



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



Estudio florístico y estructural de un zural boscoso en el municipio de Arauca, Colombia

Floristic and structural study of a forest with zurales in the Arauca municipality, Colombia

Francisco Javier Mijares-S.¹ y Néstor Pérez-Buitrago¹

Mijares-S, F. y Pérez-Buitrago, N. (2019). Estudio florístico y estructural de un zural boscoso en el municipio de Arauca, Colombia. *Colombia Forestal*, 22(1), 37-50.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14483/2256201X.13237>

Recepción: 12 de abril de 2018

Aprobación: 29 de octubre de 2018

Resumen

Se determinó la composición florística y estructural de un zural boscoso con montículos de en promedio 1.36 m de altura y 2.7 m de diámetro localizado en la llanura aluvial del municipio de Arauca. Se muestreó un área de 0.1 ha con diez transectos de 50 x 2 m para estudiar vegetación leñosa y herbácea. Se registraron 849 individuos de 29 familias, 36 géneros y 40 especies. Por sus características de clases diamétricas y aspectos sociológicos del zural boscoso se considera que este tipo de bosques no podría ser usado con fines de extracción de madera a gran escala y posiblemente los servicios ecosistémicos que provee son de regulación. De las especies registradas se destacan: *Sarcoglottis acaulis* (Sm.) Schltr (Orchidaceae), como nuevo registro para el departamento de Arauca; *Guapira* cf. *pubescens* (Kunth) Lundell (Nyctaginaceae) y *Pouteria* cf. *stipitata* Cronquist (Sapotaceae), como posibles nuevos registros para Colombia.

Palabras clave: bosque, Orinoquía, sabana, vegetación, zuro.

Abstract

We described the structure and floristic composition of a zural forest with earth-mounds presenting average heights of 1.36 m and average diameters of 2.7 m. This area was located in an alluvial savanna of the Arauca Department. We sampled 0,1 ha plot by setting 10 transects (50 x 2 m each) to survey all woody and herbaceous plant species. It was found 849 individuals from 29 families, 36 genera and 40 species. Based on their attributes such as the tree diametric distribution and sociological aspects, the zural forest does not seem appropriate for wood commercial extraction, but it is likely to provide regulation ecosystem services. From the recorded species, three were notable; *Sarcoglottis acaulis* (Sm.) Schltr (Orchidaceae), considered a new record for the Arauca department, and *Guapira* cf. *pubescens* (Kunth) Lundell (Nyctaginaceae) and *Pouteria* cf. *stipitata* Cronquist (Sapotaceae) probably new records for the Colombian flora.

Keywords: forest, Orinoquia, savanna, vegetation, zuro.

¹ Universidad Nacional de Colombia, Sede Orinoquia. Arauca, Colombia. fjmijaress@unal.edu.co. Autor para correspondencia.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Orinoco colombiano abarca el 30.4% del territorio nacional y está constituida por un mosaico de ecosistemas embebidos en una matriz de sabanas de altillanura e inundables, las cuales ocupan la mayor extensión de la región (Rippstein, Escobar y Motta, 2001; Romero, Galindo, Otero y Armenteras, 2004; Cárdenas, Mendoza, González y Sua, 2016). Debido a la gran diversidad de ambientes y posiblemente por la elevada extensión de la región aún existen ecosistemas o formaciones vegetales y especies de plantas que han sido escasamente documentadas (Fernández, Bedoya y Madriñán, 2015). Por ejemplo, recientemente fue incluida la distribución espacial de Bosque Seco Tropical, un ecosistema que previamente se consideraba ausente en la región de la Orinoquia (Pizano y García, 2014). Uno de los ambientes naturales poco documentados de la Orinoquia en Colombia se conoce regionalmente como zurales (FAO, 1966; Lasso et al., 2014), pero recibe nombres como lombrizales o tatucos en Venezuela (Stagno y Steegmayer, 1972), canaletes en Brasil y sartenejales en Bolivia (IGAC, 2005). Esos términos se usan indistintamente en diferentes regiones con sabanas neotropicales para referirse a terrenos con topografía irregular, con cárcavas o montículos que dificultan caminar y cabalgar, que se desarrollan bajo diferentes condiciones de suelo y clima (Renard et al., 2012; Rial, 2014).

Los zurales fueron documentados por primera vez en Colombia en el Informe de Suelos de los Llanos Orientales realizado por FAO (1964), donde los describen como un terreno con montículos (*i.e.* zuros) separados por zanjas: los montículos representan el nivel original del terreno y las zanjas o canales son producto de la erosión. La profundidad de las zanjas fluctúa entre 0.20 y 1.50 m, y el diámetro de los zuros entre 0.30 y 2 m. Esta topografía es frecuente en la sabana inundable y está asociada a terrazas bajas, diques y orillares, con bajos niveles de drenaje especialmente en invierno, induciendo la formación de montículos de vegetación aislada, en general de pastos

dispuestos en macolla, con aspecto redondeado. Posteriormente, Goosen (1971) los describe desde el punto de vista edafológico como redes de cárcavas formadas a consecuencia de procesos de erosión reticular característicos de áreas pobremente drenadas en la sabana inundable. Los zurales bien estructurados por su tamaño y configuración (altura de los montículos >1.2 m) crean un patrón de laberinto desde la perspectiva de un ser humano (Zangerlé et al., 2016). En años recientes, los zurales fueron considerados ambientes acuáticos en el microrelieve de llanura inundable generados por el ciclo de erosión reticular, originando topes (zuros-tatucos) de 0.2 a 2 m de altura (Lasso et al., 2014). Se han propuesto varias hipótesis sobre la génesis y evolución de los zurales relacionadas con factores como la pendiente del terreno, el material parental del suelo, la vegetación y la actividad biológica por parte de lombrices de tierra (Stagno y Steegmayer, 1972; Lasso et al., 2014). Zangerlé et al. (2016) postularon con base en análisis de fitolitos producidos por lombrices de tierra que el origen de los zurales podría ser debido a la actividad biológica de estos organismos.

Los zurales pueden ser un problema para los productores agropecuarios locales, ya que limitan la agricultura y la ganadería: dificultan la mecanización del terreno y el ganado puede quedar atrapado en los zuros y morir de hambre o ahogamiento (FAO, 1964; Stagno y Steegmayer, 1972; Montenegro, 1987). Esta situación hace que los zurales sean susceptibles a ser drásticamente transformados mediante la mecanización de terreno para ser nivelados en la agricultura de arroz intensificada o la ganadería extensiva. Por ello, el riesgo de que los zurales puedan desaparecer antes de ser adecuadamente documentados es alto (Zangerlé et al., 2016). Algunos estudios sugieren que los zurales proveen servicios ecosistémicos a la región como la regulación del clima regional y local, el control de sedimentos y como sumideros de carbono (Lasso et al., 2014), por lo que deberían ser incluidos en el análisis ecológico de la ecorregión de la Cuenca del Orinoco (Zangerlé et al., 2016).

La vegetación documentada en zurales bajos poco estructurados (montículos de 40-60 cm de altura y diámetros entre 1.5-2 m) es en general de herbazales y juncales compuestos por gramíneas (Montenegro, 1987; Salamanca, 1983; Rangel-Ch, Aguilar-P. y Lowy-C., 1997; Renard *et al.*, 2012; Rangel-Ch. y Minorta-C., 2014). En la llanura aluvial conocida como Selvas de Arauca en zurales con alturas >1.2 m y diámetros >2.5 m se mencionaron especies arbóreas de gran porte como la palma de vino o palma real *Attalea butyracea* (Mutis ex L. f.) Wess. Boer, yarumos *Cecropia* sp, guácimos *Guazuma ulmifolia* Lam. y la ceiba *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (FAO, 1966; Betancourt, 1997).

En el estudio detallado de los zurales realizado por Zangerlé *et al.* (2016) estimaron su extensión en sabanas de la Orinoquia y propusieron mecanismos para explicar la variación estructural (*i.e.* altura de los montículos y profundidad de las zanjas). Además, documentaron la composición florística de seis zurales en diferentes niveles de evolución y, en particular, en zurales muy estructurados (alturas >1.2 m y >2.5 m diámetros) registraron la presencia de diez especies arbóreas y tres herbáceas.

Teniendo como base lo anterior, el objetivo de este estudio fue documentar la composición florística y estructural de un bosque bajo denso, estacionalmente inundable localizado en un zural con altura de montículos >1 m en el municipio de Arauca (Arauca, Colombia).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en un fragmento de 21.3 ha de un zural boscoso ubicado en el paisaje fisiográfico de sabana inundable en la zona rural del municipio de Arauca, Colombia (figura 1).

La altitud oscila entre los 128 y 130 m y presenta temperatura promedio de 27°C (Minorta, 2014). La precipitación media anual es de 1724 mm, con presencia de un periodo seco que se extiende desde noviembre hasta marzo y una época lluviosa que se presenta entre abril y octubre. El clima está clasificado como húmedo con régimen de distribución de lluvias bimodal-tetraestacional (Rangel, Gopar-M. y Minorta, 2017).

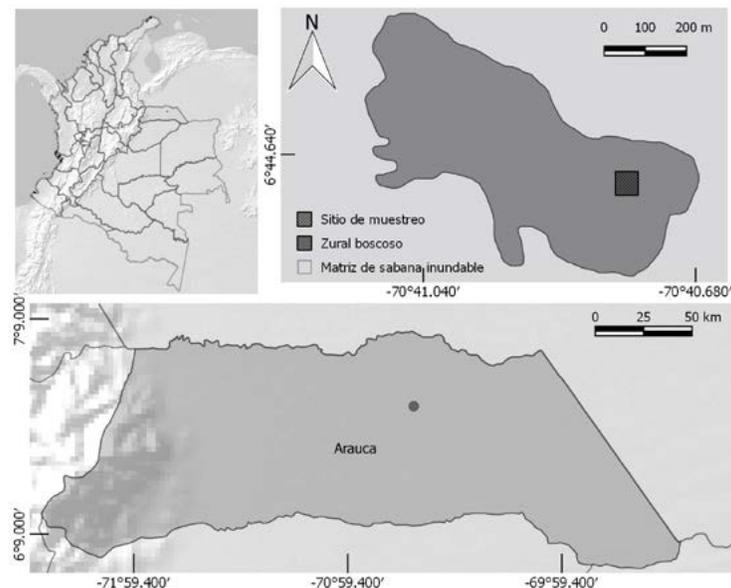


Figura 1. Área de estudio.

Protocolo de muestreo

El muestreo se realizó entre el 26 y 28 de febrero de 2015 (época seca), siguiendo la metodología de levantamientos florísticos a través de transectos (Villarreal *et al.*, 2004). Se instalaron 10 transectos de 50 x 2 m (0.1 ha) con orientación este-oeste en la parte central, en un área en buen estado de conservación del bosque. Se evitó el traslape entre transectos, que además fueron georreferenciados en sus puntos extremos.

Dentro de cada transecto se examinó toda la vegetación arbórea y arbustiva cuyos tallos presentaban un diámetro a la altura del pecho (DAP) \geq 2.5 cm medido a 1.3 m de la superficie del suelo. Para evaluar la riqueza de especies con forma de vida herbácea y rasante se instalaron aleatoriamente 10 parcelas de 1 m² al interior de cada transecto. Se registraron todas las especies encontradas, el número de individuos, la altura y el porcentaje de cobertura. Para cada individuo de los estratos arbóreos y arbustivos se documentó el hábito de crecimiento, se estimó la altura de la primera ramificación y la altura total. Además, en cada transecto se midió la altura de los zuros y el diámetro de los mismos con una cinta métrica y la distancia entre uno y otro.

Se recolectaron muestras botánicas de las plantas encontradas en los transectos, que fueron herborizadas y depositadas en el Herbario Orinoense (Hori) de la sede Orinoquía de la Universidad Nacional de Colombia. Para la determinación taxonómica se emplearon claves, catálogos ilustrados, listas de especies y recursos virtuales (Gentry 1996; Mendoza y Ramírez, 2006; Duno de Stefano, Aymard y Huber, 2007; Hokche, 2008; Bernal, Gradstein y Celis, 2015; The Field Museum, 2018; JSTOR, 2018; The Plant List, 2018; Tropicos, 2018). Se elaboró el perfil de vegetación para representar la estructura vertical del estrato arbustivo y arbóreo del bosque a partir de información de un transecto en el que se estimaron los diámetros de las copas, las alturas totales y fustales, las coordenadas X y Y de los individuos encontrados al interior del transecto y observaciones propias para cada individuo

(figura 2). Se calculó el índice de diversidad alfa de Shannon-Wiener (H') y a partir de este valor se estimó el número efectivo de especies (Melo, 2002; Jost, 2006). Además, se calculó el índice de valor de importancia (IVI), el cual da a conocer la estructura forestal empleando los registros de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie para los estratos arbustivo y arbóreo; e independientemente para el estrato rasante usando la cobertura como medida de la dominancia (Finol, 1976). Por último, se empleó el programa Estimates para evaluar la calidad del muestreo (Colwell, 2013).

Se emplearon los estratos vegetales propuestos por Rangel y Lozano (1986), donde el estrato rasante (r) corresponde a alturas menores a 0.3 m; el herbáceo (h) entre 0.3-1.5 m; el arbustivo (ar) de 1.5-5 m; el sub arbóreo (Ar) de 5-12 m; el arbóreo inferior (Ai) de 12–25 m, y el arbóreo superior (As) $>$ 25 m.

Se realizó una clasificación de siete clases diamétricas para las especies leñosas, incluyendo rangos desde 2.5 cm hasta mayores de 60 cm, como indicadores del estado ecológico y de conservación del zural boscoso (Ajbilou, Marañón y Arroyo, 2003).

RESULTADOS

En el área de 0.1 ha se calculó una densidad de 97 zuros con un promedio de 9.7 zuros por cada 50 m de transecto. La altura promedio de los zuros fue 1.36 m (\pm 0.06 m, rango: 1.20-1.60, $n = 97$) y un diámetro promedio de 2.70 m (\pm 1.18 m, rango: 0.9-6.3, $n = 97$), separados por zanjas de 2.42 m (\pm 2.9 m, rango: 1.1-12.1, $n = 97$). En los montículos predominó vegetación leñosa (árboles, arbustos y lianas) y vegetación herbácea de poco tiempo de establecimiento, generalmente plántulas de las especies arbóreas y algunos helechos del género *Adiantum* (figura 3). En los canales o zanjas no se observaron plantas (figura 3a y 2b). Algunos zuros presentaban evidencia de actividad de lombrices y de hormigas acumulando tierra sobre los montículos lo que podría ser uno de los mecanismos que induce el levantamiento gradual del zuro (figura 3c).

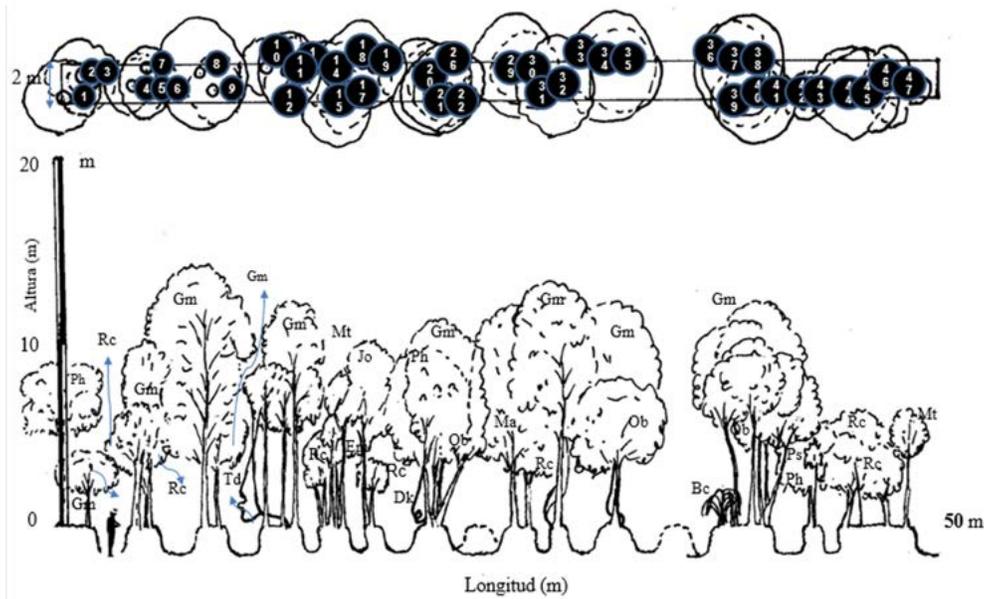


Figura 2. Perfil de vegetación del zural boscoso. Arauca. Arauca. Vereda San Ramón. 6°44'35.18"N 70°40'45.48"O. Especies presentes en transecto 50 x 2 m: *Bromelia chrysantha* Bc (36), *Clitoria dendrina* Cd (13 y 38), *Davilla kunthii* Dk (26 y 33), *Erythroxylum macrophyllum* Em (17), *Garcinia madruno* Gm (2, 3, 8, 9, 11, 24, 32, 34 y 40), *Genipa americana* Ga (10), *Jacaranda obtusifolia* Jo (7, 19, 29 y 37), *Mabea trianae* Mt (15, 18, 23, 45 y 47), *Matayba cf. arborescens* Ma (28), *Ocotea bofo* Ob (22, 35 y 39), *Passiflora cf. coccinea* Pc (31), *Pouteria cf. stipitata* Ps (43), *Protium heptaphyllum* Ph (1, 6, 20, 27 y 42), *Rudgea crassiloba* Rc (4, 5, 14, 30, 44 y 46), *Tetrapteryx cf. discolor* Td (12 y 16).



Figura 3. Mosaico de imágenes del zural boscoso en el municipio de Arauca, Colombia. a. Vista panorámica de los zuros (montículos) en un estado avanzado de evolución por erosión reticular. b. Vegetación sobre los zuros. c. Zuros donde se evidencia la actividad de hormigas elevando el nivel del terreno. d. Oso hormiguero detectado en fototrampeo en la zona de canales o zanjas.

En el área muestreada de 0.1 ha se registraron 849 individuos, de los cuales 396 (46.6%) fueron plantas leñosas con DAP ≥ 2.5 cm representados en 22 familias, 28 géneros y 31 especies (tabla 1). En el estrato rasante y herbáceo se registraron 453 (53.4%) individuos de siete familias, ocho géneros y nueve especies. Las familias mejor representadas fueron Rubiaceae, con cuatro géneros y cuatro

especies; Fabaceae (Leguminosae), con tres géneros y tres especies; Lauraceae, Bignoniaceae, Myrtaceae y Erythroxylaceae, con dos géneros y dos especies cada una. Las 16 familias restantes estuvieron representadas por un género y una especie lo cual indica una baja representación de ambas categorías taxonómicas para la mayoría de las familias encontradas. El hábito de crecimiento arbóreo fue el más

Tabla 1. Lista de especies registradas en un zural boscoso en el municipio de Arauca.

Familia	Nombre científico	Bioforma	Nombre común	Voucher
Acanthaceae	<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	Arbusto	Tucusito	YCL 073
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Árbol	Malagueto	YCL 064
Araceae	<i>Anthurium</i> cf. <i>fendleri</i> Schott	Hierba	Anturio	YCL 071
Arecaceae	<i>Desmoncus</i> cf. <i>orthacanthos</i> Mart.	Palma	Voladora	YCL 084
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i> cf. <i>ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Árbol	Flor amarillo	YCL 067
	<i>Jacaranda obtusifolia</i> Bonpl.	Árbol	Gualanday	YCL 081
Bromeliaceae	<i>Bromelia chrysantha</i> Jacq.	Hierba	Maya	YCL 069
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Árbol	Caraño	YCL 070
Chrysobalanaceae	<i>Licania apetala</i> (E. Mey.) Fritsch	Árbol	Cagüí	YCL 066
Clusiaceae	<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	Árbol	Madroño	YCL 072
Connaraceae	<i>Connarus venezuelanus</i> Baill.	Árbol	Coloradito	YCL 065
Cyperaceae	<i>Scleria secans</i> (L.) Urb.	Hierba	Cortadera	YCL 074
Dilleniaceae	<i>Davilla kunthii</i> A. St.-Hil.	Liana	Chaparrillo	YCL 090
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum macrophyllum</i> Cav.	Arbusto	Coca	YCL 076
	<i>Erythroxylum coca</i> Lam.	Arbusto	Coca de hoja pequeña	YCL 063
Euphorbiaceae	<i>Mabea trianae</i> Pax	Árbol	Canilla de venado	YCL 086
Fabaceae	<i>Copaifera pubiflora</i> Benth.	Árbol	Aceite	YCL 079
	<i>Clitoria dendrina</i> Pittier	Árbol	Gallito	MSF 1593
	<i>Swartzia pittieri</i> Schery	Árbol	Sangro	YCL 068
	<i>Entada polystachya</i> (L.) DC.	Liana	Bejuco mejoral	YCL 082
Lauraceae	<i>Ocotea bofo</i> Kunth	Árbol	Laurel murrucó	YCL 075
	<i>Ocotea</i> cf. <i>cernua</i> (Nees) Mez	Árbol	Laurel negro	YCL 078
Malpighiaceae	<i>Tetrapterys</i> cf. <i>discolor</i> (G. Mey.) DC.	Liana	Bejuco	MSF 1589
Melastomataceae	<i>Miconia</i> cf. <i>chrysophylla</i> (Rich.) Urb.	Arbusto	Tunito	YCL 085
	<i>Miconia trinervia</i> (Sw.) D. Don ex Loudon	Arbusto	Tuno	YCL 077
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Árbol	Trompillo	YCL 087
Moraceae	<i>Maquira coriacea</i> (H. Karst.) C.C. Berg	Árbol	Cuero de sapo	YCL 088
Myrtaceae	<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	Arbusto	Arrayán	YCL 094
	<i>Eugenia</i> cf. <i>acapulcensis</i> Steud.	Arbusto	Guayabito	YCL 092
Nyctaginaceae	<i>Guapira</i> cf. <i>pubescens</i> (Kunth) Lundell	Arbusto	Coloradito garrapatero	YCL 091
Orchidaeeae	<i>Sarcoglottis acaulis</i> (Sm.) Schltr.	Hierba	Orquídea terrestre	MSF 1591
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> cf. <i>coccinea</i> Aubl.	Liana	Parchita	MSF 1590
Polygalaceae	<i>Securidaca</i> cf. <i>diversifolia</i> (L.) S.F. Blake	Liana	Bejuco	YCL 089
Pteridaceae	<i>Adiantum latifolium</i> Lam.	Hierba	Helecho	YCL 093
Rubiaceae	<i>Randia</i> cf. <i>armata</i> (Sw.) DC.	Arbusto	Cachito	YCL 096
	<i>Rudgea crassiloba</i> (Benth.) B.L. Rob.	Árbol	Cafecito	MSF 1594
	<i>Genipa americana</i> L.	Árbol	Caruto	YCL 095
	<i>Bertiera guianensis</i> Aubl.	Arbusto	Tallo colorado	YCL 080
Sapindaceae	<i>Matayba</i> cf. <i>arborescens</i> (Aubl.) Radlk.	Árbol	Zapatero	MSF 5
Sapotaceae	<i>Pouteria</i> cf. <i>stipitata</i> Cronquist	Árbol	Miao de gato	YCL 083

respectivamente). En relación al área basal, la clase diamétrica I con 328 individuos tuvo una contribución del 43.6%, seguido por la clase II de 62 individuos y un aporte del 41.1%.

A nivel sociológico, como variable descriptora de la estratificación vertical, la clase predominante fue el estrato subarbóreo (5-12 m) con un 65.1% de los individuos, seguido del estrato arbustivo (1.5-5 m) con 30.1% y el menos representado fue el estrato arbóreo inferior (12-25 m) con 4.8%. En el estrato arbustivo la especie más importante fue *M. trianae*; en el estrato subarbóreo *J. obtusifolia*, y en el estrato arbóreo inferior *Copaifera pubiflora* Benth. En particular, *C. pubiflora* suele ocupar el dosel en bosques de galería (Cabrera, 2016) y matas de monte en avanzado estado de sucesión pero en el zural boscoso no alcanzó los 18 m de altura. El cociente de mezcla para el conjunto de plantas leñosas con diámetro superior o iguales a 2.5 cm fue de 1:12, lo cual indica que el bosque es relativamente homogéneo, cada especie representada por 12 individuos/0.1 ha en promedio.

DISCUSIÓN

Las dimensiones de los zuros de este estudio corresponden a lo que se consideraría como “bien estructurados”, con alturas >1.2 m y diámetros >2.5 m según Stagno y Steegmayer (1972). Adicionalmente, se observó evidencia indirecta de presencia de lombrices (*i.e.* fitolitos), como ha sido documentado previamente (Zangerlé *et al.*, 2016), y directa de hormigas arrieras (*Atta* cf. *cephalotes*). Por otra parte, el zural muestreado no se encuentra localizado cerca de la cordillera como fue planteado por FAO (1964) en las descripciones tempranas de este tipo de formación (Zangerlé *et al.*, 2016).

En la base de los canales no se encontraron plantas jóvenes ni adultas durante la época seca en la que se realizó el muestreo. Esto podría deberse a que la vegetación en los canales está expuesta a dos condiciones contrastantes relacionadas con el recurso hídrico. Por un lado, durante el periodo

de lluvias los canales se inundan con una columna de agua mayor a 60 cm lo que ocasiona estrés hídrico por inundación y tiene efecto negativo para el establecimiento y desarrollo de la mayoría de plantas terrestres (Jiménez, Moreno, y Magnitskiy, 2012). Por otro lado, los cuatro meses de sequía pueden ser un factor que limita la presencia de especies de plantas que requieren un elevado nivel de humedad en el suelo para sobrevivir durante la época seca (Pizano y García, 2014). Este carácter anfibio drástico en los canales del zural reduce el área disponible para colonización y establecimiento, y probablemente repercute en la riqueza de especies de plantas vasculares que el zural puede albergar. En general, bosques sujetos a inundaciones tienen menor riqueza que los bosques que no, debido a que el nivel del agua restringe la presencia de especies que no toleran la hipoxia del suelo (Díaz y Rosales, 2006; Macía, 2008). Sin embargo, en los montículos se encontraron especies como *O. bofo*, *J. obtusifolia*, *Protium heptaphyllum* (Aubl.), Marchand y *Rudgea crassiloba* (Benth.) B.L.Rob. las cuales suelen crecer en terrenos no inundables, posiblemente debido a que sobre el montículo se crea un microhábitat que permanece bien drenado todo el año.

En el zural estudiado se registraron 40 especies (arbóreas y arbustivas 31 y 9 herbáceas). La literatura respecto a la composición florística de coberturas boscosas en zurales bien estructurados y boscosos es escasa, pero Zangerlé *et al.* (2016) registraron en el departamento de Casanare ocho especies arbóreas y siete especies herbáceas. Las diferencias en riqueza de especies pueden ser atribuidas a que Zangerlé *et al.* (2016) realizaron levantamientos florísticos en áreas de 100 m², documentaron árboles con diámetro mayor a 10 cm, y algunas identificaciones taxonómicas solo se realizaron a nivel de género. En contraste, el área muestreada en el presente estudio fue de 0.1 ha, se incluyeron diámetros para especies arbóreas \geq a 2.5 cm y la identificación taxonómica fue a nivel de especie.

Comparaciones adicionales a nivel local con otros tipos de coberturas boscosas como bosques

riparios, matas de monte o bosque seco son limitadas debido a que aún no resulta obvio en qué categoría puede ser incorporado el zural boscoso. El zural documentado no podría ser considerado como un bosque húmedo, ya que la zona presenta un periodo de sequía muy marcado, de más de cuatro meses, un factor que limita la presencia de plantas que requieren humedad permanente y, en este sentido, podría ser más comparable con un bosque seco o estacionalmente seco. Estudios previos en bosques estacionalmente secos y secos neotropicales han registrado entre 50 y 70 especies (Gentry, 1995; Phillips y Miller, 2002) con valores mínimos de 24 especies (Macía, 2008; Alvarado, 2010).

En bosques de galería inundables y no inundables en Arauca se registraron 24 y 27 especies usando área de muestreo de 0.1 ha y diámetro mayores o iguales a 2.5 cm (Aymard y Vélez, 2015). Sin embargo, en estudios con mayores áreas de muestreo en Arauca, Casanare y Vichada han sido detectados entre 47 y 185 especies (Alviz, 2015; Cabrera, 2016; Trujillo y Henao, 2018). Así, el zural boscoso presenta valores comparables de riqueza con otros bosques de la Orinoquía. No obstante, un factor que podría estar limitando la riqueza vegetal en el zural es, posiblemente, la alta competencia que se da en los montículos entre las especies que logran colonizarlos, lo que excluye las menos competitivas en la comunidad.

En este estudio las familias mejor representadas fueron Fabaceae (Leguminosae) y Rubiaceae, similar a lo mencionado por Veneklaas, Fajardo, Obregón y Lozano (2005); Díaz y Rosales (2006) y Pinzón, Rangel-Ch. Minorta-C. y Aymard (2017). En el caso de Leguminosae, Gentry (1988) menciona que es la familia más representativa en los bosques del Neotrópico. Otras familias bien representadas como Lauraceae y Euphorbiaceae son dominantes en bosques no ribereños, mientras Myrtaceae lo es en bosques ribereños (Cabrera, 2016).

En este estudio pocas especies arbóreas como *M. trianae*, *J. obtusifolia*, *G. madruno*, *O. bofo*, *R. crassiloba*, *Clitoria dendrina* Pittier, *P. heptaphyllum*

y *C. pubiflora* registraron valores altos para el índice de valor de importancia, un patrón que se considera frecuente en bosques neotrópicales (Dezseo, Flores, Zambrano, Rodgers y Ochoa, 2008). *M. trianae* es de hábito arbustivo o arbóreo y es común en formaciones boscosas de Arauca y Casanare, mientras que *J. obtusifolia*, *O. bofo* y *C. pubiflora* están presentes en afloramientos rocosos (Parra, 2006; Mora, 2013). *P. heptaphyllum* fue considerada de gran importancia ecológica en un bosque ribereño de Cuao-Sipapo en el Estado Amazonas, Venezuela (Alvarado, 2008) y en bosques sobre terrazas en los Llanos de Venezuela (Aymard, 2013; Aponte, Cuello, y Falcón, 2017). Lopes (2007) planteó que por su carácter pionero *P. heptaphyllum* es frecuente en estadios iniciales de sucesión de bosques.

La curva de acumulación de especies evidenció que la representatividad del muestreo fue baja (65.6%), por lo que para incrementar el porcentaje de completitud se considera conveniente aumentar el número de transectos y cuantificar de forma más precisa la riqueza de especies que los zurales boscosos albergan.

El índice de Shannon ($H' = 2.56$) y el número efectivo de especies (12.9) indican que el zural es un ecosistema boscoso con baja diversidad y alta dominancia de pocas especies, lo que coincide con otros estudios realizados en la Orinoquia (Correa-Gómez, 2010; Trujillo y Henao-Cárdenas, 2018).

Ahora bien, al evaluar las clases diamétricas, la mayor abundancia de individuos se registró en la clase I (2.5-9.9 cm). Esto coincide con otros bosques situados en los Llanos de Venezuela y en Colombia en bosques de la cuenca del río Pauto (Casanare), donde predominan individuos con diámetros menores a 30 cm (Alvarado, 2008; Dezseo et al., 2008; Alvarado, 2010; Cabrera, 2016). Esto denota que probablemente es un bosque joven, con especies con ciclos de vida corto como *M. trianae* y *J. obtusifolia*. Aun así, algunas especies arbóreas registradas pueden alcanzar diámetros mayores en otros bosques no inundables como *C.*

pubiflora, *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos y *Licania apetala* (E. Mey.) Fritsch, ratificando que debe haber factores limitando el tamaño máximo que los árboles pueden alcanzar en el zural. Posibles hipótesis no excluyentes para el bajo porte de los árboles es que los mismos tienen poco tiempo de establecimiento y/o la competencia por recursos en los montículos limita la disponibilidad de nutrientes para alcanzar mayores tamaños, o las dimensiones de los montículos no podrían soportar individuos de mayor porte a los registrados.

Basado en los aspectos forestales de distribución por clases diamétricas, el volumen total de madera, el bajo porte de los árboles y la estratificación vertical, es posible sugerir que el zural boscoso estudiado carece de las condiciones óptimas para ser utilizado en la extracción maderera bajo modelos de aprovechamiento forestal convencional donde se utilizan especies con diámetros mayores a 40 cm (Ministerio de Ambiente, 1996; IDEAM, 2018), que no se encontraron en el muestreo realizado. El zural boscoso probablemente provee beneficios importantes para la sustentabilidad de los sistemas productivos locales, suministro de leña para autoconsumo y productos naturales no maderables, pero no podría proporcionar beneficios económicos altos basados únicamente en la producción de madera. Este tipo de bosque alberga flora autóctona y provee servicios ecosistémicos de regulación, contribuyendo a mantener la integridad funcional de los ecosistemas que coexisten en las sabanas de la Orinoquía.

CONCLUSIONES

En este estudio se documentó un zural boscoso conformado por elementos leñosos con alturas menores a 16 m, diámetros inferiores a 40 cm y una riqueza de 40 especies de plantas, valor más elevado que el que se mencionaba previamente en la literatura existente. Sin embargo, los estimadores utilizados sugieren que la diversidad podría

ser mayor, esto implica que se requieren estudios adicionales para conocer con detalle la riqueza de especies vegetales que los zurales albergan. La presencia de las especies leñosas *G* cf. *pubescens* (Nyctaginaceae) y *P* cf. *stipitata* (Sapotaceae) como nuevos registros para la región validan este planteamiento. En adición, se hacen necesarios estudios acerca de zurales boscosos para entender su dinámica funcional, evaluar los servicios ecosistémicos que prestan y los potenciales riesgos a los que están expuestos. Esto es particularmente relevante si se tiene en cuenta que su distribución geográfica se concentra principalmente en los departamentos de Arauca y Casanare, lo que expone a los zurales a ser transformados como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola asociada a los cultivos de arroz y ganadería, actividades que predominan en estos departamentos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a la Universidad Nacional de Colombia sede Orinoquía por el apoyo dado a las colecciones biológicas. A Richard Jiménez Cisneros por la ayuda en el trabajo de campo y por la hospitalidad de su familia durante los días de muestreo. A Elsi Yaneth Corredor Lara, quien como pasante de Biología aportó al trabajo en campo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN POR AUTOR

Los autores son los únicos responsables de la obra en todos los aspectos que condujeron a la elaboración de su publicación.

REFERENCIAS

- Ajbilou, R. Maraño, T. y Arroyo, J.** (2003). Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. Universidad de Sevilla. España: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. *Sistemas y Recursos Forestales*, 12(2), 111-123.
- Alvarado, H.** (2008). Aspectos estructurales y florísticos de cuatro bosques ribereños de la cuenca del río Aroa, Estado Yaracuy, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 31, 273-290.
- Alvarado, H.** (2010). Caracterización estructural y florística de un bosque ribereño de cuenca del río Tocuyo (Tocuyo Occidental), Estado Lara, Venezuela. *Ernstia*, 20, 1-20.
- Alviz, A. y Pérez, K.** (2015). *Plan para la conservación de la danta de tierras bajas (Tapirus terrestris) en los departamentos de Casanare, Arauca y Vichada*. Yopal: Corporinoquia-Fundación Orinoquia Biodiversa.
- Aponte, O., Cuello, N. y Falcón, R.** (2017). Comunidades vegetales de los bosques ribereños del campus de la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (Unelvez), Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela. *Biollania*, edición especial, 15, 448-469.
- Aymard, G.** (2013). Aspectos de la diversidad y conservación de los bosques húmedos macrotérmicos de Venezuela (desde Volkmar Vareschi al presente). En E. Medina, O. Huber, J. M. Nassar y P. Navarro (eds.), *Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela* (pp. 57-77). Caracas: Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Aymard, G. y González, V.** (2014). Los bosques de los Llanos de Venezuela: aspectos de su estructura, composición florística y estado actual de conservación. En O. Rangel-Ch. (ed.), *Colombia Diversidad Biótica XIV: La región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 483-532). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Aymard, G. y Vélez, J.** (2015). Aspectos de los hábitats (estructura, composición florística y conservación) de la nutria gigante *Pteronora brasiliensis* en Arauca, Colombia. En M. C. Franco-Rozo, C. Ribas, y K. Pérez-Albarracín (eds.), *La Nutria Gigante en Arauca: ecología, percepción cultural y retos para su conservación* (pp. 53-76). Yopal: Corporinoquia-Fundación Orinoquia Biodiversa.
- Bernal, R., Gradstein, S. y Celis, M.** (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. vol. I. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Betancourt, J.** (1997). *Flora del Llano*. Bogotá: Cristina Uribe Ediciones.
- Cabrera, D. y Rivera, O.** (2016). Composición florística y estructura de los bosques ribereños de la cuenca baja del río Pauto, Casanare, Colombia. *Caldasia*, 38(1), 53-85. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57829>
- Cárdenas, D., Mendoza, H., González, M. F. y Sua, S.** (2016). Flora de la cuenca del río Orinoco en Colombia: grado de conocimiento, uso y conservación. *Revista Colombia Amazónica*, 9, 93-146.
- Colwell, R.** (2013). *Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*. Versión 9. University of Connecticut, EE. UU. Recuperado de <http://viceroy.colorado.edu/estimates/>
- Correa, D. y Stevenson, P.** (2010). Estructura y diversidad de bosques de galería en una sabana estacional de los Llanos orientales colombianos (Reserva Tomo Grande, Vichada). *Orinoquia*, 14(2), 1-16.
- Dezseo, N., Flores, S., Zambrano, S., Rodgers, L. y Ochoa, E.** (2008). Estructura y composición florística de bosques secos y sabanas en los Llanos Orientales del Orinoco, Venezuela. *Interciencia*, 33(10), 733-740. DOI: http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008001000007&lng=es&tlng=es
- Díaz, W. y Rosales J.** (2006). Análisis florístico y descripción de la vegetación inundable de várzeas Orinoquenses en el bajo río Orinoco, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 29(1), 39-68. DOI: <https://doi.org/10.2307/41740802>
- Duno de Stefano, R., Aymard, G. y Huber, O.** (eds.) (2007). *Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los Llanos de Venezuela*. Caracas, Venezuela: Fudena, Fundación Empresas Polar, FIBV.

- Fernández, M., Bedoya, A. M. y Madriñán, S.** (2015). Plantas acuáticas de las planicies inundables de la Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana*, 16(1), 96-105. DOI: <https://doi.org/10.15468/v9vn3a>
- Finol, H.** (1976). Estudio fitosociológico de las unidades 2 y 3 de la Reserva Forestal de Carapo, Estado de Barinas. *Acta Botánica Venezuelica*, 10(1-4), 15-103 p.
- Gentry, A. H.** (1995). Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. En S. P. Churchill, H. Balslev, E. Forero y J. L. Luteyn (eds.), *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests* (pp. 103-133). Nueva York: The New York Botanical Garden.
- Gentry, A. H.** (1996). *A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of North West South America: (Colombia, Ecuador, Perú) with Supplementary Notes*. Chicago, EE. UU.: University of Chicago Press.
- Gentry, A.H.** (1988). Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85, 156-159. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.85.1.156>
- Goosen, D.** (1971). *Physiography and soils of the Llanos Orientales, Colombia*. Amsterdam: International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences.
- Hokche, O., Berry, P. E. y Huber, O.** (eds.) (2008). *Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela*. Caracas: Fundación Instituto Botánico de Venezuela.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)** (2018). *Diez especies forestales maderables más aprovechadas en Colombia durante el año de acuerdo con el volumen otorgado (m³) (2017)*. Bogotá: Sistema Nacional de Información Forestal, SNIF. Recuperado de <http://snif.ideam.gov.co:8380/ideam-snif-web/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)** (2005). *Evolución del paisaje terrestre. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. Bogotá: IGAC.
- Jiménez, J., Moreno, L. y Magnitskiy, S.** (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 96-109. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i1.1287>
- Jost, L.** (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363-375. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jstor** (2018). *Global Plants on Jstor*. Recuperado de <https://plants.jstor.org/>
- Lasso, C. A., Rial, A., Colonnello, G., A., Machado, A. y Trujillo, F.** (eds.) (2014). *Humedales de la Orinoquia (Colombia-Venezuela)*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Lopes, F. y Schiavini, I.** (2007). Dinâmica da comunidade de arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21, 249-261. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000200001>
- Macía, M. J. y Fuertes, J.** (2008). Composición florística y estructura de los árboles en un bosque tropical montano de la Cordillera Mosestenes, Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 23, 1-14.
- Melo, O. y Vargas, R.** (2002). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Mendoza, H. y Ramírez, B.** (2006). *Guía ilustrada de géneros Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad del Cauca.
- Ministerio de Medio Ambiente** (1996). *Decreto 1791 de 1996*. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.
- Minorta-C., V. y Rangel-Ch. J. O.** (2014). 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). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Montenegro, H.** (1987). Génesis y manejo de zurales en la Orinoquia Colombiana Marulanda-Vichada. *Revista Suelos Ecuatoriales*, 17, 184-194.
- Mora, C. y Peñuela, L.** (eds.) (2013). Salud ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare-Colombia. Bogotá: Yoluka

- ONG, Fundación de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Fundación Horizonte Verde, Ecopetrol S.A.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)** (1964). Informe general. Reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales Colombia. Roma.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)** (1966). *La vegetación Natural y la Ganadería en los Llanos Orientales. Reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales*. Roma: FAO.
- Parra, C.** (2006). Estudio general de la vegetación nativa de Puerto Carreño (Vichada, Colombia). *Caldasia*, 28(2), 165-177. DOI: <https://doaj.org/article/e71769330063441faf2bfd0c260992b3>
- Phillips, O. y Miller, J.** (2002). Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. *Monographs in Systematic Botanic from the Missouri Botanical garden*, 89, 1-317 p.
- Pinzón, C., Rangel-Ch, J. O., Minorta-C, V. y 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*, edición especial, 15, 470-532.
- Pizano, C. y García, H.** (eds.) (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rangel, O. y Lozano, G.** (1986). Un perfil de vegetación entre La Plata (Huila) y el Volcán Puracé. *Caldasia*, 14(68-70), 53-54. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia>
- Rangel-Ch, O., Aguilar-P, M. y Lowy-C, P.** (1997). *Tipos de vegetación en Colombia. Colombia Diversidad Biótica II*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel-Ch, O. y Minorta-C., V.** (2014). Los tipos de vegetación de la Orinoquia colombiana. En J. O. Rangel-Ch. (ed.), *Colombia Diversidad Biótica XIV. La región de la Orinoquia de Colombia* (pp. 533-612). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel-Ch, J. O., Gopar-M, L. F., Minorta, V.** (2017). Caracterización climática de las sabanas inundables y los humedales de Arauca, Colombia. *Biollania*, edición especial, 15, 357-409.
- Renard, D., Birk, J. J., Glaser, B., Iriarte, J., Grisard, G., Karl, J. y McKey, D.** (2012). Origin of mound-field landscapes: a multi-proxy approach combining contemporary vegetation, carbon stable isotopes and phytoliths. *Plant and Soil*, 351(1-2), 337-353. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0967-8>
- Rial, A.** (2014). Zurales o tatucos. En C. A. Lasso, A. Rial, G. Colonnello, A. Machado-Allison y F. Trujillo (eds.), *XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia-Venezuela)* (pp. 252-254). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rippstein, G., Escobar, G. y Motta, F.** (2001). *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Romero, M., Galindo, G., Otero, J. y Armenteras, D.** (2004). *Ecosistemas de la cuenca del Orinoco colombiano*. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Salamanca, S.** (1983). La vegetación de la Orinoquia y Amazonia fisiografía y formaciones vegetales. *Colombia Geográfica*, 10(2), 5-31.
- Stagno, P. y Steegmayer, P.** (1972). La erosión reticular en el sur del Lago de Maracaibo. *Agronomie. Tropicale*, 22(2), 99-118
- The Field Museum** (2018). *Rapid Reference an Expedited Virtual Herbarium for the Neotropics*. Recuperado de <https://plantidtools.fieldmuseum.org/en/rrc>
- The Plant List** (2018). *The Plant List. A working list of all plant species*. Versión 1.1. Recuperado de <http://www.theplantlist.org/>
- Tropicos** (2)018. *Tropicos.org*. Missouri Botanical Garden. Recuperado de <http://www.tropicos.org/Home.aspx>
- Trujillo, W. y Henao-Cárdenas, M. M.** (2018). Riqueza florística y recambio de especies en la vertiente orinoquense de los Andes, Colombia. *Colombia Forestal*, 21(1), 18-33. DOI: <https://doi.org/10.14483/2256201X.11848>

- Veneklaas, E., Fajardo, A. Obregón, S. y Lozano, J.** (2005). Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. *Ecography*, 28, 236-252. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.03934.x>
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina M. y Umaña, A.** (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá: Instituto

de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Zangerlé, A., Renard, D., Iriarte, J., Suarez, L., Adame, K. y Juilleret, J.** (2016). The Surales, self-organized earth-mound landscapes made by earthworms in a Seasonal Tropical Wetland. *PLoS ONE*, 11(5), 1-33. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154269>

