradicionales citados para cada familia, así como el número de categorías de enfermedades en las cuales se distribuyen dichos usos. Para el análisis de los datos, se establecieron categorías de versatilidad: muy alta (entre 1,5 y 2), alta (entre 1 y 1,5), media (entre 0,5 y 1) y baja (< 0,5).
- *Nivel de uso significativo TRAMIL (NUS modificado)*: muestra que los usos tradicionales citados con una frecuencia igual o superior a 20% se consideran significativos desde la aceptación cultural, por lo que merecen su evaluación y validación científica.

Los datos obtenidos de las encuestas realizadas se ordenaron en dos matrices de presencia/ausencia de cada familia botánica por género (femenino/masculino) y por rango de edad. Se expresaron las relaciones género-familia mediante un grafo con estadísticas de grado medio, diámetro de red no dirigido y modularidad con 1.0 de resolución en el paquete estadístico Gephi 0.9.2. Se realizó un análisis de interacción mediante una matriz de adyacencia con valores 1 y 0, donde 1 indica una interacción (la familia fue mencionada) y 0 que no hay interacción (la familia no fue mencionada).

## Resultados y discusión

### Inventario etnobotánico

Se obtuvo información de 15 categorías de uso (tabla 2), se reseñaron 60 especies, 54 géneros y 33 familias, con al menos un uso. Las eudicotiledóneas son las que presentan el mayor número de usos, con un total de 132, seguidas de monocotiledóneas (20), Magnoliophytas (13) y por último la Polypodiophyta (1) (tabla 3).

Tabla 2. Categorías de usos

Categoría de usos	Usos tradicionales	N.º de usos t.	%
Cáncer	Cáncer	1	2
Diurético	Diurético	1	2
Estimulante	Afrodisiaco	1	2
Febrífugo	Fiebre	1	2
Hipoglucemiantes	Diabetes	1	2
Antibiótico	Infecciones, infecciones pulmonares	2	4

Continúa...

... viene

Categoría de usos	Usos tradicionales	N.º de usos t.	%
Antihipertensivo	Tensión, presión	2	4
Tranquilizante	Ansiedad, estrés	2	4
Antiemético	Vómito, soltura, mareo	3	6
Respiratorios	Alergias, tos, gripa	3	6
Antiinflamatorio	Amigdalitis, inflamación, sinusitis, gastritis	4	8
Antiséptico	Cicatrizar, ceguera, mugre en los ojos, heridas	4	8
Emenagogo	Dolor menstrual, matriz, menstruación, quistes en los ovarios, partos, fortalece el útero	6	12
Depurativo	Riñones, intoxicación, limpiar cataratas, limpiar la sangre, hígado, páncreas, parásitos, estreñimiento y purga	9	18
Analgésico	Dolor corporal, dolor de cabeza, dolor de estómago, dolor de garganta, dolor de huesos, dolor de muela, dolores, dolores físicos, golpes, reumatismo	10	20
<b>Total</b>		<b>50</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.** Distribución de los usos tradicionales y categorías de uso en grandes jerarquías taxonómicas

Clase	Nro. de especies	Nro. de usos tradicionales	Nro. de categorías de uso
Eudicotiledóneas	50	132	101
Monocotiledóneas	5	20	12
Magnoliophytas	4	13	10
Polypodiophyta	1	1	1

Fuente: elaboración propia.

Las 60 especies corresponden a 54 géneros y 33 familias botánicas (tabla 4). A nivel de familias, las mejores representadas en cuanto a número de especies y género fueron: Lamiaceae (3 géneros / 6 especies), seguida por Asteraceae (5/5), Anacardiaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae (3/3), Myrtaceae y Rutaceae (2/3), quienes en conjunto aportan el 45 % de las especies registradas. De las 26 familias restantes, 7 estuvieron representadas por 2 géneros y 2 especies. Estos resultados coinciden con tendencias encontradas en estudios realizados en comunidades rurales, donde Asteraceae y Lamiaceae predominan entre las plantas medicinales. Dichas preferencias se deben a que la mayoría de plantas se caracterizan por tener hábito herbáceo y arbustivo, hecho que favorece su propagación en áreas cercanas a las residencias (Stepp & Moerman, 2001; González & Yamith, 2006; Zambrano-Intriago *et al.*, 2015).

**Tabla 4.** Distribución de riqueza de la flora medicinal según familias, géneros y especies en la vereda La Motuz

Familia	Nro. de géneros	Nro. de especies
Lamiaceae	3	6
Asteraceae	5	5
Anacardiaceae	3	3
Euphorbiaceae	3	3
Fabaceae	3	3
Myrtaceae	2	3
Rutaceae	2	3
Amaranthaceae	2	2
Asparagaceae	2	2
Moraceae	2	2
Plantaginaceae	2	2
Solanaceae	2	2
Urticaceae	2	2
Verbenaceae	2	2
Crassulaceae	1	2
Suma de las 15 familias más ricas	36 (66,7%)	42 (70%)
Resto de familias (18)	18 (33,3%)	18 (30%)
<b>Total general</b>	<b>54</b>	<b>60</b>

Fuente: elaboración propia.

## Índices y significados culturales

Al estimar cuantitativamente la importancia relativa de las especies mencionadas, se encontró que *C. citratus* (Limonaria) presentó los niveles más altos de versatilidad, con nueve usos tradicionales pertenecientes a cinco categorías de usos distintos, junto a *O. basilicum* (Albahaca) con ocho usos tradicionales reportados y seis categorías, ambas plantas con un valor (IVF = 1,5) (tabla 5).

Tabla 5. Plantas medicinales usadas en Paz de Ariporo

Familias	Especie	Nombre común	Usos tradicionales	Origen	Hábito	Parte de la planta	Preparación	IVF	NUS
Amaranthaceae	<i>Pfaffia sp.</i>	Ampicilina	Infecciones	Nativo	Arbusto	Hojas	Infusiones, baños	<0,1	6,3
Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Paico	Purga, soltura, estreñimiento, gripa, purga	Nativo	Hierba	Hojas, corteza	Zumo, maceración	0,8	8,3
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Jobo	Heridas, soltura, dolor corporal, fiebre, dolor de huesos	Nativo	Árbol	Corteza, hojas	Infusión, maceración	1,3	6,3
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	Tos, dolores, gripa, malestar, dolor de cabeza	Introducido	Árbol	Hojas	Infusión	0,6	14,6
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Merey	Circulación, dolor de cabeza	Nativo	Árbol	Hojas	Infusión	0,1	2,1
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	Guanabano	Gripa, tos, infecciones pulmonares, dolor de garganta	Nativo	Árbol	Hojas	Infusión	1,1	4,2
Apiaceae	<i>Eryngium foetidum</i>	Cilantro	dolor menstrual, infección, dolor de estómago	Nativo	Hierba	Raíz, hoja	Decocción	0,5	4,2
Asparagaceae	<i>Furcraea cabuya</i>	Fique	Alergias	Nativo	Arbusto	Semilla	Maceración	<0,1	4,2
Asparagaceae	<i>Dracaena trifasciata</i>	Espada de david	Cáncer, dolor de cabeza, dolor de estómago	Introducido	Hierba	Hojas	Infusión	0,4	2,1
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	Guasca	Gripa, fiebre, diabetes, limpiar sangre, mareo, tensión, dolor de cabeza	Nativo	Hierba	Hojas	Zumo	<0,1	8,3
Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Altamisa	Fiebre, dolor de estómago, dolor menstrual, reumatismo, dolores físicos	Nativa	Arbusto	Hojas, flor	Infusión	0,8	14,6
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i>	Arnica	Golpes, heridas, dolores	Introducido	Arbusto	Flor, hojas	Baños, infusión	0,4	20,8
Asteraceae	<i>Hypochaeris radicata</i>	Diente de león	Hígado, riñones, páncreas	Introducido	Hierba	Hojas	Infusión	0,4	2,1
Asteraceae	<i>Tagetes sp.</i>	Amapola***	Amigdalitis, fiebre	Nativo	Arbusto	Flor, hojas	Infusión	0,3	2,1
Basellaceae	<i>Anredera cordifolia</i>	Insulina	Purga	Nativo	Hierba	Hojas	Infusión	<0,1	4,2
Bignoniaceae	<i>Crescentia amazonica</i>	Totumo	Tos, soltura, intoxicación, tos	Nativa	Árbol	Hojas	Infusión	0,5	4,2
Boraginaceae	<i>Symphytum officinale</i>	Consuelda	Dolor de huesos	Introducido	Arbusto	Hojas	Infusión	0,0	2,1
Convolvulaceae	<i>Dichondra sp.</i>	Mato	Alergia, dolor de cabeza, fiebre, gripa	Nativo	Hierba	Hojas	Zumo	0,8	12,5
Costaceae	<i>Costus guanaiensis</i>	Cañeja	Tos, sinusitis, Cáncer, gripa	Nativo	Hierba	Flor	Infusión	0,5	2,1
Crassulaceae	<i>Kalanchoe pinnata</i>	Lengua de suegra	Cáncer	Introducida	Sub arbusto	Hojas	Infusión	<0,1	2,1

Continúa...

... viene

Familias	Especie	Nombre común	Usos tradicionales	Origen	Hábito	Parte de la planta	Preparación	IVF	NUS
Crassulaceae	<i>Kalanchoe pinnata</i>	Colombiana	Tos, riñones, quistes en los ovarios	Introducido	Sub arbusto	Hojas	Maceración, infusión	0,5	4,2
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita maxima</i>	Ahuyama	Partos	Introducido	Hierba	Flor	Baños	<0,1	2,1
Cyperaceae	<i>Rhynchospora sp.</i>	Totes	Gripa, tos	Nativo	Hierba	Flor, hojas	Infusión	0,1	2,1
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	Heridas	Introducido	Árbol	Hojas	Infusión	<0,1	2,1
Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i>	Yuca	Soltura	Nativa	Arbusto	Almidón	Maceración	<0,1	2,1
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>	Piñón	Deshinchar, purga, heridas, cicatrizar	Nativo	Árbol	Hojas, semillas	Maceración	0,6	6,3
Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i>	Brusca	Soltura	Nativo	Arbusto	Hojas	Infusión	<0,1	6,3
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	Dormidera	Dolor de muela	Nativo	Arbusto	Flor	Maceración	<0,1	4,2
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón	Tos	Nativo	Árbol	Hojas	Infusión	0,0	10,4
Gesneriaceae	<i>Columnnea dimidiata</i>	Sangre de cristo	Limpia piel, limpiar sangre	Nativo	Arbusto	Hojas	Ungüento, infusión	0,1	2,1
Lamiaceae	<i>Origanum mejorana</i>	Mejorana	Soltura	Introducido	Hierba	Raíz	Maceración	<0,1	12,5
Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i>	Orégano	Tos	Introducido	Hierba	Hojas	Infusión	<0,1	4,2
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	Albahaca	Gripa, ansiedad, dolor de cabeza, muge en los ojos, presión, dolor de estómago, vómito, fiebre	Introducido	Arbusto	Hojas, semillas	Infusión	1,5	27,1
Lamiaceae	<i>Mentha spicata</i>	Hierbabuena	Gripa, dolor de estómago, dolor estómago, ansiedad, fiebre, parásitos, dolor menstrual, dolor de cabeza	Introducida	Hierba	Hojas	Baños	1,4	50,0
Lamiaceae	<i>Mentha piperita</i>	Menta	Gripa, vómito, estrés, dolor menstrual, fiebre	Introducido	Hierba	Hojas	Infusión	1,0	25,0
Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i>	Poleo	Afrodisíaco, gripa, dolor de estómago	Introducido	Hierba	Hoja	Infusión, zumo	0,4	10,4
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	Higueron	Amigdalitis	Nativo	Árbol	Hojas	Infusión	<0,1	4,2
Moraceae	<i>Maclura sp.</i>	Palo de mora	Dolor de muela	Nativo	Árbol	Látex (mancha)	Ungüento	<0,1	6,3
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Infecciones	Introducido	Árbol	Hoja	Infusión	<0,1	4,2
Myrtaceae	<i>Psidium sp.</i>	Guayabo	Soltura	Nativo	Arbusto	Raíz, hoja, fruto	Infusión, zumo	0,3	2,1
Myrtaceae	<i>Plantago sp.</i>	Arrayan	Dolor de estómago, soltura	Nativo	Hierba	Hojas	Infusión	0,1	2,1
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo sabanero	Soltura, gripa	Nativo	Árbol	Raíz, hojas	Infusión	0,0	8,3

Continúa...

... viene

Familias	Especie	Nombre común	Usos tradicionales	Origen	Hábito	Parte de la planta	Preparación	IVF	NUS
Oleaceae	<i>Jasminum sp.</i>	Jazmin	Ceguera	Introducido	Arbusto	Flor	Infusión	<0,1	4,2
Phytolaccaceae	<i>Petiveria alliacea</i>	Anamú	Dolor de cabeza, gripa, soltura, vómito, Cáncer, tos, heridas	Nativo	Arbusto	Hojas, raíz	Baños, vaporización, maceración	1,3	12,5
Piperaceae	<i>Piper aequale</i>	Cordoncillo	Heridas, inflamación	Nativo	Arbusto	Hojas	Infusión, baños	0,3	8,3
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	Llantén	Gastritis, fiebre, limpiar cataratas, riñones, ojos, infección	Introducido	Hierba	Hojas	Baños	0,9	6,3
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i>	Paraguay	Soltura, partos	Nativo	Arbusto	Hojas	Baños, infusión	0,3	6,3
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i>	Limonaria	Gripa, tensión, estrés, dolor de cabeza, ansiedad, dolor menstrual, tensión, fiebre, tos	Introducida	Hierba	Hojas	Infusión	1,5	58,3
Polypodiaceae	<i>Phlebodium aureum</i>	Rabo de mono	Riñones	Nativo	Hierba	Hojas	Infusión	<0,1	4,2
Rutaceae	<i>Citrus sp.</i>	Mandarino	Gripa	Introducido	Árbol	Hojas	Infusión	<0,1	4,2
Rutaceae	<i>Citrus × limon</i>	Limon castillo	Dolor de estómago, dolor de cabeza, gripa, fiebre, tos	Introducido	Árbol	Hojas, fruto	Zumo	1,0	10,4
Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i>	Ruda	Fortalece el útero, gastritis, matriz	Introducida	Hierba	Hojas	Decocción, maceración	0,4	8,3
Scrophulariaceae	<i>Capraria sp.</i>	Pericón	Soltura, dolor de estómago	Nativo	Arbusto	Hojas	Infusión	0,3	4,2
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	Hierba mora	Heridas	Introducido	Hierba	Hojas	Zumos, infusión	<0,1	4,2
Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i>	Tabaco	Infecciones, dolor de estómago, gastritis	Introducida	Hierba	Hoja	Infusión	0,5	2,1
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i>	Ortiga	Alergia	Introducida	Hierba	Hojas	Infusión	<0,1	4,2
Urticaceae	<i>Parietaria debilis</i>	Palitaria	Diurético	Introducida	Arbusto	Hojas	Infusión	<0,1	2,1
Verbenaceae	<i>Lantana sp.</i>	Carraquillo	Menstruación	Nativo	Arbusto	Flor	Infusión	<0,1	2,1
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta sp.</i>	Verbena blanca	Fiebre	Nativo	Arbusto	Hojas	Maceración, infusión	<0,1	2,1
Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i>	Jengibre	Gripa, tos, infecciones pulmonares, dolor de garganta	Introducido	Hierba	Raíz	Infusión	0,6	2,1

Fuente: elaboración propia con la información recolectada de la encuesta semiestructurada.

*Annona muricata* L. (Guanabano), *Citrus × limon* (L.) Osbeck (Limon castillo), *M. spicata* (Hierbabuena), *M. piperita* (Menta), *Petiveria alliacea* L. (Anamú) y *Spondias mombin* L. (Jobo) tienen un nivel alto de versatilidad, lo cual significa que poseen entre 6-8 usos tradicionales (IVF entre 1,0-1,4). Estas ocho especies, altamente versátiles desde el punto de vista etnofarmacológico, representan 13,3% del total de plantas documentadas. Otras 12 especies (20%) mostraron versatilidad media (IVF entre 0,5 y 0,9), con 3 a 5 usos reportados. Las 40 especies restantes (66,6%) presentaron baja versatilidad (IVF < 0,5), mencionadas para uno o dos usos distintos. Dentro de este último grupo, 26 especies (20,73%) tienen un único uso tradicional mencionado por los habitantes encuestados.

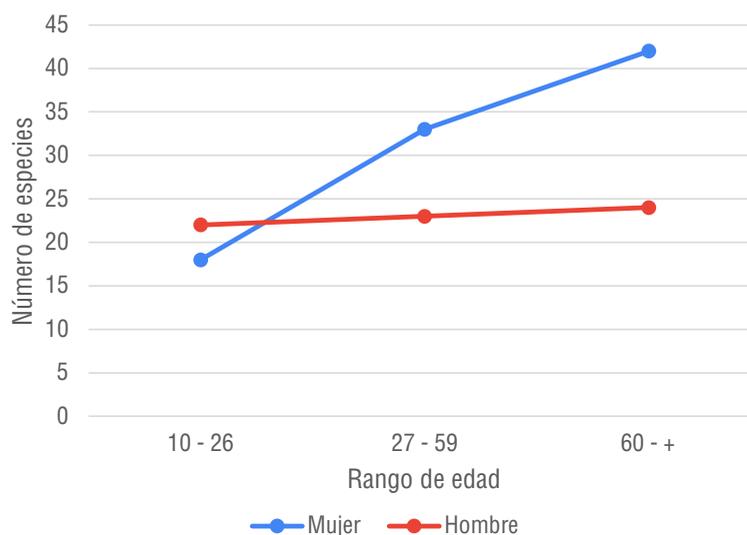
En cuanto al *nivel de uso significativo* (NUS), de 60 especies tan solo cinco (8,3%) poseen usos significativos, es decir, fueron citadas para algún uso tradicional determinado por varios de los habitantes encuestados. La especie con NUS más alto (58,3%) fue *C. citratus* (Limonaria), que es usada principalmente para tratar las gripes comunes, seguida de *M. spicata* (Hierbabuena) (NUS = 50%), así como la *O. basilicum* (Albahaca), *M. piperita* (Menta) y *T. diversifolia* (NUS > 20%). De todas las especies reportadas, 55 (91,6%) poseen un bajo nivel de uso significativo (NUS menor 15%), lo que hace referencia a bajos reportes en las entrevistas. Esto sugiere que son especies que están entrando en desuso y que, por tanto, su permanencia en la zona está en manos de los habitantes que aún la usan y que mantienen este conocimiento.

Esta proporción de especies con NUS es baja en comparación con estudios de plantas medicinales utilizadas en comunidades campesinas de los Andes venezolanos (Bermúdez & Velázquez, 2002; Giraldo *et al.*, 2009). Este resultado parece indicar que entre los habitantes de La Motuz no existe un consenso intercultural: el conocimiento tradicional sobre plantas medicinales no está heredado.

## Interacciones por género

El papel que desempeñan los hombres y las mujeres en los trabajos suele ser resultado de las relaciones sociales y genéricas. Esto influye en que sus conocimientos y habilidades en relación con el manejo de los recursos ambientales sean diferentes. Tener en cuenta los saberes de ambos géneros es indispensable para hacer visible este conocimiento (Medina *et al.*, 2011).

La diferencia en el conocimiento de la flora medicinal (figura 1) entre mujeres y hombres está asociada a los roles de género. Las mujeres reciben de sus madres, abuelas o suegras conocimientos y recomendaciones prácticas sobre el cuidado, la prevención y la atención de la salud, mediante legados inter- e intrageneracionales. Al ser madres, aprenden con otras de mayor edad, quienes les transmiten conocimientos y prácticas terapéuticas tradicionales. Esta transmisión de conocimiento garantiza la permanencia de saberes, pero no ha definido con exactitud su permeabilidad a nuevas prácticas o al desuso de algunas (Castro, 2000; Medina *et al.*, 2011).

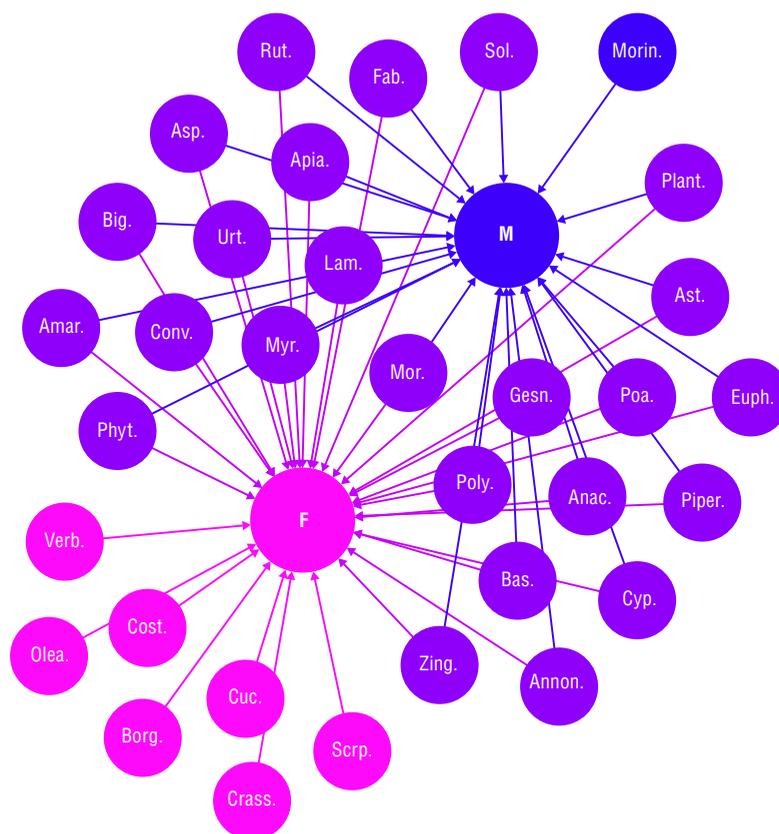


**Figura 1.** Identificación y uso de la flora medicinal por género y rango de edad.

**Fuente:** elaboración propia.

La figura 2 representa el reconocimiento de la flora medicinal según género, por lo cual se encuentra dividida en femenino (F) y masculino (M); y con base en estas categorías relaciona a las siguientes familias: Amaranthaceae (Amar), Anacardiaceae (Anac), Annonaceae (Annon), Apiaceae (Apia), Asparagaceae (Asp), Asteraceae (Ast), Basellaceae (Bas), Bignoniaceae (Big), Boraginaceae (Borg), Convolvulaceae (Conv), Costaceae (Cost), Crassulaceae (Crass), Cucurbitaceae (Cuc), Cyperaceae (Cyp), Euphorbiaceae (Euph), Fabaceae (Fab), Gesneriaceae (Gesn), Lamiaceae (Lam), Moraceae (Mor), Moringaceae (Morin), Myrtaceae (Myr), Oleaceae (Olea), (Papav), Phytolaccaceae (Phyt), Piperaceae (Piper), Plantaginaceae (Plant), Poaceae (Poa), Polypodiaceae (Poly), Rutaceae (Rut), Scrophulariaceae (Scrp), Solanaceae (Sol), Urticaceae (Urt), Verbenaceae (Verb) y Zingiberaceae (Zing).

Los habitantes encuestados estuvieron divididos entre 27 mujeres y 21 hombres. Las mujeres usan mayor riqueza de familias de plantas a diferencia de los hombres. La única familia que no fue mencionada en las encuestas por las mujeres es Moringaceae, que fue citada como antibiótico para sanar infecciones. Por otro lado, los hombres no mencionaron 7 familias de las 32 documentadas: Boraginaceae, Costaceae, Oleaceae, Scrophulariaceae. Sobresalen por su distinción para fines ginecológicos Crassulaceae, que es usada para quistes en los ovarios, Cucurbitaceae, usada para partos, y Verbenaceae usada para menstruación. Estas últimas tres se usan para tratar afecciones emenagogas. A nivel de especies, para usos emenagogos se resalta *Lantana* sp. (Carraquillo); su único uso se da preparando su flor en infusiones para dolores menstruales. La flor de *Cucurbita maxima* Duchesne (Ahuyama) es usada para asistir partos por medio de baños.

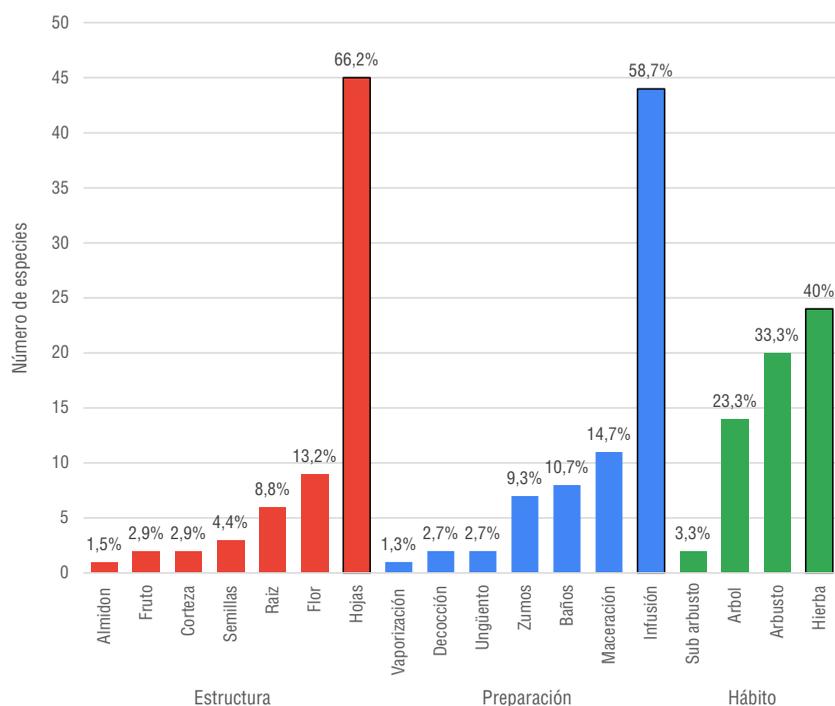


**Figura 2.** Red de interacción entre género y familias de plantas medicinales.  
Fuente: elaboración propia.

## Usos y su segregación según aspectos florísticos

Se registraron 50 usos, distribuidos en 15 categorías de enfermedades y problemas de salud (tabla 2). Se vio que una misma planta puede ser usada para el tratamiento de varios problemas de salud, correspondientes a diferentes categorías de enfermedades. El mayor número de reportes estuvo relacionado con analgésicos (20%), depurativos (18%), emenagogos (12%), antisépticos y antiinflamatorios (8%), cada uno, y respiratorias y antieméticos (6%), cada uno.

La figura 3 presenta las estructuras de la planta, que son usadas para tratar enfermedades o dolencias. Una misma especie puede tener hasta tres estructuras vegetales que se pueden usar. Al respecto, se reporta que mayormente se usan las hojas (66,2%) para tratar diferentes dolencias, seguidas por la flor (13,2%) y la raíz (8,8%). Los demás órganos no superan el 5%. Las hojas son las más usadas por los pobladores de diferentes regiones. Estas se preparan en baños, zumos e infusiones para tratar varias enfermedades, de las cuales las más frecuentes son afecciones respiratorias, dolores corporales y estomacales, así mismo como antibióticos y emenagogos (Campos Arroba, 2018).



**Figura 3.** Principales formas de preparación de las plantas en la medicina tradicional de Paz de Ariporo, Casanare.

**Fuente:** elaboración propia.

Los resultados concuerdan con estudios que referencian a las hojas como el órgano predominante para tratar diferentes dolencias. Por ejemplo, Hernández *et al.* (2021) documentaron 212 preparaciones de plantas medicinales para los habitantes de la comunidad indígena Pijao en Natagaima, cuya parte más usada son las hojas (con un 46,7%). Por otro lado, Angulo *et al.* (2012) revelan, mediante entrevistas, que los habitantes del corregimiento de Genoy, destacan las hojas como las estructuras más usadas en la preparación de la medicina, con 89,47%, del total de menciones en este estudio. El alto porcentaje en el uso de las hojas evidencia que los habitantes conocen de alguna manera que la mayor concentración de los compuestos medicinales se encuentra en las hojas. Hay especies como *M. spicata* (Hierbabuena) o *M. piperita* (Menta) que poseen en sus hojas aceites esenciales y otros componentes con propiedades medicinales (Vademécum, 2008; Parrado, 2014).

Se registraron diferentes formas de preparación de la flora medicinal. La más común son las infusiones, con un 58,7%, seguido de maceración (14,7%) y baños (10,7%). Las infusiones son la manera más común de preparar la flora medicinal, ya que provee un óptimo resultado en los tratamientos de enfermedades, como dolores de estómago (purgantes), calmar los nervios (tranquilizante) y afecciones respiratorias, limpieza y purificación de órganos como hígado y riñón; además pueden ser estimulantes (Angulo *et al.*, 2012).

Según el hábito de crecimiento, las hierbas son las más usadas (40%), seguidas por los arbustos (33,3%); esto gracias a su fácil disponibilidad. Luego sigue el arborescente (23,3%) y, por último, el subarbusto (3,3%). La flora medicinal con hábito de crecimiento herbáceo tiene una mayor frecuencia de uso y existe un mayor conocimiento de sus propiedades, en cuanto al poder curativo se refiere. Se destacan dentro de esta categoría de plantas herbáceas, tanto las silvestres como las que son cultivadas en huertos, debido a que los habitantes utilizan los cultivos como base de autoconsumo (Beyra *et al.*, 2004; Ángulo *et al.*, 2012).

## Consideraciones finales

Los habitantes de La Motuz conocen, manejan, utilizan y se apropian de los recursos herbáceos y arbustivos en prácticas medicinales de su diario vivir. Se documentaron 60 especies medicinales, agrupadas en 54 géneros y 33 familias, de las cuales 24 especies son hierbas y 20, arbustos. Estas se usan para tratar cerca de 50 dolencias diferentes. En la zona de estudio el conocimiento de la medicina tradicional es presente, relevante y dinámico. Esto significa que prácticas de uso y desuso están en constante cambio.

Los índices usados para determinar la importancia cultural (IVF y NUS), destacaron a *C. citratus* (Limonaria) por su alto valor en ambos índices (IVF = 1,5) y (NUS = 58,3%). Los habitantes manifiestan que es una planta que ayuda a curar y prevenir la gripa, tos, fiebre, problemas relacionados con la tensión, el estrés, la ansiedad, el dolor menstrual y de cabeza. Aunque sea una especie introducida es culturalmente importante, ya que se encuentra vinculada a las prácticas cotidianas de los habitantes de La Motuz.

Se detectó una segregación en el reconocimiento de la flora según las dolencias asociadas al género. Las mujeres usan plantas asociadas a enfermedades menstruales y para tratamientos emenagogos. El conocimiento que las mujeres tienen y las tareas que desempeñan en el cuidado de la salud se asocian a los roles de género que han sido asignados a lo largo del tiempo, y son conservados entre generaciones. Sin embargo, el reconocimiento social de estos saberes se orienta más hacia quien tiene conocimientos especializados, particularmente hacia las curanderas.

## Referencias

- Albuquerque, U. P., Ramos, M. A., de Lucena, R. F. P. & Alencar, N. L. (2014). Methods and techniques used to collect ethnobiological data. En U. P. Albuquerque, L. V. Fernandes, R. Farias, R. Nobrega, *Methods and techniques in ethnobiology and ethnoecology* (pp. 15-37). Humana Press.  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-8636-7>

- Angulo, A. F., Rosero, R. A. & González Insuasti, M. S. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, municipio de Pasto, Colombia. *Universidad y salud*, 14(2), 168-185. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072012000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072012000200007)
- APG IV (Angiosperm Phylogeny Group IV). (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Benavides, S. F. & Meléndez, A. (2019) *Sistema agroecológico en ganadería para la producción de carne. Caso estudio Finca El Palmar, Paz de Ariporo, Casanare* [trabajo de grado, Universidad El Bosque]. Repositorio Universidad El Bosque. <https://bityl.co/Nptm>
- Bermúdez, A., Oliveira-Miranda, M. A. & Velázquez, D. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia*, 30(8), 453-459. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442005000800005](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000800005)
- Beyra, Á., León, M., Iglesias, E., Ferrándiz, D., Herrera, R., Volpato, G. & Álvarez, R. (2004). Estudios etnobotánicos sobre plantas medicinales en la provincia de Camagüey (Cuba). In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 61, No. 2, pp.185-204).
- Blanco, E. & Morales, R. (1994). Etnobotánica. *Revista de dialectología y tradiciones populares*, 49(2), 205.
- Carreño, P. C. (2016). *La etnobotánica y su importancia como herramienta para la articulación entre conocimientos ancestrales y científicos* [trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional Universidad Distrital. <https://bit.ly/4lvz4pt>
- Castro, R. (2000). La Vida en la Adversidad: el Significado de la Salud y la Reproducción en la Pobreza. CRIM-UNAM. *Región y Sociedad*, 14(25), 257-269. <https://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v14n25/v14n25a11.pdf>
- David, E. H. O. (2015). Usos tradicionales de las plantas de la Orinoquia colombiana. *UGCiencia*, 21, 16-37. <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/419>
- Dunn, L. & Burney, L. (2007). Ethnobotany, the science of survival: a declaration from Kaua'i. *Economic Botany*, 61(1), 1-2. <https://bit.ly/3UeNC0A>
- Fonnegra-Gómez, R. & Villa-Londoño, J. (2011). Plantas medicinales usadas en algunas veredas de municipios del altiplano del oriente antioqueño, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 33(95), 219-250. <https://bit.ly/44Fi600>
- Giraldo, D., Baquero, E., Bermúdez, A. & Oliveira-Miranda, M. A. (2009). Caracterización del comercio de plantas medicinales en los mercados populares de Caracas, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 32(2), 267-301. <https://www.redalyc.org/pdf/862/86214152001.pdf>

- González, T. & Yamith, J. (2006). Uso tradicional de plantas medicinales en la vereda San Isidro, municipio de San José de Pare (Boyacá): un estudio preliminar usando técnicas cuantitativas. *Acta Biológica Colombiana*, 11(2), 137-146. <https://bit.ly/452xCVE>
- Jiménez-Escobar, N. D. (2019). Etnobotánica asociada al ámbito ganadero: conocimiento, uso y conservación de los recursos vegetales en las Sierras de Ancasti (Catamarca) [tesis doctoral, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Institucional CONICET Digital. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/79101>
- Jiménez-Escobar, N. D. & Rangel-Churio, J. O. (2012). La abundancia, la dominancia y sus relaciones con el uso de la vegetación arbórea en la Bahía de Cispatá, Caribe Colombiano. *Caldasia*, 34(2), 347-366. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/72880>
- Martin, G. (2001). *Etnobotánica: Manual de métodos. Nordan-Comunidad*. WWF-UK-UNESCO-Kew Royal Botanic Garden.
- Mendoza, A. H., Niño, M. Á., Chaloupková, P. & Fernández-Cusimamani, E. (2021). Estudio etnobotánico del uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Pijao en Natagaima, Colombia. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 20(5), 482-495.
- Mesquita, U. & Tavares-Martins, A. C. C. (2018). Etnobotánica de plantas medicinales en la comunidad de Caruarú, Isla del Mosqueiro, Belém-PA, Brasil. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17(2), 130-159. <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/40/34>
- Minorta-Cely, V. (2020). *La vegetación de la Orinoquia colombiana: riqueza, diversidad y conservación* [tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78181>
- Minorta-Cely, V. & Rangel, J. (2014). El clima de la Orinoquia colombiana. En J. Rangel, *Colombia, diversidad biótica XIV: la región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 153-206). Universidad Nacional de Colombia.
- Pardo, M. & Gómez, E. (2002). Etnobotánica: aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 60(1), 171-182. <https://bityl.co/Npvu>
- Parra, J. P. L. (2005). *Biodiversidad y conservación en los parques nacionales naturales de Colombia. Una aproximación histórico-geográfica a escala 1:1.000.000*. <https://bityl.co/Npw7>
- Phillips, O. L. (1996). Some quantitative methods for analyzing ethnobotanical knowledge. *Advances in Economic Botany*, 10, 171-197. <https://www.jstor.org/stable/43927619>
- Quave, C. L. & Pieroni, A. (2015). Plant science's human factor. *Nature Plants*, 1(1503). <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.13>

- Rátiva, D., Rangel-Ch., J. O., Concha-M, A. & Minorta-Cely, V. (2019). Patrones de uso y amenaza a la flora y la vegetación de la serranía de Manacacías (Meta) Orinoquia Colombia. En J. Rangel (ed.), *Colombia, diversidad biótica XVII: la región de la Serranía de Manacacías (Meta) Orinoquia colombiana* (pp. 359-384). Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/4m0V5wh>
- Reyes, A. E. (2014). La investigación y el uso de plantas medicinales visto a través de la escuela. *Infancias Imágenes*, 13(2), 91-110.
- Rueda, M. G. & Torres, M. T. (2017). Etnobotánica y usos de las plantas de la comunidad rural de Sogamoso, Boyacá, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 187-206. <https://doi.org/10.22490/21456453.2045>
- Stepp, J. R. & Moerman, D. E. (2001). The importance of weeds in ethnopharmacology. *Journal of ethnopharmacology*, 75(1), 19-23.
- Usma, J. S. & Trujillo, F. (eds.). (2011). *Biodiversidad del departamento de Casanare: ecosistemas estratégicos del departamento*. <https://bit.ly/40Y4In9>
- Vademécum Colombiano de Plantas Medicinales. (2008). Totumo. En *Plantas aprobadas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA)*.
- Vásquez, B., Martínez, B., Aliphath, M. & Aguilar, A. (2011). Uso y conocimiento de plantas medicinales por hombres y mujeres en dos localidades indígenas en Coyomeapan, Puebla, México. *Interciencia*, 36(7), 493-499. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33919424004>
- Yepes Agredo, S. (1953). Introducción a la etnobotánica colombiana. *Publicaciones de la Sociedad Colombiana de Etnología*.
- Zambrano-Intriago, L. F., Buenaño-Allauca, M. P., Mancera-Rodríguez, N. J. & Jiménez-Romero, E. (2015). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas por los habitantes del área rural de la parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador. *Universidad y Salud*, 17(1), 97-111. <https://bit.ly/4eRG0ul>

# Ilustración científica: el arte de comunicar ciencia

Scientific illustration: the art of communicating science

Andrés Merchán Ríos<sup>1</sup>

## Resumen

La comunicación visual ha sido una herramienta fundamental en la transmisión y comunicación del conocimiento a lo largo de la historia, al superar barreras de lenguaje, culturales y geográficas. La ilustración es una parte importante de la comunicación visual. Además, la comunicación científica, es una herramienta esencial que permite organizar, transmitir y comunicar el conocimiento a través de la representación visual. La ilustración científica permite transformar y comunicar información compleja, en una representación visual precisa, objetiva y de fácil comprensión. La ilustración científica facilita la transmisión y comunicación del conocimiento; asimismo, expone características y detalles de un objeto de estudio. De igual manera, permite representar conceptos, sistemas o procesos altamente complejos. La comunicación visual de la ciencia permite la divulgación del conocimiento, promueve el interés en temas científicos y facilita la comunicación con públicos diversos.

**Palabras clave:** ilustración científica, comunicación científica, divulgación científica.

## Abstract

Visual communication has been a fundamental tool in the transmission and communication of knowledge throughout history, overcoming language, cultural, and geographical barriers. Illustration is an important part of visual

## Créditos

### Autor

<sup>1</sup> Docente de ilustración científica, docente acompañante del Semillero en Investigación Botánica de la Universidad Central (SIBUC), Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central.  
Correo electrónico: [amerchanr@ucentral.edu.co](mailto:amerchanr@ucentral.edu.co)

## Cómo citar:

Merchán, A. (2021). Ilustración científica: el arte de comunicar ciencia. *Ingeciencia*, 7, 94-101.

communication. Additionally, scientific communication is an essential tool that allows organizing, transmitting, and communicating knowledge through visual representation. Scientific illustration enables the transformation and communication of complex information into a precise, objective, and easily understandable visual representation. Scientific illustration facilitates the transmission and communication of knowledge; likewise, it exposes characteristics and details of a study object. Similarly, it allows representing highly complex concepts, systems, or processes. Visual communication of science enables the dissemination of knowledge, promotes interest in scientific topics, and facilitates communication with diverse audiences.

**Keywords:** scientific illustration, scientific communication, scientific divulgation.

## Introducción

Una de las formas en las que la humanidad ha documentado y transmitido el conocimiento a través del tiempo ha sido por medio de la comunicación visual. Esta consiste en el intercambio de información entre personas a través de representaciones visuales, sin necesidad de palabras. Su importancia reside en una cualidad fundamental: la universalidad. Asimismo, sobrepasa barreras de lenguaje, culturales, etarias o geográficas; además, es una herramienta que permite transmitir información de manera mucho más eficiente y comprensible para el espectador (Günay, 2021).

La comunicación visual es una de las formas más importantes de comunicación. En comparación con la comunicación verbal, tiene mayor capacidad de conectar y permanecer en la mente de la sociedad y las personas. En la ciencia va más allá de la divulgación del conocimiento, estimula el interés por profesiones afines a la ciencia y brinda confianza en la comunidad científica; incluso, llega a personas que no tienen intereses particulares en la ciencia (Günay, 2021; Rigutto, 2017; Treise & Weigold, 2002).

Las representaciones visuales son valiosas herramientas utilizadas por los investigadores para comprender conceptos, exponer resultados y comunicar hallazgos científicos y conocimientos. Pueden ser abstractas, simbólicas o literales. Para la comunicación científica, se requieren competencias científicas para estructurar la información y competencias creativas para transmitir la información de manera veraz, clara y eficiente (Castellano, 2020; Cerviño *et al.*, 2015; Corazza & Macaуда 2021; Garcês, 2021; Köppen, 2007; Rodríguez & Davis 2015).

La ilustración es una parte fundamental de la comunicación visual. Constituye una representación visual de un tema específico, que tiene como finalidad complementar

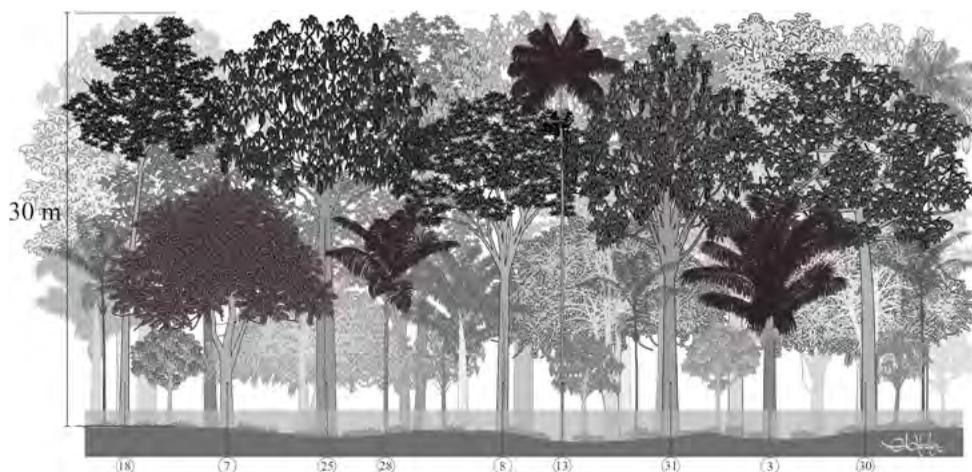
un texto, para hacer más comprensible el tema expuesto. Por consiguiente, permite transmitir información. A su vez, apoya los procesos de producción mental, almacenamiento y uso de una imagen, lo cual favorece el aprendizaje y la comprensión. Dichas representaciones ayudan a orientar la atención a la información más importante de un texto y facilitan así su procesamiento. Además, mejoran la memoria a corto y largo plazo sobre los temas allí expuestos (Eilam y Poyas, 2010; Gilbert, 2008; Günay, 2021; Hernández-Muñoz & Barrio, 2016).

La ilustración en la comunicación científica cumple la función de organizar, transmitir y comunicar el conocimiento de manera atractiva. Representa un componente fundamental en la comunicación de la ciencia, gracias a su potencial didáctico. Los elementos visuales fortalecen los procesos cognitivos del individuo y permiten la construcción de imágenes mentales de los conceptos. Por tal motivo, es una herramienta indispensable para la transmisión del conocimiento, es una forma de comunicación visual que ayuda a entender conceptos complejos que, presentados de otra forma, serían más difíciles de comprender (Cervino *et al.*, 2015; Corazza & Macaudo, 2021; Hernández-Muñoz & Barrio, 2016).

## La ilustración científica

Es una disciplina que abarca un conjunto de técnicas de representación gráfica enfocadas a la comunicación de la ciencia. Dentro de este conjunto se encuentran: ilustración tradicional, fotografía, ilustración digital, video, animaciones, modelos 3D y realidad aumentada (Corazza & Macaudo, 2021; Hernández-Muñoz & Barrio, 2016).

Comprende varias ramas en las que sobresalen: ilustración botánica, astronómica, paleontológica, médica y anatómica, zoológica, geológica, antropológica, veterinaria, etnológica, arqueológica y cartográfica. Permite dar forma a información compleja e, incluso, crear representaciones visuales de conceptos, en los casos en donde no se cuenta con un referente físico, por ejemplo, las reconstrucciones de organismos o hábitats extintos (ilustración paleontológica), escenas del espacio exterior (ilustración astronómica), hasta procesos (por ejemplo, el crecimiento de una planta) y sistemas complejos (como un bosque) (figura 1).



**Figura 1.** Perfil idealizado de un bosque en las selvas transicionales de Cumaribo (Vichada, Colombia).

**Fuente:** elaboración propia con base en Minorta-Cely (2020).

Se basa en la observación y en el uso de habilidades técnicas y estéticas para generar una representación precisa y rigurosa que permita comunicar hallazgos y conocimientos científicos. También ayuda a mejorar el aspecto de la publicación. La exactitud es fundamental, pues, si la representación es errónea, pierde su carácter científico (Castellano, 2020; Cerviño *et al.*, 2015; Köppen, 2007; Loos, 2000; Marques, 2017).

Representa visualmente y de manera clara información sobre la forma, características y detalles de una especie o del objeto de estudio. De igual manera, permite comunicar visualmente conceptos, sistemas o procesos altamente complejos. Es más difícil transmitir esta información por escrito, pues el lector debe hacer una reconstrucción mental de la información, presentada en forma de texto, números, ecuaciones, etc., lo que puede dar lugar a confusión o a interpretaciones erradas (Hernández-Muñoz & Barrio 2016; Köppen, 2007; Loos 2000; Marques, 2017).

Su finalidad es mostrar la información de manera eficiente, didáctica, accesible y con una estética atractiva y, así, generar interés en el tema expuesto. Además, resalta aquellos aspectos que el investigador o grupo de investigación consideren relevantes. Es un complemento valioso a los resultados de la investigación científica (Hernández-Muñoz & Barrio, 2016; Ortega-Alonso, 2022).

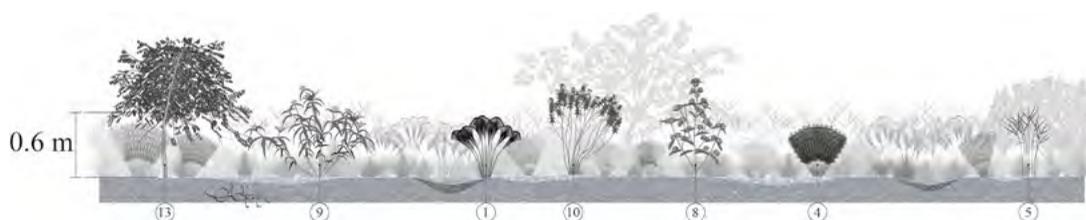
En el estudio de la botánica es imprescindible para determinar especies. Un ejemplo de su importancia: en el caso de las plantas, sirve para diferenciar aquellas que tienen un uso medicinal de las que son venenosas (Castellano, 2020).

La difusión del conocimiento es parte primordial de la ciencia. La ilustración científica es de vital importancia en el ámbito científico, como un medio para transmitir el conocimiento por parte de los diferentes profesionales científicos (Hernández-Muñoz & Barrio, 2016; Marques, 2017).

## Importancia de la ilustración científica

La ilustración científica está presente a lo largo de la trayectoria académica y en el ejercicio de la ciencia para representar diversidad de elementos, organismos, sistemas, procesos y fenómenos (naturales y del universo). Permite revelar lo que es imperceptible a simple vista: desde lo micro (por ejemplo, las moléculas) hasta lo macro (por ejemplo, el universo) (Castellano 2020; Köppen, 2007; Cerviño *et al.*, 2015; Rigutto, 2017).

Se considera como arte al servicio de la comunicación científica. Su finalidad es representar de manera precisa, objetiva, clara y comprensible el arquetipo del objeto de estudio. Es decir que tiene como objetivo representar a la especie, en lugar de representar a un individuo. En comparación con la fotografía, que capta un espécimen en un momento determinado, una ilustración puede representar en una imagen los rasgos visibles, así como las características no visibles y, adicionalmente, resaltar o enfatizar los aspectos que el investigador o grupo de investigación consideren relevantes (figura 2) (Castellano, 2020; Cerviño *et al.*, 2015; Köppen, 2007).



**Figura 2.** Perfil idealizado de un pastizal en los bancos y las playas estacionales de la llanura de desborde del río Meta (Meta, Colombia).  
**Fuente:** elaboración propia con base en Minorta-Cely (2020).

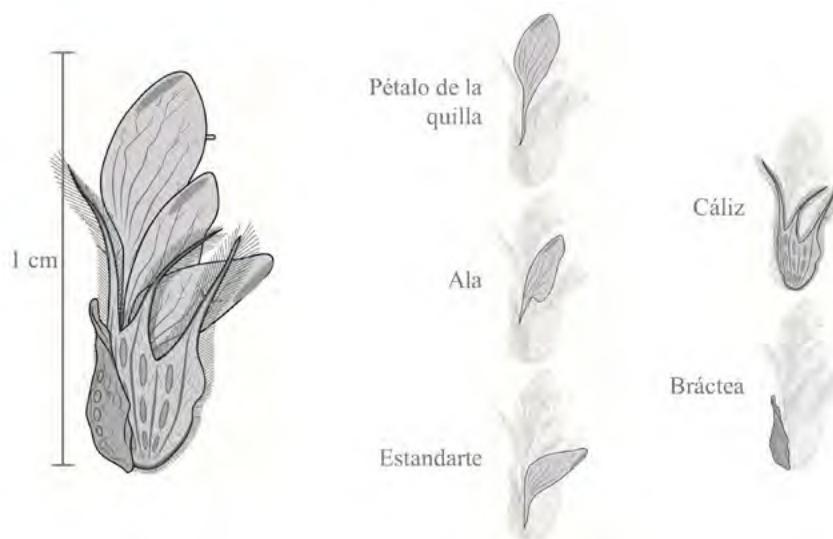
Un factor determinante es la capacidad del ilustrador para transformar la información en una representación creativa y estética que facilite la comprensión de la información. Por consiguiente, aporta en gran medida al desarrollo científico, permite transmitir y difundir el conocimiento a diferentes audiencias (público científico y no científico) (Bickford, 2012; Castellano, 2020; Cerviño *et al.*, 2015; Garcês, 2021; Köppen, 2007; Ortega-Alonso, 2022).

## El ilustrador científico

Es un artista experto que debe transformar la información en una representación visual que debe ser exacta, objetiva y de fácil comprensión para el público. Por ejemplo, en el caso de la ilustración botánica, el material obtenido en campo se compone de descripciones (texto), muestras (fragmentos vegetales), fotografías y, en algunos casos, bocetos. El ilustrador debe transformar este material en una representación visual exacta y comprensible. Además, esta representación visual debe fusionar estética y funcionalidad, presentar el contenido de manera más atractiva para el público, hacer énfasis en los aspectos clave y generar curiosidad sobre el tema expuesto (Castellano, 2020; Corazza & Macaуда, 2021; Ortega-Alonso, 2022).

Durante el proceso de desarrollo de una ilustración científica, el artista debe adquirir conocimientos sobre el tema que va a representar. Este debe trabajar en conjunto con la persona o grupo a cargo de la investigación para que la ilustración sea veraz y tenga un valor científico consistente con los resultados que se presentan (Cerviño *et al.*, 2015; Ortega-Alonso, 2022).

En síntesis, debe tener la capacidad para generar distintas vistas de un objeto, hacer énfasis en características clave, reconstruir visualmente ejemplares dañados o en mal estado. El artista, gracias a su capacidad de observación, tiene habilidades para encontrar lo que otras personas pasan por alto. El ilustrador científico debe revelar diferentes tipos de información en dibujos de despiece, transparencias o dibujos de secciones, vistas en corte, transversales y escalas (figura 3). Esta información visual es de suma utilidad en la publicación (Castellano, 2020; Cerviño *et al.*, 2015; Marques, 2017; Root-Bernstein & Root-Bernstein, 2004).



**Figura 3.** Vista lateral de la flor de *Dalea wilsonii* con detalles de sus partes.

**Fuente:** elaboración propia con base en Piñeros y González (2019).

## Agradecimientos

Al profesor Vladimir Minorta Cely por su confianza y colaboración para la realización de este escrito. A la Dra. Ana Patricia Rozo Balcer. A las profesoras Aída Wilches y Ángela Navas, por su buena actitud y disposición.

## Referencias

Bickford, D., Rose, M., Qie, L., Campos-Arceiz, A. & Kudavidanage, E. (2012). Science communication for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 151(1), 74–76. <https://doi.org/fzfkgd>

- Castellano, M. (2020). Ilustración naturalista, botánica y científica: un oportuno lugar de encuentro. *Conservación Vegetal*, (24), 1-5. <https://bityl.co/OER6>
- Cerviño, C., Correia, F. & Alcaraz, M. (2015). Scientific Illustration. An indispensable tool for knowledge transmission. En D. Villa y F. Zuccoli, *Proceedings of the 3rd International Conference of Illustration and Animation* (pp. 261-277). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-25906-7>
- Corazza, L. & Macaudo, A. (2021). Visual communication in research: a third space between science and art. *Research on Education and Media*, 13 18-27. <https://sciendo.com/article/10.2478/rem-2021-0008>
- Eilam, B. & Poyas, Y. (2010). External Visual Representations in Science Learning: The case of relations among system components. *International Journal of Science Education*, 32(17), 2335-2336. <https://doi.org/10.1080/09500690903503096>
- Garcês, A. (2021). Art and science: The importance of scientific illustration in veterinary medicine. *International Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry*, 6(3), 30-33. <https://www.veterinarypaper.com/archives/2021/6/3/A/6-3-5>
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. En J. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh, *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 3-24). Springer Netherlands. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-5267-5>
- Günay, M. (2021). Design in Visual Communication. *Art and Design Review*, 9(2), 109-122. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=108268>
- Hernández-Muñoz, O. & Barrio de Santos, A. R. (2016). Necesidad de normalización en ilustración científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 160-175. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2959>
- Köppen, E. (2007). Las ilustraciones en los artículos científicos: reflexiones acerca de la creciente importancia de lo visual en la comunicación científica. *Investigación bibliotecológica*, 21(42), 33-64. <https://doi.org/mg77>
- Loos, E. M. (2000). Evaluating scientific illustrations: Basics for editors. *Science Editor*, 23(4), 124-125. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a6fc49a562d07ff2a144251d4aa4c8d3a09d5904>
- Marques, D. (2017). Scientific Illustration overview. En O. Pombo (ed.), *Image in Science and Art* (pp. 175-182). Fim de Século. [https://www.researchgate.net/publication/315444889\\_Scientific\\_Illustration\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/315444889_Scientific_Illustration_Overview)
- Minorta-Cely, V. & Rangel-Ch, O. (2020). *La vegetación de la Orinoquia Colombiana: riqueza, diversidad y conservación* [tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78181>
- Ortega-Alonso, D. (2022). Artistic Personality in Scientific Illustration: A Case Study. En R. Shin & K. Hutzler, *Borderless: Global Narratives in Art Education* (pp.368-381). <https://doi.org/mg78>

- Piñeros-U, L. P. & González, F. (2019). Nueva especie de Dalea (Leguminosae: Papilionoideae) de matorrales interandinos secos del sur de Colombia y clave para identificación de las especies del género en el país. *Caldasia*, 41(1). <https://doi.org/mg79>
- Rigutto, C. (2017). The landscape of online visual communication of science. *Journal of Science and Communication* 16(2), 1-9. <https://doi.org/mdpc>
- Rodríguez Estrada, F. & Davis, L. (2015). Improving visual communication of science through the incorporation of graphic design theories and practices into science communication. *Science Communication*, 37(1), 140-148. <https://doi.org/f6xwxv>
- Root-Bernstein, R. & Root-Bernstein, M. (2004). Artistic scientists and scientific artists: The link between polymathy and creativity. Creativity: From potential to realization. En R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko y J. L. Singer (eds.), *Creativity: From potential to realization* (pp. 127-151). American Psychological Association. <https://doi.org/bb97t5>
- Treise, D. & Weigold, M. (2002). Advancing science communication: a survey of science communicators. *Science Communication*, 23(3), 310-322. <https://doi.org/dcgfxs>

# Aspectos de composición florística e íctica en los bosques inundables de la Orinoquia colombiana\*

Aspects of floristic and ichthyic composition in the flooded forests of the Colombian Orinoquia

Laura Milena Galindo-Basabe<sup>1</sup>, Ginna Nathalie Hernández-Méndez<sup>2</sup> y Diego Alberto Chacón-Pinilla<sup>3</sup>.

## Resumen

Con la intención de recopilar información sobre la composición florística e íctica de la Orinoquia colombiana, se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos, se seleccionaron los artículos relacionados con la riqueza de especies de flora e ictiofauna en ríos, cauces y bosques inundables. A nivel florístico se documentaron 140 familias, 786 géneros y 2215 especies. La familia Rubiaceae (417) representa el mayor número de especies, seguida por Poaceae (190), Fabaceae (126) y Melastomataceae (105), Arecaceae, Moraceae y Annonaceae. En lo que respecta a la riqueza íctica, documentada para la cuenca del Orinoco, se encontraron 53 familias, 363 géneros y 1002 especies. Sobresalen las familias Characidae y Loricariidae como las más representativas. El conocimiento de la riqueza en la Orinoquia colombiana es determinante para la evaluación del aprovechamiento y las conexiones entre los sistemas biológicos que allí se desarrollan, con el fin de examinar las amenazas actuales y futuras que dependen de estos ambientes acuáticos.

**Palabras clave:** flora, ictiología, bosques, llanura, Orinoquia.

## Abstract

With the intention of gathering information about the floristic and ichthyic composition of the Colombian Orinoquia, a

\* Esta contribución hace parte del trabajo de grado para optar al título de biólogas de las autoras Laura Milena Galindo-Basabe y Ginna Nathalie Hernández-Méndez.

## Créditos

### Autores

- <sup>1</sup> Estudiante del pregrado en Biología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Semillero de Investigación Botánica (SIBUC).  
Correo electrónico: [lgalindob1@ucentral.edu.co](mailto:lgalindob1@ucentral.edu.co)
- <sup>2</sup> Estudiante del pregrado en Biología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Semillero de Investigación Botánica (SIBUC).  
Correo electrónico: [g Hernandezm2@ucentral.edu.co](mailto:g Hernandezm2@ucentral.edu.co)
- <sup>3</sup> Docente del pregrado en Biología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central.  
Correo electrónico: [dchaconp@ucentral.edu.co](mailto:dchaconp@ucentral.edu.co)

## Cómo citar:

Galindo-Basabe, L. M., Hernández-Méndez, G.N., y Chacón-Pinilla, D. A. (2022). Aspectos de composición florística e íctica en los bosques inundables de la Orinoquia colombiana. *Ingeciencia*, 7, 102-115.

bibliographic review was conducted in databases, selecting articles related to the species richness of flora and ichthyofauna in rivers, channels, and floodplain forests. At the floristic level, 140 families, 786 genera, and 2215 species were documented. The Rubiaceae family (417) represents the highest number of species, followed by Poaceae (190), Fabaceae (126), and Melastomataceae (105), Arecaceae, Moraceae, and Annonaceae. Regarding ichthyic richness, documented for the Orinoco basin, 53 families, 363 genera, and 1002 species were found. The families Characidae and Loricariidae stand out as the most representative. Knowledge of richness in the Colombian Orinoquia is crucial for assessing utilization and connections among biological systems developed there, in order to examine current and future threats that depend on these aquatic environments.

**Keywords:** flora, ichthyology, forest, plains, Orinoquia, flooded forest, floristic, richness, freshwater fish.

## Introducción

La Orinoquia colombiana ha sido definida como una región natural y una cuenca hidrográfica, pues los ríos que conducen sus aguas hasta el Orinoco (Bustamante *et al.*, 2019) de norte a sur las establecen el río Arauca, el río Inírida y el Guaviare; de occidente a oriente, el río Orinoco y la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, extendida en dirección este, entre la cordillera Oriental y el macizo Guayanés, que conecta hacia el sur con los bosques húmedos de la Amazonia (Schargel, 2007; Lasso *et al.*, 2010; Minorta-Cely, 2020). Así mismo, el territorio está conformado por sendas extensiones de pastizales, matorrales y bosques, unidades características de las sabanas neotropicales del Oriente extrandino (Rangel *et al.*, 1995).

Los biomas, paisajes, unidades fisiográficas y ecosistemas de la Orinoquia colombiana se han diferenciado a partir de condiciones altitudinales, climáticas, geográficas y biológicas. La región se divide en las siguientes unidades de paisaje: piedemonte, planicies aluviales y altillanura. Actualmente se reconocen cinco subregiones 1. Andino-orinoquense (páramo, selva andina y subandina, piedemonte); 2. Llanos Orientales (llanuras inundables ríos Arauca, Capanaparo, Meta, Guayabero y Guaviare); 3. Andén orinoquense (altillanura residual y afloramientos rocosos entre Puerto Inírida y Puerto Carreño); 4. Transicional Amazonia-Orinoquia (altillanuras al sur del río Vichada); 5. Sierra de La Macarena (núcleo montañoso relacionado con el Escudo Guayanés); estas incluyen zonas de transición entre Amazonia-Orinoquia, Andes-Orinoquia y formaciones del Escudo Guayanés (Molano, 1998; Rippstein *et al.*, 2001; Correa *et al.*, 2006; Bustamante *et al.*, 2019). A partir de un enfoque fisiográfico, la cuenca de la Orinoquia se divide en tres grandes provincias: 1. Megacuenca de sedimentación; 2. Cordillera Oriental; 3. Cratón Guayanés (IGAC, 1999; Correa *et al.*, 2006).

Dado el origen y la composición de sus suelos, aquellos más cercanos a la cordillera se caracterizan por ser de origen coluvial y estar compuestos por gravas y gravillas. Hacia el Oriente son muy finos de origen coluvio-aluvial y son producto de los sedimentos depositados que provienen de la cordillera Oriental. Hacia el Nororiente, están compuestos por materiales transportados por el viento de arenas finas y limos que forman médanos. Por último, hacia el Norte son de naturaleza aluvial y eólica, compuestos principalmente por arenas y arcillas, que los convierten en suelos mal drenados (Cortés, 1986; Rangel *et al.*, 1995; Vera, 2017). Estas particularidades en su condición hidrogeológica la han categorizado en: Orinoquia mal drenada, cuya distribución geográfica está determinada por la cercanía a la cordillera Oriental y al río Meta, compuesta de tres unidades fisiográficas, el piedemonte andino, la llanura aluvial y llanura eólica. En paralelo, la Orinoquia bien drenada conformada por cuatro zonas (piedemonte o sabanas planas, sábanas disectadas u onduladas y andén Orinoquense) (Goosen, 1963, 1971; FAO, 1965; Cortés, 1986; Rangel-Ch *et al.*, 1995; Rippstein, 2001; Minorta-Cely & Rangel-Ch., 2014).

La llanura aluvial se ubica por donde pasa el río Meta en la margen izquierda de la falla generada por un hundimiento durante el Pleistoceno, con valles encajonados en montañas y colinas con llanuras de desborde amplias que, por lo general, presentan desde relieve plano hasta ligeramente ondulado, constituido por sedimentos de origen aluvial y, en menor porcentaje, coluvio-aluvial de diferentes tamaños y composiciones (Correa, Ruíz & Arévalo, 2006). A lo largo de estas, se extienden franjas de palmares mixtos y bosques que pueden ser inundables, semiinundables y, en algunos casos, no inundables (Oppenheim, 1942; Hubach, 1954; Blydenstein, 1967; Schargel, 2007 y 2015; Jaramillo & Rangel-Ch., 2014; Minorta-Cely *et al.*, 2019; Rátiva & Rangel-Ch, 2019).

Durante los periodos de mayor precipitación, toda la llanura está cubierta debido a su cercanía con los ríos y arroyos. A medida que el agua desciende, la zona de inundación es un complejo mosaico de hábitats terrestres y acuáticos, con zonas pantanosas de transición (Scarano, 1998; Veneklaas *et al.*, 2005; Suárez *et al.*, 2014). Es necesario entender el desarrollo de los bosques inundables, como zonas de transición acuático-terrestres del litoral móvil, condicionados por los periodos de precipitación, en donde desbordan cauces de ríos y otros cuerpos de agua como madrevejas, cañadas y lagunas de inundación que, a su vez, pueden conectar con bajos, esteros o bijaguales (Lasso *et al.*, 2014).

La vegetación en la región se caracteriza por la dominancia de formaciones abiertas. Con una matriz herbácea, se extiende sin un dosel arbóreo uniforme, con pastizales, herbazales y plantas leñosas de bajo porte o en ocasiones de palmas (Sarmiento, 1994; Fernández *et al.*, 2011). A su vez, los bosques asociados a áreas con estacionalidad hídrica tienen una menor extensión y presentan una gran variedad de comunidades vegetales, relacionadas con diferentes patrones del paisaje, que son producto de la interacción entre eventos geológicos, procesos climáticos y características geomorfológicas y edáficas que han modelado el paisaje en los Llanos Orientales de Colombia (Rangel-Ch, *et al.*, 1998; FAO, 1965).

El territorio es heterogéneo. Hay terrazas de al menos tres niveles, que se formaron sobre taludes de influencia fluvio-lacustre, en los que aparecen cuerpos de agua lénticos y cauces menores de 50 cm hasta los dos metros de altura en los ríos y caños (Villarreal-Leal & Maldonado-Ocampo, 2007). La fisionomía y la estructura de los bosques de las llanuras aluviales están definidas por hasta cuatro estratos bien diferenciados, con individuos dispersos de hasta 30 m altura. El estrato arbolitos (5-12 m) y arbóreo inferior (12-25 m) concentran el mayor número de individuos y de especies (Rangel *et al.*, 1995; Minorta-Cely, 2013; Minorta-Cely & Rangel-Ch., 2014; Minorta-Cely *et al.*, 2017; Minorta-Cely, Rangel-Ch & Aymard, 2018; Minorta-Cely, 2020), los cuales aparecen de manera alternada, escalonada y disgregada (según sea el caso), en medio de una matriz compuesta por pastizales arbolados, matorrales y herbazales de ambientes acuáticos. Por su parte, la riqueza en los bosques de las llanuras de inundación a lo largo de los ríos del neotrópico proporciona alimento y hábitat para la fauna y flora, que incluye una gran diversidad de peces de agua dulce. La sincronía entre la alta producción de frutos y los altos niveles de agua brinda un potencial alimento para las especies presentes en las zonas de transición (Townsend, 1989; Pringle *et al.*, 1988; Poole, 2002, Schöngart *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2010).

Respecto a publicaciones e inventarios de la ictiofauna de los afluentes del río Orinoco, en Colombia los trabajos de Mojica (1999), Lasso *et al.*, (2004), Maldonado-Ocampo (2006) sentaron precedentes. Los autores mencionan alrededor de 627 especies para Colombia y 939 para Venezuela (en total 990) representativas para la cuenca. Entre tanto, para la zona del Casanare y sus afluentes, los trabajos de Urbano-Bonilla (2009) y Maldonado-Ocampo *et al.* (2013) documentaron un aproximado de 168 especies para el área del piedemonte. Sin embargo, hasta el momento no se han realizado estudios específicos para los bosques inundables. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo identificar las especies de plantas y peces asociadas a los bosques inundables en la llanura aluvial orinoquense. Dicho estudio se desarrolló a partir la pregunta ¿cuál es la composición florística e íctica asociada a bosques inundables en la llanura aluvial orinoquense?

## Metodología

Se realizó una revisión en la literatura con base en las metodologías de Snyder (2019) y Watson (2020): un proceso de identificación, selección y valoración a partir del uso de operadores booleanos (AND, NOT, OR). Se emplearon las siguientes combinaciones de palabras clave en español e inglés relacionadas con la pregunta de investigación: [Orinoquia O Bosque inundable O Bosque ripario O Bosque ribereño] y [Peces O Flora O Vegetación O Riqueza O Abundancia O Caracterización]. Con esta información, se filtraron los artículos a partir del título, el resumen y la versión completa. Así mismo, el rango temporal de los estudios usados fue entre los años 2010 y 2020, en especial lo relacionado con antecedentes y estudios sobre la composición, riqueza florística e íctica asociadas al área de estudio. Finalmente, se seleccionaron los estudios que informaron acerca de la riqueza de especies de flora e ictiofauna en bosques y cauces activos de la región.

## Resultados y discusión

Los estudios realizados hasta el momento respecto a la caracterización florística de los bosques asociados a la llanura aluvial en la Orinoquia indican que la riqueza está representada en 140 familias, 786 géneros y 2215 especies. La familia Rubiaceae (417) presenta el mayor número de especies, seguida por Poaceae (190), Fabaceae (126) y Melastomataceae (105), seguida por Arecaceae, Moraceae y Annonaceae. Las quince (15) familias más ricas concentran 52 % del total de la riqueza a nivel de género y el 59 % a nivel de especie (tabla 1) (Minorta-Cely, 2020).

**Tabla 1.** Familias con mayor número de géneros y especies en los bosques de la Orinoquia colombiana

Familias	Géneros	Especies
Rubiaceae	109	683
Fabaceae	105	405
Poaceae	78	271
Melastomataceae	37	207
Asteraceae	81	144
Cyperaceae	21	131
Malvaceae	38	123
Orchidaceae	48	92
Euphorbiaceae	33	83
Apocynaceae	32	77
Piperaceae	2	70
Bignoniaceae	23	68
Solanaceae	12	66
Araceae	15	65
Sapindaceae	15	64
Suma de las 15 familias más ricas	649 (52 %)	2549 (59 %)
Resto de familias	611 (48 %)	1797 (41 %)
<b>Total</b>	<b>1260</b>	<b>4346</b>

Fuente: Minorta-Cely *et al.*, 2019

A nivel florístico y estructural, sobresalen en el estrato arbóreo individuos de *Attalea butyracea* Mutis ex L.f., *Ficus insipida* Willd., *Mabea trianae* Pax., *Hyospathe elegans* Mart., *Syagrus sancona* H. Karst., entre otras. En el estrato arbolitos o arbustivo, generalmente se encuentran *Bactris major* Jacq., *Trophis racemosa* L. y familias como Myrtaceae, Rubiaceae. Por último, el estrato herbáceo presenta alta abundancia de familias de ambientes húmedos como Marantaceae, Heliconiaceae, Piperaceae, entre otras (Mora *et al.*, 2011; Minorta-Cely, 2020). Estos componen un 12,43 % de los hábitats presentes en el departamento, representados en 555 587 hectáreas (Veneklaas *et al.*, 2005; Pinzón *et al.*, 2011; Usma & Trujillo, 2011).

En los bosques de vega que conectan con los ríos Arauca y Guaviare, las especies dominantes pertenecen a los géneros *Ocotea*, *Nectandra*, *Brosimum*, *Eugenia*, *Protium* y *Pouteria*. En los morichales, *Mauritia flexuosa* L. tiene una dominancia marcada. Sus individuos pueden alcanzar 18 m de altura y, en consecuencia, la formación de un dosel casi homogéneo en el estrato superior y medio. En el inferior figuran especies como *Trichanthera gigantea* Bonpl., *Caraipa llanorum* Cuatrec., *Alchornea triplinervia* Spreng. y especies de *Protium*, *Vochysia* y *Cecropia*. De acuerdo con estudios anteriores, los bosques de terrazas bajas cercanos al río Guaviare se configuran en los estratos superiores ante la notoriedad de *Guarea* sp., *Protium rhoifolium* Benth., *Pera glabrata* Schott., *Virola sebifera* Aubl. y *Aspidosperma* sp. En el estrato medio, están *Guarea* sp., *V. sebifera* y *Attalea insignis* Mart., y en el inferior son frecuentes individuos de *Oenocarpus minor* Mart., *Scleria gaertneri* Raddi. y *Spathiphyllum cannifolium* Schott. (Rangel-Ch, et al., 1998).

Los patrones de riqueza y composición florística en la Orinoquia están representados a partir de los reportes en los diferentes departamentos que componen la región. El número de especies y registros difiere y sesga la información debido a la cantidad de estudios realizados por zonas de estudio (Veneklaas, et al., 2005; Romero-Duque, et al., 2018; Cabrera-Amaya et al., 2020). Sin embargo, se puede concluir que la riqueza se concentra en los bosques ribereños y sabanas (Minorta-Cely & Rangel-Ch., 2014b, Cárdenas, et al., 2016; Rangel-Ch. et al., 2019). En el piedemonte se destacan familias como Rubiaceae, Melastomataceae y Moraceae, así como Fabaceae, reconocidas entre las más importantes en el Neotrópico (Gentry, 1982, 1988; Castro-Lima, 2010; Pinzón-Pérez et al., 2011; Pérez et al., 2020; Cabrera-Amaya et al., 2020).

En una escala regional, ha sido documentado que la Orinoquia comparte valores de riqueza similares con la región Amazónica para los bosques, las familias mejor representadas son Fabaceae (241 especies / 69 géneros), Rubiaceae (215/54), Melastomataceae (176/30), Orchidaceae (88/44) y Apocynaceae (82/28); a su vez, los géneros más ricos son *Miconia* (52 especies), *Psychotria* (43), *Inga* (28), *Clusia* (32), *Piper* (31) y *Philodendron* (29) (Mendoza & Córdoba, 2018; Rangel-Ch et al., 2019). En un contexto hidrográfico esto es posible dado que hay conexiones de los bosques húmedos a partir de los corredores ribereños, lo cual permite el flujo de especies entre diferentes ecosistemas a partir de los cursos de agua asociados a las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas (Rosales et al., 1999; Pennington et al., 2000; Cabrera-Amaya et al., 2020).

Desde una perspectiva global, la riqueza y composición a nivel de géneros y especies en bancos, bajos y esteros es similar a la encontrada para dichos ambientes en otras sabanas inundables en la Orinoquia venezolana (Sarmiento et al., 1971; Torres et al., 2003; Romero-Duque et al., 2018; Mijares et al., 2019). La flora de los Llanos venezolanos está conformada, en su mayoría, por elementos de distribución neotropical al incluir las regiones Caribe (60%), Amazónica/Guayanesa (8%), Andina (12%), un grupo particular de especies únicas en los Llanos de Colombia y Venezuela (14%) que, al estar relacionadas con el régimen de precipitación, variaciones edáficas, relaciones hídricas, entre otros, permite que los llanos constituyan una zona de

convergencia de elementos florísticos provenientes de diferentes regiones (Minorta-Cely & Rangel-Ch., 2014; Aymard, 2017).

En lo que respecta a la ictiofauna de la Orinoquia colombiana, esta ha sido estudiada principalmente a través de estudios de carácter local para las familias con mayor representatividad en el país (Ortega-Lara *et al.*, 2006; Urbano-Bonilla *et al.*, 2014; Lasso *et al.*, 2010; DoNascimento *et al.*, 2017).

Por otra parte, se ha documentado, para la cuenca del Orinoco, 53 familias, 363 géneros y 1002 especies (tabla 2), distribuidas a lo largo de los diferentes hábitats, entre ellos, ríos de aguas blancas, claras y negras, caños, madre viejas, lagos y lagunas de rebalse, sabanas (esteros) y bosques inundados, morichales (Lasso *et al.*, 2010; Lasso *et al.*, 2014; Cala-Cala, 2019).

**Tabla 2.** Órdenes con mayor número de familias y géneros de la Orinoquia colombiana

Orden	Familias	Géneros	Especies
Characiformes	19	114	260
Siluriformes	11	125	225
Cichliformes	1	23	52
Gymnotiformes	5	17	39
Clupeiformes	2	5	7
Cyprinodontiformes	2	5	6
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>293</b>	<b>594</b>

Fuente: DoNascimento *et al.*, 2017

La diversidad de especies reportadas actualmente está dominada por los órdenes Characiformes (263 especies), Siluriformes (202) y Perciformes (41). En cuanto a familias con mayor riqueza, se registra Characidae (167), seguida por Loricariidae (64) y Cichlidae (38) (Lowe-McConnell 1987; Montaña, Layman & Taphorn, 2010; Usma & Trujillo, 2011).

En cuanto a los géneros y especies presentes en la cuenca, alrededor de 3,8% y 15%, respectivamente, son endémicos, tal como los peces asesinos del género (Rivulidae), así como los tetras *Schultzites axelrodi* (Géry, 1964) y *Gymnotichthys hildae* (Characidae) (Fernández-Yépez, 1950). Por esta razón, es importante vincular estudios a nivel local y regional que amplíen la escala de observación, debido a la alta heterogeneidad de paisajes y ecosistemas que conforman la región (Falcón *et al.*, 2003).

Al comparar estudios realizados en diferentes cuencas del país, como lo son el río Cauca y el río Cusiana, se identifica que los órdenes con mayor representación son Characiformes y los Siluriformes. Esta tendencia se explica al analizar la diversidad a nivel de familias, puesto que Characidae y Loricariidae cuentan con el mayor número de especies en estas cuencas. A partir de ahí, se encuentran diferencias entre los órdenes y familias que las componen (Ortega-Lara *et al.*, 2006; Maldonado *et al.*, 2008; Usma & Trujillo, 2011; Bustamante *et al.*, 2019).

Por otro lado, la cuenca del Amazonas guarda similitudes con el Orinoco, dadas las influencias de la plataforma Sudamericana, el escudo Guyanés y Brasileño y el centro y norte de los Andes. Además, las características ecológicas (altitud, la temperatura, la estacionalidad y la química del agua) también afectan el establecimiento de los peces de agua dulce neotropicales (Cala-Cala, 2019).

## Conclusiones

La riqueza de las especies debe ser interpretada bajo el contexto de las narrativas geológicas y geográficas de las cuencas hidrográficas.

La flora e ictiofauna de la Orinoquia colombiana ha sido estudiada principalmente a través de estudios de carácter local para las familias con mayor representatividad en el país (Lasso *et al.*, 2010). Por tanto, es importante vincular estudios a nivel local y regional debido a que, al aumentar la escala de observación, se puede evidenciar la alta heterogeneidad de paisajes y ecosistemas que conforman la región, así como diferencias en estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Falcón *et al.*, 2003). Adicionalmente, facilita la evaluación del aprovechamiento y las conexiones entre los sistemas biológicos que allí se desarrollan, con el fin de examinar las amenazas actuales y futuras que dependen de estos ecosistemas acuáticos.

## Agradecimientos

A la Universidad Central, al Semillero de Investigación Botánica (SIBUC) por sus aportes, a nuestros directores Vladimir Minorta-Cely y Diego Alberto Chacón por su guía y acompañamiento en todo este proceso.

## Referencias

- Aymard, G. (2017). Adiciones a la flora vascular de los Llanos de Venezuela: nuevos registros y estados taxonómicos. *Revista Biollania*, 1, 1-25. <https://bitly.co/OHDI>
- Blydenstein, J. (1967). Tropical savanna vegetation of the Llanos of Colombia. *Ecology*, 48(1), 1-15.
- Bustamante, C. (ed.). (2019). *Gran libro de la Orinoquia colombiana*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. <https://bitly.co/OHE9>
- Cabrera-Amaya, D., Giraldo-Kalil, L., Rivera-Díaz, O. & Castro-Lima, F. (2020). Riqueza, composición y distribución de las plantas vasculares en sabanas y bosques ribereños de la cuenca baja del río Pauto (Casanare-Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(173), 1018-1032. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1188>
- Cala-Cala, P. (2019). *Medio ambiente y diversidad de los peces de agua dulce de Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

- Cárdenas-López, D., Mendoza, H., González, M. F. & S. Sua, S. (2016). Flora de la cuenca del río Orinoco en Colombia: grado de conocimiento, uso y conservación. *Revista Colombia Amazónica*, 9, 93-146. <https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/9/7%20flora%20de%20la%20cuenca%20del%20ro%20orinoco%20en%20colombia%20grado%20de%20conocimiento%20uso%20y%20conservacin.pdf>
- Castro-Lima, F. (2010). Avance del conocimiento de la flora del Andén Orinoqués en el departamento del Vichada, Colombia. *Orinoquia*, 14(supl. 1), 58-67. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-37092010000300006&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-37092010000300006&script=sci_abstract&tlng=es)
- Correa, H. D., Ruiz, S. L. & Arévalo, L. M. (eds.) (2006). *Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco – Colombia. 2005-2015. Propuesta Técnica*. Corporinoquia, Cormacarena, IAvH, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF - Colombia, GTZ – Colombia.
- Cortés, A. (1986). *Las tierras de la Orinoquia, capacidad de uso actual y futuro*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- DoNascimento, C., Herrera-Collazos, E. E., Herrera-R, G. A., Ortega-Lara A., Villa-Navarro, F. A., Usmá-Oviedo, J. S. & Maldonado-Ocampo, J. A. (2017). Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. *ZooKeys*, 708, 25-138. <https://doi.org/mhff>
- Falcón, R., Hétier, J., Hernández, D., Schargel, R. & Zinck, A. (2003). Bosques de los llanos de Venezuela: consideraciones generales sobre su estructura y composición florística. En J. M. Aymard & R. López (comps.), *Tierras llaneras de Venezuela* (pp. 19-36). <https://bityl.co/OHFX>
- Fernández, C., Castellanos-Castro, C., Cardona, A., Pinzón-Pérez, L. & Vargas Ríos, O. (2011). Geología, geomorfología, clima y vegetación (Llanos de Casanare). En T. León, *Mamíferos, reptiles y ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare)* (pp. 49-73).
- Fernández-Yépez, A. (1950). Algunos peces del río Autana. *Novedades Científicas, Contribuciones Ocasionales del Museo de Historia Natural La Salle, Serie Zoológica*, 2(1-18), 1-3.
- Ferreira, L.V., Almeida, S. S. & Parolin, P. (2010). Amazonian white and black water floodplain forests in Brazil: large differences on a small scale. *Ecotropica*, 16(1), 31-41.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (1965). *Reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales. Colombia*. Tomo III: *la vegetación natural y la ganadería*.
- Gentry, A. H. (1982). Patterns of Neotropical Plant Species Diversity. En M. K. Hecht, B. Wallace & G.T. Prance (eds.), *Evolutionary biology* (pp. 1-84). Springer.
- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75(1), 1-34.

- Géry, J. (1964). Preliminary description of seven new species and two new genera of characoid fishes from the Upper Rio Meta in Colombia. *Tropical Fish Hobbyist*, 13(4), 25-32.
- Goosen, D. (1963). División fisiográfica de los Llanos Orientales. *Revista Nacional de Agricultura*, 55, 39-41.
- Goosen, D. (1971). *Physiography and soils of the Llanos Orientales, Colombia*. International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC).  
<https://bityl.co/OICY>
- Hubach, E. (1954). *Significado geológico de la Llanura Oriental de Colombia. Informe n° 1004*. Ministerio de Minas y Petróleo. <https://bityl.co/OICn>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (1999). *Paisajes fisiográficos de Orinoquia-Amazonia (ORAM) Colombia*. Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Investigación y Divulgación Geográfica.
- Jaramillo, A. & Rangel-Ch, J. O. (2014). Los sistemas fluviales de la Orinoquia colombiana (llanura de inundación y altillanura). En J. O. Rangel-Ch. (ed.), *Colombia, diversidad biótica XIV: la región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 71-99). Universidad Nacional de Colombia.
- Lasso, C. A., Lew, D., Taphorn, D. C., Do Nascimento, C., Lasso-Alcalá, O. M., Provenzano, F. & Machado Allison, A. (2004). Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I. Lista de especies y distribución por cuencas. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 159-160, 105-195.
- Lasso, C.A., Usma, J. S. Trujillo, F. & Rial, A. (eds.). (2010). *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia).
- Lasso, C., Rial, A., Colonnello, G., Machado-Allison, A. & Trujillo, F. (eds.). (2014). XI. *Humedales de la Orinoquia (Colombia- Venezuela)*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Lowe-McConnell, R. H. (1987). Ecological aspects of seasonality in fishes of tropical waters. *Symposia of the Zoological Society of London*, 44, 219-241.
- Mago-Leccia, F. (1970). *Lista de los peces de Venezuela, incluyendo un estudio preliminar sobre la ictiogeografía del país*. Ministerio de Agricultura y Cría, Oficina Nacional de Pesca.
- Maldonado-Ocampo, J. & Usma-Oviedo, J. S. (2006). Estado del conocimiento sobre peces dulceacuícolas en Colombia. Tomo II. En M. Chaves & M. Santamaría (eds.), *Informe nacional sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004* (pp. 174-194). Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Maldonado-Ocampo, J. A., Vari, R. & Usma-Oviedo, J. S. (2008). Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota Colombiana*, 9(2), 143-237.
- Maldonado-Ocampo, J., Urbano-Bonilla, A., Preciado, J. & Bogotá-Gregory, J. (2013). Peces de la cuenca del río Pauto, Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana*, 14(2), 114-137.
- Mendoza, H. & Córdoba, M. (2018). Catálogo de la flora de los parques nacionales naturales de Colombia: Parque Nacional Natural El Tuparro. *Biota Colombiana*, 19(sup. 1), 45-60.
- Mijares-Santana, F., Pérez-Buitrago, N. & Pérez-Cárdenas, N. (2019). Variación estacional de la composición florística en sabanas inundables en Arauca, Colombia. *Caldasia*, 41(2), 404-421. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/70467>
- Minorta-Cely, V. (2013). *Diversidad de espermatófitos en la región orinocense colombiana: consideraciones globales, regionales y locales* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio Institucional.
- Minorta-Cely, V. & Rangel-Ch., J. O. (2014a). El clima de la Orinoquia colombiana. En J.O. Rangel-Ch. (ed.), *Colombia, diversidad biótica XIV: la región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 153-206). Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.
- Minorta-Cely, V. & Rangel-Ch., J. O. (2014b). La riqueza y la diversidad de las plantas con flores de la Orinoquia colombiana. En J. O. Rangel-Ch. (ed.), *Colombia, diversidad biótica XIV: la región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 237-418). Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.
- Minorta-Cely, V., Rangel-Ch., J. O., Castro-Lima, F. & Aymard, G. (2017). *La vegetación del Alto Manacacías (Meta), Orinoquia colombiana. Informe final. Convenio de Asociación No 007 de 2014. Caracterización socio-económica y biológica del polígono del Alto Manacacías seleccionado por Parques Nacionales Naturales como área potencial para la declaración de un área protegida* (informe interno).
- Minorta-Cely, V., Rangel-Ch, J. O. & Aymard, G. (2018). *Composición florística y estructura de la vegetación de Cumaribo (Vichada) y alrededores, en zonas de transición entre la Orinoquia y la Amazonia de Colombia*. Informe interno.
- Minorta-Cely, V. (2020). *La vegetación de la Orinoquia colombiana: riqueza diversidad y conservación*. Universidad Nacional de Colombia.
- Mojica, J. I. (1999). Lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, XXIII (suplemento especial), 547-566.
- Molano, J. (1998). Biogeografía de la Orinoquia colombiana. En C. Domínguez (ed.), *Colombia Orinoco* (pp. 69-101). Fondo FEN.
- Montaña, C. G., Layman, C. A. & Taphorn, D. C. (2010). Inventario de la ictiofauna del Caño La Guardia, afluente del río Capanaparo (cuenca del Orinoco), estado Apure, Venezuela. *Biota Colombiana*, 11(1 y 2). <https://bityl.co/OIfT>

- Mora-Fernández, C., Castellanos-Castro, C., Cardona-Cardozo, A., Pinzón-Pérez, L. & Vargas-Ríos, J. O. (2011). Geología, geomorfología, clima y vegetación. En T. León-Sicard, *Mamíferos, reptiles y ecosistemas del bloque Cubiro (Casanare)* (pp. 49-73). Universidad Nacional de Colombia.
- Oppenheim, V. (1942). Rasgos geológicos de los llanos orientales de Colombia. *Notas Museo Plata, Argentina Geología*, 21, 229-245.
- Ortega-Lara, A., Saulo Usma, J., Bonilla, P. A. & Santos, N. L. (2006). Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 7(1), 39-54.
- Pennington, R. T., Prado, D. E. & Pendry, C. A. (2000). Neotropical seasonally dry forest and Quarternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27, 261-273.
- Pérez-Buitrago, N., Guio-Blanco, P. A. & Mijares-Santana, F. J. (2020). Jóvenes y aisladas pero diversas: estructura y composición florística de matas de monte en Arauca. *Acta Biológica Colombiana*, 25(2), 280-293.
- Pinzón, L., Castellanos, C., Cardona, A., Fernández, C. & Vargas, O. (2011). Caracterización de las comunidades vegetales presentes en el Bloque Cubiro, cuenca baja del Río Pauto, Casanare (Colombia). En T. León-Sicard, *Mamíferos, reptiles y ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare)* (pp. 99-154). Universidad Nacional de Colombia
- Poole, G. C. (2002). Fluvial landscape ecology: Addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwater Biology*, 47(4), 641-660.
- Pringle, C. M., Naiman, R. J., Bretschko, G., Karr, J. R., Oswood, M. W., Webster, J. R., Welcomme, R. L. & Winterbourn, M. J. (1988). Patch Dynamics in Lotic Systems: The Stream as a Mosaic. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(4), 503-524.
- Rangel-Ch, J. O., Sánchez-C, H., Lowy-C, P., Aguilar-P, M. & Castillo-G., A. (1995). Región de la Orinoquia. En J. O. Rangel-Ch (ed.), *Colombia, diversidad biótica I* (pp. 239-254). Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel-Ch., J. O. (1998). Flora Orinoquense. En C. Domínguez (ed.). *Colombia Orinoco* (pp. 104-130). Fondo FEN.
- Rangel-Ch., J. O., Andrade-C., M. G., Jarro-F., C. & Santos-C., G. (eds.). (2019). *Colombia, diversidad biótica XIX: selvas transicionales de Cumaribo (Vichada-Colombia)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rátiva Gaona, D. & Rangel-Ch., J. (2019). *Usos y amenazas para la conservación de las plantas con flores del territorio sabanas y humedales de Arauca, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rippstein, G., Escobar, G. & Motta, F. (eds.) (2001). *Agroecología y biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. CIAT. CIRAD.
- Romero-Duque, L. P., Castro-Lima, F. & Rentería-Mosquera, Á. (2018). Contribución al conocimiento de la vegetación de las sabanas de Casanare (Colombia). *Actualidad y Divulgación Científica*, 21, 197-205.
- Rosales, J., Petts, G. & Salo, J. (1999). Riparian flooded forests of the Orinoco and Amazon basins: a comparative review. *Biodiversity and Conservation*, 8, 551-586.

- Sarmiento, G., Monasterio, M. & Silva, J. (1971). Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales I. Las unidades regionales. *Acta Científica Venezolana*, 22, 52-61.
- Sarmiento, G. (1994). Sabanas naturales, génesis y ecología. En *Sabanas naturales de Colombia*. Banco de Occidente. <https://bityl.co/OlhU>
- Scarano, F. R. (1998). A comparison of dispersal, germination and establishment of woody plants subjected to distinct flooding regimes in Brazilian flood-prone forests and estuarine vegetation. En F. R. Scarano & A. C. Franco (eds.), *Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics* (pp. 177-193). Series Oecologia Brasiliensis.
- Schargel, R. (2007). Aspectos Físico-Naturales. En R. Duno de Stefano, G. Aymard & O. Huber, *Flora vascular de los Llanos de Venezuela* (pp. 738). Fudena: Fundación Empresas Polar.
- Schargel, R. (2015). Suelos llaneros: geomorfología, distribución geográfica y caracterización. En R. López Falcón, J-M. Hétier, D. López-Hernández, R. Schargel & A. Zinck (eds.), *Tierras llaneras de Venezuela, monografía regional* (pp. 63-125). Universidad de Los Andes.
- Schöngart, J., Piedade, M. T. F., Ludwigshausen, S., Horna, V. & Worbes, M. (2002). Phenology and stem growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *J. Trop. Ecol*, 18, 581-597.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339.
- Suárez, P. J., Castellanos-M, C., Cuadros P, K., Porras, S. & Pineda B, A. (2011). *Evaluación de la diversidad íctica en dos cuencas de la jurisdicción de la Corporación C. D. A. y fortalecimiento de puntos piloto de levante de peces en los departamentos de Guainía, Guaviare y Vaupés*. CDA.
- Taphorn, D. C., Royero, R., Machado-Allison, A. & Mago-Leccia, F. (1997). Lista actualizada de los peces de agua dulce de Venezuela. En La Marca, E. (Ed.). *Vertebrados actuales y fósiles de Venezuela* (pp. 55-100). Museo de Ciencia y Tecnología de Mérida.
- Torres, R., Chacón E., Ovalles, F., Guenni, O., Astudillo, L., Carrasquel, J. & García E. (2003). Efectos de métodos de pastoreo sobre sabanas moduladas. I. Sucesión del pastizal. *Zootecnia Tropical*, 21(4), 425-448.
- Townsend, C. R. (1989). The patch dynamics concept of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 8(1), 36-50. <https://doi.org/10.2307/1467400>
- Urbano-Bonilla, A., Zamudio, J., Maldonado-Ocampo, J., Bogotá-Grégory, J., Cortés-Millán, G. & López, Y. (2009). Peces del piedemonte del departamento de Casanare, Colombia. *Biota Colombiana*, 10(1-2), 149-162.
- Urbano-Bonilla, A., Prada-Pedrerros, S., Zapata, A., Barrera-Cataño, J. I. & Moreno-Cárdenas, A. C. (2014). Composición y riqueza íctica en quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana, Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana*, 15(1), 52-69.

- Usma, J.S. & Trujillo, F. (2011). Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia.
- Veneklaas, E., Fajardo, A., Obregón, S. & Lozano, J. (2005). Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. *Ecography*, 28, 236-252.
- Vera, A. (2017). *Flora y vegetación acuática en áreas de la Orinoquia colombiana* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional.
- Villarreal-Leal, H. & Maldonado-Ocampo, J. A. (2007). Caracterización biológica del Parque Nacional Natural El Tuparro (sector noreste), Vichada, Colombia.
- Watson, M. (2020). How to undertake a literature search: a step-by-step guide. *British Journal of Nursing*, 29(7), 431-435.

# Mil palabras en acción

A thousand words in action

Los textos de mil palabras que se presentan en esta sección son el resultado del quehacer de los profesores en investigación, extensión y docencia, en sus respectivos campos de acción. La escritura de cada texto, sus gozos y usos, fue acompañada por un grupo de trabajo y un seminario permanente inaugurado para este fin. Por ello, tienen el tono comprometido de las conversaciones en la universidad, en los salones de los eventos, en las páginas de las revistas. Su propósito es comunicar la faena de la ingeniería, la ciencia o sus aprendizajes.

Aída Vanessa Wilches<sup>1</sup>

La reforma académica que está teniendo la Universidad requiere de muchos cambios para alcanzar la meta de ubicar al estudiante en el centro de la atención de toda la comunidad académica y administrativa. Este proceso ha implicado, con base en estrategias novedosas, proyectar nuevas miradas hacia el fortalecimiento académico, al igual que potenciar y detectar las habilidades blandas, que hoy, más que nunca, cobran interés en la formación profesional y personal.

Los semilleros de investigación se constituyen en espacios donde, además de enriquecer el conocimiento sobre un tema, se dan encuentros entre pares que comparten intereses y se piensan a sí mismos ya como futuros profesionales en biología. Para que ocurra esta sinergia, se requiere de un profesor como Vladimir Minorta, que ha logrado reunir en este increíble espacio del SIBUC las habilidades, estilos, ritmos y necesidades de cada uno de los integrantes del semillero, que comparten su interés por la botánica.

Y es que un semillero, por ser de estudiantes, debe nacer de su iniciativa, hecho que en el SIBUC es increíblemente claro: los une el interés formal e investigativo sobre aspectos botánicos que contribuyen a su formación en investigación. Les abre el espacio para la reflexión, la crítica y la aplicación de lo que están aprendiendo. Los resultados que el SIBUC ha tenido hablan por sí solos; sus integrantes tienen un espacio donde exponen sus trabajos de investigación, comparten y discuten.

Son 31 jóvenes, 31 sueños e ideas que se entretajan y encuentran un asidero para hacerlas más reales. De allí han salido una decena de tesis, algunas con menciones por su calidad, claridad y criterio; sus estudiantes se oyen en los distintos espacios que tiene la facultad, como el Seminario de Biología, la Semana de la Ingeniería, los eventos de RedColsi y en Sintopía Radio.

Así mismo, el SIBUC se oye por fuera. Los estudiantes han participado en el Congreso Colombiano de Botánica, han asistido a charlas de expertos y recientemente han estado presentes en la Feria del Libro. En algunos casos, el cambio incluso en la personalidad de estos muchachos es muy grata. Chicos que, cuando ingresaron, fueron callados, expectantes y poco receptivos y que, semestres después, se les ve contentos, seguros y responsables de su trabajo y formación.

He sido invitada a algunos eventos y he podido escuchar a profesores de otras escuelas, con experiencias, visiones y expectativas distintas. En la vida, conocer

---

<sup>1</sup> Profesora Programa de Biología y Servicios de Ciencias Naturales. Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central. Correo electrónico: awilchesm1@ucentral.edu.co

referentes en lo que a un estudiante le gusta o le apasiona resulta supremamente enriquecedor, porque aquí Vladimir articula una dinámica, establece un orden y una responsabilidad con el espacio. Y es que así es que se genera un ambiente muy parecido al que van a tener nuestros estudiantes cuando salgan a enfrentarse a un mercado laboral cambiante a ritmos acelerados. Es mejor tener muchas herramientas en la mano que pocas, es mejor tener compañeros dedicados que con altísimos promedios y resulta más beneficioso conversar que solamente escuchar.

Por ello el SIBUC se ha logrado construir, enriquecer y posicionar en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas y son los estudiantes quienes están dinamizándolo, hecho que, a mi parecer, es la base del éxito. Todo lo que uno escucha o ve ocasionalmente puede que se olvide, pero hacer las cosas deja huellas bien importantes en la vida. Así que estas iniciativas que promueve Vladimir contribuyen de forma clara y acertada a este cambio, al que hoy se enfrentan profesores, estudiantes y demás miembros de la comunidad para favorecer la permanencia y el camino de cada joven que decida hoy que la biología —y, más aún, la botánica— son su razón para seguir adelante.

# Ingeniería



UNIVERSIDAD  
CENTRAL