

## BOSQUES DE PANTANO EN LA ZONA CENTRAL DE LA RESERVA FORESTAL IMATACA, VENEZUELA

### *Swamp forests at the central zone of the Imataca Forest Reserve, Venezuela*

JOSÉ RAFAEL LOZADA<sup>1</sup>, PILAR SORIANO<sup>2</sup> y MANUEL COSTA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Manejo Múltiple de Ecosistemas Forestales (GIMEFOR), Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal (INDEFOR), Facultad de Cs. Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Conjunto Forestal, Vía Chorros de Milla, Mérida, 5101, Venezuela. E-mail: jlozada@ula.ve.

<sup>2</sup>Jardín Botánico de la Universidad de Valencia. Calle Quart, 80, Valencia, 46008, España.

Recibido Agosto 2.017. Aceptado Diciembre 2.017

#### Resumen

Los bosques de pantano son ecosistemas sometidos a inundación permanente, donde las plantas deben desarrollar adaptaciones muy especializadas, que permitan su sobrevivencia en suelos con muy escasa aireación. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la estructura, composición florística y elementos edáficos de los bosques de pantano en la zona central de la Reserva Forestal Imataca, con la finalidad de analizar opciones para su manejo sostenible. Se levantaron tres parcelas cuadradas de 1 ha en bosques primarios, donde se midieron todos los individuos con diámetro mayor a 10 cm; además, en cada parcela, se evaluó el sotobosque (individuos con diámetro inferior a 10 cm) mediante cuatro sub-parcelas de 10 m x 10 m. Estos ecosistemas están dominados por *Catostemma commune*, especie que presenta una alta abundancia, dominancia y regeneración; también son muy abundantes otras especies comerciales como *Carapa guianensis*, *Protium decandrum* y *Sterculia pruriens*. Hay un promedio de 7 individuos comerciales por ha, con diámetro mayor a 60 cm; además existe una estructura diamétrica regular. Los suelos son ácidos y muy pobres en nutrientes; pero el aluminio está neutralizado por el calcio y eso se refleja en que este bosque tiene la mayor área basal de todo el sector (32,3 m<sup>2</sup>/ha). Se concluye que un posible aprovechamiento forestal en estos pantanos amerita técnicas de impacto reducido y sería recomendable el ensayo de sistemas agroforestales que puedan mejorar las condiciones de vida de los indígenas que habitan en los alrededores.

*Palabras-clave:* igapó, manejo forestal, Escudo Guayanés, suelos inundables.

#### Abstract

Swamp forests are permanently flooded ecosystems, where plants must develop highly

specialized adaptations that allow their survival in soils with very low aeration. The objective of this work was to characterize the structure, floristic composition and edaphic elements of swamp forests in the central area of the Imataca Forest Reserve, in order to analyze options for their sustainable management. Three square plots of 1 ha were evaluated in primary forests, where all individuals with a diameter greater than 10 cm were measured; in addition, in each plot, undergrowth was evaluated (individuals with diameter less than 10 cm) by four subplots of 10 m x 10 m. These ecosystems are dominated by *Catostemma commune*, a species that shows high abundance, dominance and regeneration; are also abundant other commercial species such as *Carapa guianensis*, *Protium decandrum* and *Sterculia pruriens*. There is an average of 7 commercial individuals per ha, with a diameter greater than 60 cm; in addition there is a regular diametric structure. Soils are acidic and very poor in nutrients; but aluminum is neutralized by calcium and this is reflected in the fact that this forest has the largest basal area of the whole sector (32.3 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). It is concluded that a possible harvest in these swamps deserves reduced impact techniques, and it would be advisable to test agroforestry systems that can improve the living conditions of the natives who live in the surroundings.

*Key words:* igapó, forest management, Guayana Shield, soil flooding.

## 1. Introducción

Los bosques de pantano (BP) se han reportado en sitios donde existe una condición de saturación de humedad en el suelo de manera casi permanente. Estos ecosistemas se diferencian de los bosques de lodazal, o pantano estacional, en que la saturación es constante y no depende de la existencia de una época de lluvias; tampoco presentan una marcada fluctuación diaria en la inundación, como ocurre en los manglares (Beard, 1.946; Fanshawe, 1.952). En los bosques amazónicos se denomina “várzea” a las áreas que tienen inundación por aguas blancas ricas en nutrientes e “igapó” a los sectores inundados con aguas claras o negras pobres en nutrientes (Prance, 1.979). Esta terminología ha sido adoptada en diversos trabajos que analizan ecosistemas inundables de la Guayana Venezolana; en várzea: Rosales (1990), Colonnello (1.991), Díaz y Rosales (2.008); en igapó: Rosales et al. (1.993), Knab-Vispo et al. (2.003) Rosales et al. (2.003). Los estudios referidos al igapó se han realizado en la cuenca del Río Caura y alrededores del lago de Guri. En cuanto a los bosques inundables de la Reserva Forestal Imataca, solamente hay referencias para el extremo norte que está influenciado por el Delta del Orinoco (González, 2.011; Marrero, 2.011).

Se ha señalado que durante las glaciaciones del Pleistoceno hubo adicionalmente una disminución de las precipitaciones que afectó principalmente a los ecosistemas de tierras bajas (Bonnefille et al., 1990). Pero en las zonas inundables existió una mejor y más continua disponibilidad de humedad, menor frecuencia de incendios y probablemente mejores suelos, todo lo cual constituyó una especie de refugio para la flora regional y contribuye a la presencia actual de una diversidad importante (Meave *et al.*, 1.991; Díaz y Rosales, .2008).

La inundación significa una condición adversa que, en casos extremos, sólo permite pantanos herbáceos (Fanshawe, 1.952). En situaciones moderadas los bosques de

pantano tienen una riqueza de especies más baja que los ecosistemas de tierras altas (Lieberman *et al.*, 1.985). Los bosques inundables pueden tener fustes más pequeños y con densidad más alta (766 ind/ha vs 542 ind/ha); eso implica una baja frecuencia de grandes claros, por lo que no hay condiciones favorables para el establecimiento de heliófitas típicas y, por lo tanto, la riqueza y diversidad pudieran ser inferiores (Meave *et al.*, 1.991). En muchos casos se ha observado que la inundación fuerte genera la aparición de ecosistemas con gran endemismo (Wittmann *et al.*, 2.010).

Las especies que se establecen en los bosques de pantano deben tener adaptaciones para poder sobrevivir ante diferentes condiciones desfavorables. Las raíces zancos y tabulares ejercen funciones de sostén en el fango movedizo y los pneumatóforos hacen posible la absorción del oxígeno, necesario para la fisiología de las células de las raíces (Strasburger *et al.*, 2.004). Las estrategias adaptativas conducen a la determinación de "gremios" de plantas y se considera que existe un humedal cuando más del 50 % de los individuos son plantas facultativas de sustratos húmedos, plantas de sustratos húmedos y plantas obligadas de sustratos saturados (Marrero, 2.011).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la estructura, composición florística y elementos edáficos de los bosques de pantano en la zona central de la Reserva Forestal Imataca, con la finalidad de analizar opciones para su manejo sostenible.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Área de Estudio

La Reserva Forestal Imataca (RFI) está ubicada al este de Venezuela, entre las coordenadas 6° 00' y 8° 30' de latitud norte y 59° 50' y 62° 10' de longitud oeste. Las áreas de trabajo están ubicadas en bosques primarios de la RFI en un lugar cuyas coordenadas centrales son 07° 30' 07" N y 60° 53' 52" O. La precipitación anual del área de estudio está cercana a 1.700 mm y la temperatura media es 26 °C (MARN-UCV, 2.003).

Desde el punto de vista fisiográfico (clasificación de Zinck, 1980) la zona corresponde a la provincia de Guayana, gran paisaje penillanura, paisaje suavemente ondulado (las lomas poseen desniveles entre 15 y 30 m) y en el sub-paisaje podría ser un valle interfluvial (de acuerdo a lo observado en la Figura 1 y a lo señalado por MARN-UCV, 2.003).

Los suelos se formaron en los últimos 200.000 a 100.000 años, a partir de un sustrato previamente sometido a procesos de intemperismo, erosión, transporte y deposición. Dichos efectos continuaron y hoy se encuentran suelos ácidos, muy lixiviados, de muy baja CIC y SB % (Franco, 1.988).

En el Sistema de Holdridge el área pertenece a la zona de vida bosque húmedo tropical (Ewel *et al.*, 1.976) y desde el punto de vista fisionómico y estructural es un bosque alto siempreverde (Huber, 1.995). De acuerdo a la clasificación de los sistemas ecológicos

realizado para la RFI (MARN-UCV, 2.003), el área pertenece al macroecosistema 18 "bosque siempreverde húmedo tropical alto", ubicado en peniplanicie baja suavemente ondulada, megaecosistema lomeríos bajos con peniplanicie, de la sub-región Pastora – Nuria.

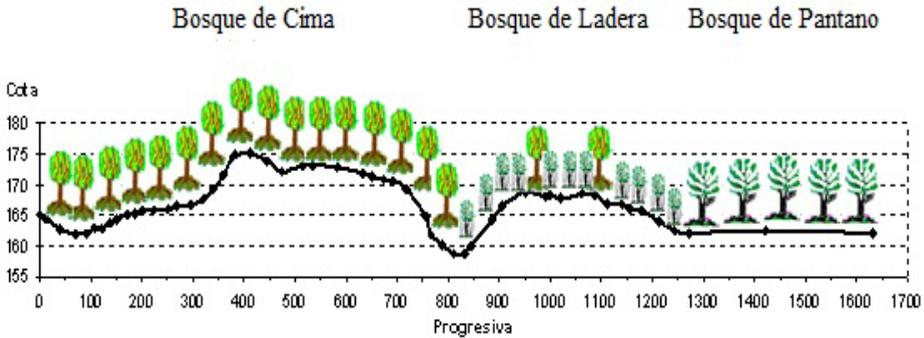


Figura 1. Posición fisiográfica del área de estudio

## 2.2. Diseño de la investigación y procesamiento

Dentro del sector identificado como bosque de pantano se levantaron tres parcelas de 100 x 100 m (1 ha). Cada parcela se dividió en 16 sub-parcelas de 25 x 25 m. Se anexaron cuatro sub-parcelas de sotobosque (100 m<sup>2</sup> c/u) para el inventario de todas las formas de vida de espermatófitas; estas sub-parcelas se ubicaron de manera sistemática en cada parcela, tal y como se indica en la Figura 2.

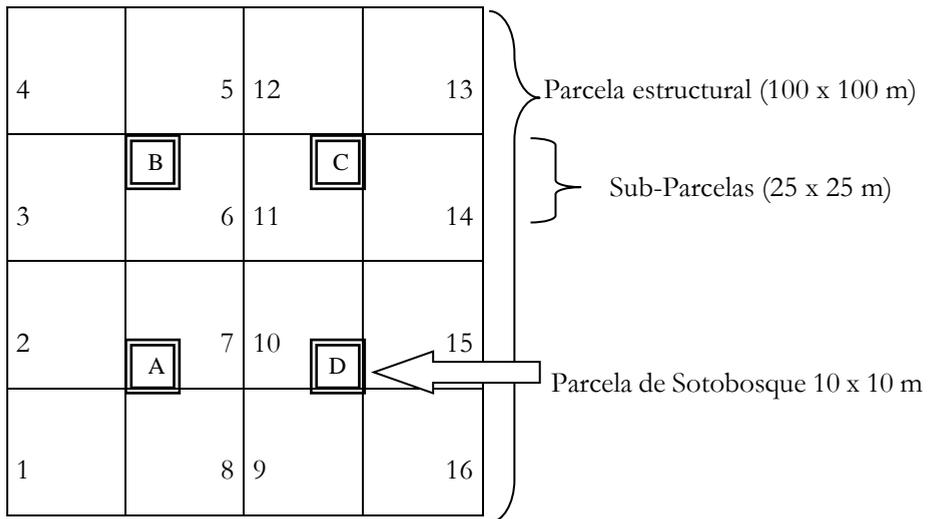


Figura 2. Diseño de las parcelas

En la parcela estructural (1 ha) se midieron todos los árboles, palmas y lianas con dap mayor o igual a 10 cm. Se tomaron muestras botánicas para hacer la lista florística; dichas muestras están depositadas en el herbario MER (números 54.370 al 54.421). Con este levantamiento se realizaron los cálculos del IVI (Curtis y McIntosh, 1.951).

Con los datos obtenidos en las parcelas de sotobosque (individuos con dap < 10 cm), se ejecutó la ecuación 1 (Lozada *et al.*, 2.011a):

$$\text{Sot} = \text{As}\% + \text{Fs}\% \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: As% es la abundancia en sotobosque relativa; Fs% es la frecuencia en sotobosque relativa.

Posteriormente se calculó un Índice de Importancia Ampliado (IIA) según la ecuación 2 (Lozada *et al.*, 2.011a):

$$\text{IIA} = \text{IVI} + \text{Sot} \quad (\text{Ec. 2})$$

En este índice se realizó una transformación porcentual con la ecuación 3:

$$\text{IIA}\% = (\text{IIA} \times 100) / 500 \quad (\text{Ec. 3})$$

La diversidad fue evaluada a través del Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y el Alfa de Fisher (Magurran, 1.988).

Para evaluar el suelo se abrió una calicata, se identificaron los horizontes y en cada uno se tomaron muestras que fueron secadas al aire y se trituraron, para luego ser pasadas por un tamiz de 2 mm con el objeto de separar el esqueleto grueso. Luego fueron sometidas a los siguientes análisis: determinación de partículas por tamaño (método de Bouyoucos); pH (determinación en agua, relación 1:1 y utilizando el método potenciométrico); Materia Orgánica (MO %; método de Walkley y Black); Nitrógeno Total (NT %; método Micro – Kjeldahl); Carbono Orgánico (método Walkley y Black); Fósforo (P; método colorimétrico con Vanadato-Molibdato); Sodio-Na, Potasio-K, Calcio-Ca, Magnesio-Mg y Hierro-Fe (uso del espectrofotómetro de absorción atómica, con solución extractora Carolina del Norte); Aluminio intercambiable (uso de Cloruro de Potasio). Estos análisis fueron ejecutados en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UCV en Maracay, Edo. Aragua.

### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1. Composición florística y estructura

Se considera que las unidades de muestreo tienen un tamaño apropiado porque las curvas especies-área se estabilizan en el tamaño de 1 ha (Figura 3).

Las parcelas evaluadas pertenecen a una Faciación de *Catostemma commune*, lo cual sucede por la abundancia y dominancia de esta especie, desde el sotobosque hasta los estratos superiores. El Cuadro 1 muestra el resultado del levantamiento del IIA, con las

20 especies más importantes en una parcela representativa del bosque estudiado. El Cuadro 2 presenta un resumen de los valores de IIA, para las especies más importantes en todas las parcelas, y Lozada *et al.* (2.011 b) reportan todas las especies encontradas en dicho levantamiento.

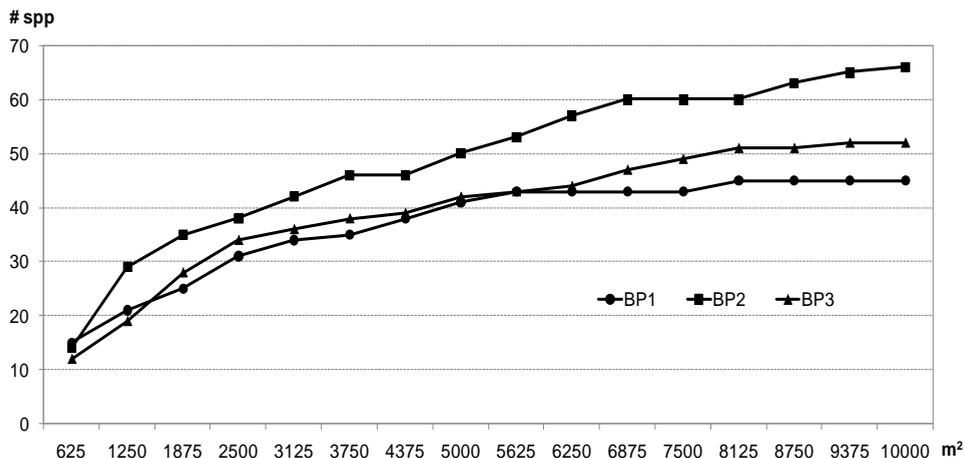


Figura 3. Curvas especies-área de las parcelas evaluadas.

Cuadro 1. Resultados del Índice de Importancia Ampliado (IIA) en la parcela “bp2”.

Tipo	Nombre Común	Especie	Ae	Ae %	De	De %	Fe%	IVI	As	As%	Fs	Fs%	IIA	IIA %
Sup	Baramán	<i>Catostemma commune</i> Sandwith	149	25,3	10,43	31,8	6,0	63,1	409	24,9	4	2,5	90,4	18,1
Sup	Clavellino	<i>Pentaclethra maculosa</i> (Willd.) Kuntze	100	17,0	4,99	15,2	6,4	38,6	58	3,5	4	2,5	44,6	8,9
Sup	Azucarito	<i>Protium decandrum</i> (Aubl.) Marchand	25	4,2	1,18	3,6	5,2	13,0	381	23,2	4	2,5	38,7	7,7
Sup	Cacú	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	36	6,1	2,82	8,6	4,4	19,1	45	2,7	2	1,2	23,1	4,6
Sup	Guacharaco	<i>Lecythis chartacea</i> O.Berg.	28	4,8	1,57	4,8	5,6	15,1	11	0,7	4	2,5	18,3	3,7
Sup	Carapa	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	24	4,1	1,66	5,1	4,4	13,6	9	0,5	3	1,8	15,9	3,2
Sup	Majagua	<i>Sterculia pruriens</i> (Aubl.) K.Schum.	19	3,2	0,84	2,6	4,8	10,6	2	0,1	2	1,2	11,9	2,4
Sup	Gaspadillo Negro	<i>Paypayrola longifolia</i> Tul.	8	1,4	0,08	0,2	1,6	3,2	69	4,2	4	2,5	9,9	2,0
Sup	Palma Manaca	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	12	2,0	0,23	0,7	2,8	5,6	18	1,1	4	2,5	9,1	1,8
Sup	Pata Danto	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	10	1,7	1,12	3,4	3,2	8,3	1	0,1	1	0,6	9,0	1,8
Sot	Casupo	<i>Calathea</i> sp.G. Mey.	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	236	14,4	4	2,5	16,8	3,4

Bosques de pantano en la zona central de la R. F. Imataca, Venezuela

Sot	Tirita	<i>Ischnosiphon arouma</i> (Aubl.) Körn.	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	53	3,2	4	2,5	5,7	1,1
Sot	Palma Corocillo	<i>Bactris maraja</i> Mart.	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	23	1,4	4	2,5	3,9	0,8
Sot	Molenillo	<i>Rinorea riana</i> Kuntze	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	24	1,5	3	1,8	3,3	0,7
Sot	Canilla de Gruya	<i>Faramea torquata</i> Müll.Arg.	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	22	1,3	3	1,8	3,2	0,6
Tre	Bejuco Sangrito	<i>Machaerium quinata</i> (Aubl.) Sandwith	2	0,3	0,02	0,1	0,8	1,2	9	0,5	3	1,8	3,6	0,7
Tre	Bejuco Barquí Blanco	<i>Bignonia sordida</i> (Bur. & K. Schum.) Spr. & Sandw.	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	18	1,1	4	2,5	3,5	0,7
Tre	Bejuco Uña de Gato	<i>Uncaria guianensis</i> (Aubl.) J.F.Gmel.	5	0,9	0,05	0,1	1,6	2,6	2	0,1	1	0,6	3,3	0,7
Tre	Bejuco Blanco	<i>Maripa paniculata</i> Barb. Rodr.	2	0,3	0,02	0,1	0,8	1,2	6	0,4	1	0,6	2,2	0,4
Tre	Bejuco Chaparrillo Blanco	<i>Petrea volubilis</i> L.	0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	3	0,2	3	1,8	2,0	0,4
		TODAS LAS ESPECIES	589	100	32,87	100	100,4	300	1643	100	163	100	500	100

Se presentan las especies más importantes de cada tipo: Sup, aparecen en todos los estratos (15 especies); Sot, exclusivas de sotobosque (5 especies); Tre, trepadoras (5 especies). Otras abreviaturas: Ae (abundancia estructural absoluta); Ae% (abundancia estructural relativa); De (dominancia estructural absoluta, m<sup>2</sup>/ha); De% (dominancia estructural relativa); Fe% (frecuencia estructural); IVI (índice de valor de importancia); As (abundancia absoluta en sotobosque); As% (abundancia relativa en sotobosque); Fs (frecuencia absoluta en sotobosque); Fs% (frecuencia relativa en sotobosque); IIA (índice de importancia ampliado absoluto); IIA% (índice de importancia ampliado relativo).

Cuadro 2. Resumen del Índice de Importancia Ampliado en las parcelas evaluadas.

Tipo	Nombre Común	Especie	bp1	bp2	bp3	Prom
Sup	Baramán	<i>Catostemma commune</i> Sandwith	12,6	18,1	11,3	14,0
Sup	Clavellino	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze	13,3	8,9	10,1	10,8
Sup	Cacú	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	12,1	4,6	12,3	9,7
Sup	Carapa	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	8,7	3,2	8,0	6,6
Sup	Guacharaco	<i>Lecythis chartacea</i> O.Berg.	3,4	3,7	4,4	3,8
Sup	Azucarito	<i>Protium decandrum</i> (Aubl.) Marchand	1,6	7,7	1,3	3,5
Sup	Majagua	<i>Sterculia pruriens</i> (Aubl.) K.Schum.	1,2	2,4	2,9	2,2
Sup	Palma Manaca	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	1,9	1,8	2,3	2,0
Sup	Caicareño	<i>Clathrotropis brachypetala</i> (Tul.) Kleinhoonte	2,0	1,4	2,0	1,8
Sup	Purgüillo Blanco	<i>Tabebuia stenocalyx</i> Sprague & Stapf	-	1,2	2,8	1,3
Sot	Casupo	<i>Calathea</i> sp.	5,0	3,4	4,5	4,3
Sot	Titita	<i>Ischnosiphon arouma</i> (Aubl.) Körn.	0,7	1,1	0,8	0,9
Sot	Canilla de Gruya	<i>Faramea torquata</i> Müll.Arg.	0,8	0,6	0,7	0,7
Sot	Palma Corocillo	<i>Bactris maraja</i> Mart.	0,5	0,8	0,8	0,7

Sot	Molenillo	<i>Rinorea riana</i> Kuntze	0,2	0,7	0,8	0,5
Tre	Bejuco Sangrito	<i>Machaerium quinata</i> (Aubl.) Sandwith	0,9	0,7	1,3	1,0
Tre	Bejuco Barquí Blanco	<i>Bignonia sordida</i> (Bur. & K. Schum.) Spr. & Sandw.	0,7	0,7	0,6	0,7
Tre	Bejuco Chaparrillo Blanco	<i>Petrea volubilis</i> L.	0,5	0,4	1,1	0,7
Tre	Bejuco Cadeno	<i>Bauhinia scala-simiae</i> Sandwith	0,7	0,3	0,5	0,5
Tre	Bejuco Pepa Zamuro	<i>Mucuna urens</i> (L.) Medik.	0,8	0,1	0,5	0,5

Abreviaturas: Sup, aparecen en todos los estratos (99 especies); Sot, exclusivas de sotobosque (17 especies); Tre, trepadoras (28 especies).

Estos bosques de pantano se presentan en valles amplios que están saturados de humedad todo el año; en la época seca no se observaron cauces conspicuos ni movilidad del agua, pero si se apreciaron marcas de inundación que en la época de lluvias podrían llegar hasta 1,5 m de altura. Tienen un dosel de altura media (15 a 25 m), son siempreverdes y la cobertura es mayor a 80 %. El dosel está dominado por *C. commune*, *Pterocarpus officinalis*, *Carapa guianensis*, *Lecythis chartacea*, *Protium decandrum* y *Tabebuia stenocalyx*. El estrato intermedio va de 5 a 15 m y allí dominan *Pentaclethra macroloba*, *Sterculia pruriens* y la palma *Euterpe oleracea*. El estrato inferior es menor a 5 m de altura, allí no hay individuos mayores a 10 cm dap y tiene una gran variedad de formas de vida: hierbas (*Calathea* sp., *Ischnosiphon arouma*), palmas (*Bactris maraja*) y arbustos (*Faramea torquata*, *Rinorea riana*). Al igual que otros ecosistemas estudiados en esta zona, estos bosques de pantano también presentan una gran cantidad de trepadoras cuyo follaje se extiende por el dosel; las especies más importantes son *Machaerium quinata*, *Bignonia sordida* y *Petrea volubilis*. *P. officinalis* es una típica especie de terrenos saturados (Weaver, 1997) y exhibe raíces tabulares sinuosas que le permiten el sostén en esas condiciones (Figura 4).

Otras de las especies mencionadas también aparecen en bosques no inundables de la RFI, lo cual confirma que su ubicación en humedales es facultativa (Lozada *et al.*, 2.011 b; Marrero, 2.011).

Varias de las especies señaladas anteriormente también se han reportado como muy abundantes en distintos bosques de pantano del neotrópico: *C. commune*, *C. guianensis*, *P. macroloba* y *P. officinalis* en Guyana (Fanshawe, 1.952); *P. macroloba* en Costa Rica (Hartshorn, 2.002); *C. guianensis*, *E. oleracea*, *I. arouma*, *P. macroloba* y *P. officinalis* en el Delta del Orinoco (González, 2.011); *B. maraja*, *C. guianensis*, *F. torquata*, *I. arouma*, *P. officinalis* y *R. riana* en bosques de *Mora excelsa* en la RFI (Lozada *et al.*, 2.012).

Se reitera que el sotobosque presenta una gran variedad de formas de vida, pero destaca la presencia de *Calathea* sp. (Figura 5); esta hierba tiene la mayor abundancia en las sub-parcelas de sotobosque, alcanza a 1 m de altura, tiene hojas muy anchas y con ello una alta cobertura, que puede significar una competencia importante para el establecimiento de otras especies en estos ecosistemas, similar a la función ejercida por *Heliconia* sp. en los llanos occidentales de Venezuela (Lozada *et al.*, 2.010).



Figura 4. Raíces tabulares sinuosas de *Pterocarpus officinalis*.



Figura 5. Presencia de *Calathea* sp. en el sotobosque.

Otro aspecto que merece destacarse es que las especies dominantes en este ecosistema tienen semillas grandes o con estructuras que permiten la flotación (Figura 6); eso representa una ventaja ya que favorecen la movilidad en el agua (ocupación de nuevos territorios) y aportan gran cantidad de nutrientes a las plántulas, lo cual permite un rápido crecimiento inicial (Hartshorn, 2002).



*Catostemma commune*

*Caraça guianensis*

*Pentaclethra macroloba*

Figura 6. Frutos y semillas de las especies dominantes en el bosque de pantano

En cuanto a las características estructurales, la dominancia promedio (32,3 m<sup>2</sup>/ha) está cercana a lo reportado en bosques de igapó Amazónicos con una inundación de 2 m de altura (Cuadro 3); pero es mayor que en los bosques de las colinas adyacentes de la RFI. También se confirma la mayor abundancia de individuos al comparar con los ecosistemas de tierras altas colindantes, lo cual coincide con los patrones generales señalados por Meave *et al.* (1.991).

Cuadro 3. Características estructurales en los levantamientos realizados y comparación con otros estudios que utilizaron parcelas de 1 ha. Individuos con dap ≥ 10 cm

Parcela	Abundancia (ind ha <sup>-1</sup> )	Dominancia (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )
bp1	621	30,8
bp2	589	32,9
bp3	624	33,3
<b>Promedio</b>	611	32,3
Colinas y lomas, RFI <sup>1</sup>	503	24,9
Igapó, Amazonas Central, Brazil <sup>2</sup>	-----	34,0

(<sup>1</sup>Lozada *et al.*, 2007; <sup>2</sup>Ferreira, 1997, citado por Wittmann *et al.*, 2010).

Los valores de riqueza y diversidad promedios (54 spp/ha, H': 2,73 y α: 14,6) son similares a lo reportado en otros bosques inundables del Escudo Guayanés, ratifican que estos pantanos tienen una diversidad florística inferior a las colinas próximas (Cuadro 4), tal y como lo señalan Lieberman *et al.* (1.985). También se destaca que la metodología aplicada en los levantamientos de sotobosque incrementa considerablemente la riqueza florística registrada (el promedio es casi el doble), confirmando lo reportado para otros ecosistemas tropicales (Gentry y Dodson, 1.987).

Cuadro 4. Resultados de diversidad y comparación con otros estudios que utilizaron parcelas de 1 ha. <sup>a</sup>individuos con dap  $\geq$  10 cm. <sup>b</sup>incluye sotobosque.

Parcela	H' <sup>a</sup>	$\alpha^a$	Riqueza <sup>a</sup>	Riqueza <sup>b</sup>
bp1	2,46	11,1	45	93
bp2	3,02	19,1	66	110
bp3	2,71	13,5	52	98
<b>Promedio</b>	<b>2,73</b>	<b>14,6</b>	<b>54</b>	<b>100</b>
Colinas y lomas, RFI <sup>1</sup>	3,10	22,8	71	110
Pantanal, Brazil <sup>2</sup>	2,10	-----	29	-----
Bosque inundable, Guyana <sup>3</sup>	-----	22,7	64	-----

H': índice de Shannon-Wiener;  $\alpha$ : Alfa de Fisher. (<sup>1</sup>Lozada *et al.*, 2007; <sup>2</sup>Damasceno-Junior *et al.*, 2005; <sup>3</sup>Johnston y Gillman, 1995, citados por Hartshorn, 2002)

La familia más importante es Fabaceae (Figura 7); esto ocurre porque es la familia que más especies posee (25, de un total de 144), tiene la mayor abundancia, dominancia, regeneración y está muy bien distribuida (especialmente en las especies *P. officinalis* y *P. macroloba*). Esta familia también se ha reportado como las más importante en otros bosques inundables del neotrópico e inclusive en bosques de colinas de la RFI (Fanshawe, 1.952; Lozada *et al.*, 2007; Wittmann *et al.*, 2010).

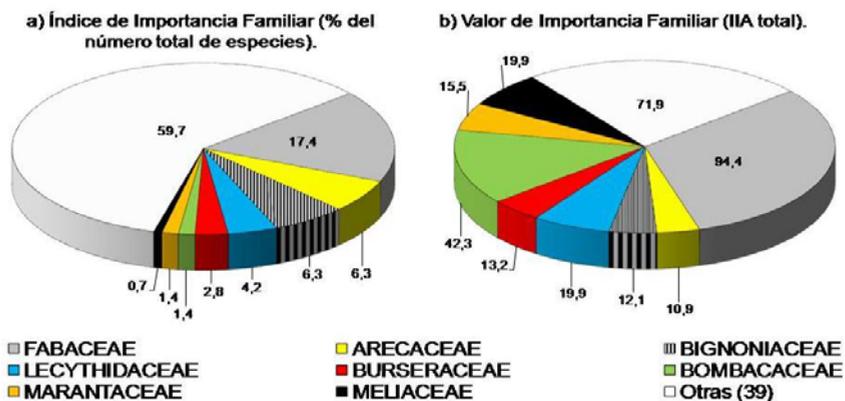


Figura 7. Familias más importantes en el área de estudio.

Arecaceae y Bignoniaceae tienen 9 especies cada una y sus individuos son medianamente abundantes y gruesos; aunque en estos lugares son delgadas, las palmas también se han reportado como uno de los elementos más importantes en bosques inundables del Delta del Orinoco (González, 2011). Lecythidaceae ya se ha reportado como uno de los taxones más importantes en esta región, debido a que comprende varias especies (en

estos pantanos son 6 especies) y tiene una abundancia y dominancia intermedia y muy buena distribución (Lozada *et al.*, 2.011b). Bombacaceae tiene solo dos especies, pero *C. commune* aporta un valor ecológico alto, debido a su alta abundancia, dominancia y regeneración. De igual forma, Marantaceae también tiene dos especies, pero su gran abundancia en sotobosque le confiere una gran importancia ecológica.

### 3.2. Condiciones edáficas

El color del suelo varía desde gris muy oscuro en la superficie hasta gris en la profundidad; eso es síntoma de procesos de reducción que ocurren bajo condiciones de inundación. Estos suelos tienen la menor cantidad de arcilla y la mayor cantidad de arena de todo el sector (Cuadro 5).

El pH va de ácido a extremadamente ácido (< 4,5), y las concentraciones de nutrientes son muy bajas (P, N, K, Na, Ca y Mg). Esto fue generado por un proceso de lavado de bases muy intenso, debido a una alta precipitación que ha actuado durante millones de años en el Escudo Guayanés (Franco, 1.988; Dezzeo y Fölster, 1.994; Fölster *et al.*, 2.001).

Cuadro 5. Características de los suelos, a partir de muestras obtenidas en calicatas y comparación con otras parcelas del mismo sector (Lozada *et al.*, 2014).

Parc	Prof	CodColor	Mot	CodMot	A	L	a	pH	P	N	CO	C/N
bmc <sup>1</sup>	–	–	–	–	35	12	53	3,6	7	0,1	1,3	14,1
bml <sup>1</sup>	–	–	–	–	41	22	37	4,1	6	0,1	1,2	16,9
bp	0_30	2,5Y3/1			15	31	54	3,7	14	0,2	3,6	15,5
bp	30_45	2,5Y5/2			5	5	90	5,8	5	0,0	0,4	18,1
bp	45_180	5Y6/1	30	5Y5/6	19	11	70	4,3	1	0,0	0,2	38,0

Parc	MO	K	Na	Ca	Mg	Al	H	CICE	SAI	SB	Ca/Al	Fe
bmc <sup>1</sup>	2,2	0,05	0,1	0,2	0,2	0,7	0,7	2,0	38	31	0,3	498
bml <sup>1</sup>	2,1	0,08	0,3	0,3	0,2	0,9	0,3	2,0	46	41	0,3	125
bp	6,2	0,16	0,1	0,8	0,5	0,6	1,0	3,1	18	49	1,4	503
bp	0,7	0,30	0,1	0,5	0,2	0,1	0,2	1,5	8	78	4,2	79
bp	0,3	0,06	0,1	0,8	1,1	0,1	0,2	2,4	5	87	6,6	115

Abreviaturas y Unidades: Parc (Parcela); Prof (Profundidad, cm); CodColor (Código del Color); Mot (Moteo,%); CodMot (Código de Color del Moteo); A (arcilla,%); L (limo,%); a (arena,%); P (Fósforo, ppm); N (Nitrógeno total,%); CO (Carbono Orgánico,%); C/N (Relación Carbono/Nitrógeno); MO (Materia Orgánica,%); K (Potasio); Na (Sodio); Ca (Calcio); Mg (Magnesio); Al (Aluminio intercambiable); H (Hidrógeno intercambiable); CICE (Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva); K, Na, Ca, Mg, Al, H y CICE (Cmol/kg de suelo); SAI (Saturación por Aluminio, %); SB (Saturación de Bases, %); Ca/Al (Relación Calcio/Aluminio); Fe (Hierro, ppm).

El nitrógeno (N) y el carbono orgánico (C) se relacionan con el contenido de materia orgánica (MO) y su tasa de descomposición. Tal y como podría esperarse, la MO es muy elevada en la superficie y disminuye con la profundidad; en estos pantanos se presenta la mayor cantidad de MO de todo el sector y, la mayor relación C/N. Eso significa que existe una baja tasa de mineralización de la MO, en este caso generada por una reducida aireación que inhibe a la actividad microbiana.

El hierro (Fe) está en concentraciones tóxicas; pero el aluminio tiene los valores más bajos de toda la zona y con los niveles de Ca queda neutralizado, ya que en todos los horizontes la relación Ca/Al es mayor a 1. Esta condición representa una ventaja de estos suelos, que debe reflejarse en las características de la vegetación; se interpreta que esta es la causa para que en estos pantanos se encuentre la mayor área basal de todo el sector (Cuadro 3). Se estima que estos contenidos de Ca relativamente altos provienen de la meteorización de diques de diabasa que existen en los alrededores, tal y como se observa en la Figura 8 (Acosta et al., 2011; Hernán Castellanos, com. pers., 23/11/2011).



Figura 8. Ubicación de los diques de diabasa en el área de estudio (adaptado de Schruben et al., 1997).

Otro asunto que merece la pena resaltar es que en estos pantanos se encontraron microsuros. Estas son pequeñas elevaciones que generan canales donde se acumula el agua. Este microrelieve se ha reportado en otros lugares con inundación, se produce por erosión reticular y/o por la actividad de las lombrices (Fanshawe, 1.952; Schargel, 2.005); la acción biológica parece ser muy importante porque se han observado pequeñas estructuras muy esféricas que difícilmente se pueden relacionar con la erosión reticular (Figura 9). En todo caso, estos montículos poseen un drenaje relativamente mejor y allí se favorece el reclutamiento de numerosas especies arbóreas (González, 2.011).

### 3.3. Potencial productivo de los bosques de pantano

La estructura diamétrica de todos los individuos señala que existe la amplia base que caracteriza a las comunidades vigorosas, con abundantes individuos juveniles que pueden sustituir a los sobremaduros en el momento en que éstos desaparezcan (Figura 10).

Desde el punto de vista de la producción de maderas, existen 7 ind/ha mayores a 60 cm dap de especies con alto y mediano valor comercial; este grupo de especies tienen una estructura diamétrica regular y eso hace posible un aprovechamiento sostenido. Siguiendo la clasificación de Lozada (2.008), en esta categoría se incluyen: *Alexa imperatricis*, *Astronium lecointei*, *Brosimum alicastrum*, *Carapa guianensis*, *Catostemma commune*, *Cordia exaltata*, *Couratari pulchra*, *Erisma uncinatum*, *Eriotheca globosa*, *Mouriri huberi*, *Ormosia paraensis*, *Pera glabrata*, *Pithecellobium jupunba*, *P. pedicelare*, *Protium decandrum*, *P. heptaphyllum*, *P. neglectum*, *Simarouba amara*, *Sterculia pruriens*, *Terminalia amazonia* y *Virola surinamensis*.

Tomando en cuenta que este sector está encharcado de manera permanente, deberían aplicarse técnicas de aprovechamiento que eviten el impacto sobre el suelo por el paso de maquinaria; en este sentido, debe probarse de manera experimental el "aserrío *in situ*" y la extracción con búfalos, ya que las trozas no serían de grandes dimensiones.



Figura 9. Tamaño y estructura de los microsuros.

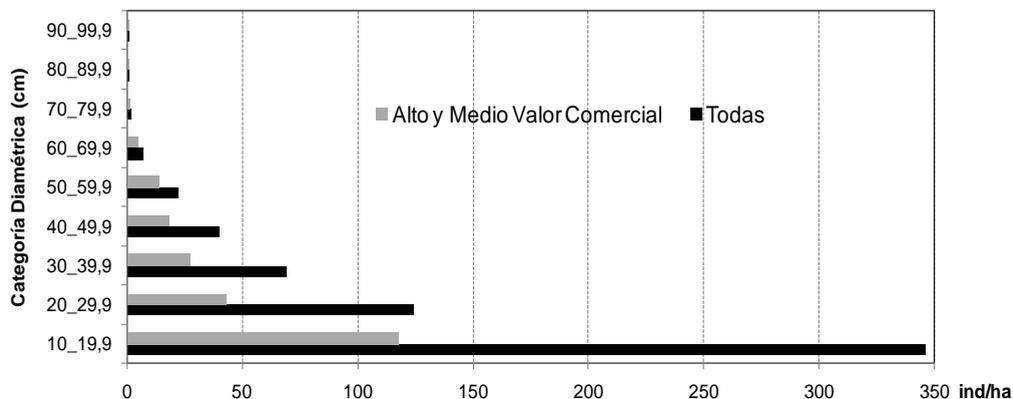


Figura 10. Estructura diamétrica general

Por otra parte, *Pentaclethra maculosa* merece especial atención. Esta especie tiene una estructura diamétrica piramidal, lo cual permitiría un manejo silvicultural continuo, pero sus individuos no alcanzan a grandes dimensiones, muy pocos de ellos sobrepasan los 40 cm de dap y eso es inferior al diámetro mínimo de cortabilidad - "dmc" (Figura 11). Tal vez por esa razón, esta especie no tiene asignado un valor comercial en varios planes de ordenación y manejo forestal realizados para esta región (Intecmaca, 1.989; Aserradero Hermanos Hernández, 1.992; Comafor, 1.995). Pero, en Centroamérica la madera de *P. maculosa* es muy abundante, se considera de alta calidad y tiene muchos usos en estructuras (vigas, columnas y pisos) y en carpintería (Finegan y Sabogal, 1.988; Flores, 2.002). Además el aceite de *P. maculosa* es usado como cicatrizante y tiene el mayor contenido reportado de ácido behénico, el cual tiene alta demanda en la industria cosmética (Funasaki *et al.*, 2.016). Considerando estos aspectos, se propone un manejo experimental para *P. maculosa*, asignando un dmc de 30 cm, que se ejecutaría en parcelas permanentes de investigación, donde se evalúen de manera muy precisa las tasas de regeneración, de sobrevivencia y de crecimiento diametral, para confirmar o modificar el dmc y determinar el turno.

También es necesario referirse a los suelos; al tener el aluminio neutralizado, probablemente aquí existen las mejores condiciones edáficas de toda la zona. Por lo tanto, deberían probarse sistemas agroforestales (SAF) que pudieran contribuir a mejorar las condiciones socioeconómicas de las comunidades indígenas de las áreas cercanas y que complementen la producción de los conucos tradicionales donde, después de la deforestación y quema, se produce maíz (*Zea mays*) y yuca (*Manihot esculenta*). Para establecer las especies comestibles, habría que aprovechar los montículos naturales, o construir algo similar al encamellonado, con herramientas manuales.

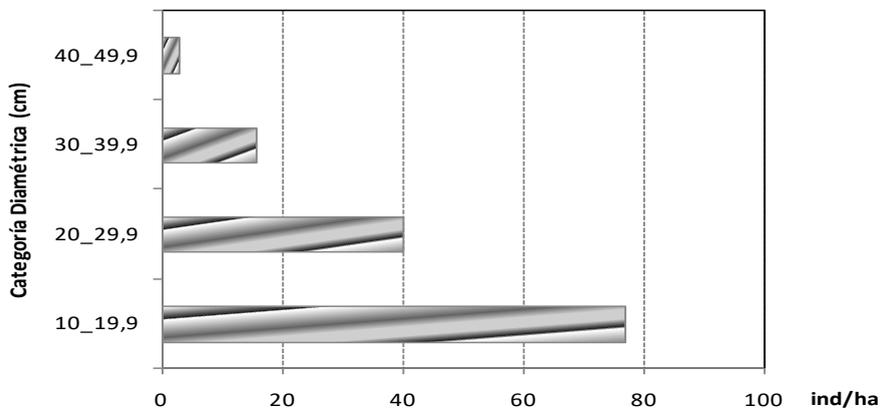


Figura 11. Estructura diamétrica de *Pentaclethra macroloba*.

La producción en estos SAF puede ser multipropósito, según se detalla a continuación:

- Madera de pequeñas dimensiones: *P. macroloba*.
- Alimentos de consumo directo con especies adaptadas a terrenos inundables: plátano (*Musa paradisiaca*), ocumo chino (*Colocasia esculenta*), palmito (*Euterpe oleracea*, *E. precatoria*).
- Productos para la agroindustria: palmito (*Euterpe oleracea*, *E. precatoria*), aceite de *P. macroloba*.
- Artesanías elaboradas con fibras de "Tirita" (*Ischnosiphon arouma*).
- Animales de corral alimentados con elementos vegetales producidos en el sistema: plátano (*Musa paradisiaca*), ocumo chino (*Colocasia esculenta*), semillas de *Carapa guianensis*.

#### 4. Conclusiones

Los bosques de pantano evaluados están dominados por *Catostemma commune*, pero también son muy abundantes otras especies con maderas de alto y medio valor comercial como *Carapa guianensis*, *Protium decandrum* y *Sterculia pruriens*. Otra especie muy abundante es *Pentaclethra macroloba* la cual no es comercializada actualmente, pero tiene alto valor comercial en Centroamérica. Este grupo de especies tiene una distribución diamétrica regular que permitiría un aprovechamiento continuo de sus poblaciones, siempre y cuando se ejecuten técnicas de impacto reducido.

Adicionalmente, dentro de las adversas condiciones edáficas presentes en Imataca, estos suelos presentan ciertas ventajas porque el efecto tóxico del aluminio está neutralizado por la presencia de calcio. Por lo tanto, se considera conveniente ensayar sistemas

Bosques de pantano en la zona central de la R. F. Imataca, Venezuela  
agroforestales multipropósito, que pudieran mejorar las condiciones socioeconómicas de las comunidades indígenas que habitan en esta zona.

## 5. Agradecimientos

Se recibió un valioso apoyo logístico, durante los trabajos de campo, de las Empresas COMAFOR y Aserradero Hermanos Hernández. La Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT, proyecto 094/04S) aportó los recursos financieros para la realización del estudio.

## 6. Referencias bibliográficas

- ACOSTA, J., S. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A. FAZA y J. AROCENA. 2011. Accumulations of major and trace elements in particle size fractions of soils on eight different parent materials. *Geoderma* 161: 30-42.
- ASERRADERO HERMANOS HERNÁNDEZ. 1992. *Plan de Ordenación y Manejo Forestal*. Unidad C-4 de la Reserva Forestal Imataca. Upata, Venezuela. s/p
- BEARD, J. 1946. The Mora Forests of Trinidad, British West Indies. *Journal of Ecology* 33(2): 173-192.
- BONNEFILLE, R., J. ROELAND y J. GUIOT. 1990. Temperature and rainfall estimates on the past 40,000 years in equatorial Africa. *Nature* 346 (6282): 347-349.
- COLONNELLO, G. 1991. Observaciones fenológicas y producción de hojarasca en un bosque inundable (Várzea) del Río Orinoco. *Interciencia* 16: 202-208.
- COMAFOR. 1995. *Plan de Ordenación y Manejo Forestal*. Unidad C-3, Imataca. Upata, Venezuela. 956 p.
- CURTIS, J. y R. MCINTOSH. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- DAMASCENO-JUNIOR, G., J. SEMIR, F. MAËS y H. DE FREITAS. 2005. Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Río Paraguaí, Pantanal, Brazil. *Flora* 200: 119-135.
- DEZZEO, N. y H. FÖLSTER. 1994. Los suelos - Ecología de la altiplanicie de la Gran Sabana. *Scientia Guianae* 4: 45-86.
- DÍAZ, W. y J. ROSALES. 2008. Análisis fitosociológico y estructural del bosque inundable de várzea de las riberas del bajo río Orinoco. *Kuaway* 1(1): 13-39.
- EWEL, J., A. MADRIZ y J. TOSI. 1976. *Zonas de Vida de Venezuela*. Ministerio de Agricultura y Cría, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas, Venezuela. 264 p.
- FANSHAWE, D. 1952. *The vegetation of British Guiana. A preliminary review*. Imperial

José Rafael Lozada *et al.*

Forestry Institute. Institute Paper No. 29. University of Oxford. Oxford, England. 96 p.

- FINEGAN, B. y C. SABOGAL. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica. *El Chasqui* 17: 3-24.
- FLORES, E. 2002. *Pentaclethra macroleoba* (Willd.) Kuntze. In: *Tropical tree seed manual*. Flores, E. y J. Vozzo (eds.). USDA Forest Service. Washington. 601-604 pp.
- FÖLSTER, H., N. DEZZEO y J. PRIESS. 2001. Soil-vegetation relationship in base-deficient premontane moist forest-savanna mosaics of the Venezuelan Guayana. *Geoderma* 104: 95-113.
- FRANCO, W. 1988. *Los suelos del Lote Boscoso San Pedro y Reservas Forestales Imataca, Guarapiche y Ticoporo*. Trabajo de ascenso para la categoría de Profesor Titular. Facultad de Cs. Forestales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 309 p.
- FUNASAKI, M., H. BARROSO, V. FERNANDES e I. MENEZES. 2016. Amazon rainforest cosmetics: chemical approach for quality control. *Química Nova* 39(2): 194-209.
- GENTRY, A. y C. DODSON. 1987. Contribution of non-trees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica* 19(2): 149-156.
- GONZÁLEZ, V. 2011. Los bosques del delta del Orinoco. *BioLlania* 10: 197-240.
- HARTSHORN, G. 2002. Biogeografía de los bosques neotropicales. In: *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Guariguata, M. y R. Kattan (eds.). Libro Universitario Regional. Cartago, Costa Rica. 59-81 pp.
- HUBER, O. 1995. *Guayana Venezolana – Mapa de Vegetación*. CVG – Edelca, Missouri Botanical Garden. Caracas. Escala 1:2.000.000.
- INTECMACA. 1989. *Plan de Ordenación y Manejo Forestal de la Unidad N-5 de la Reserva Forestal Imataca*. Caracas, Venezuela. s/p.
- KNAB-VISPO, C., J. ROSALES, P.E. BERRY, G. RODRÍGUEZ, L. SALAS, I. GOLDSTEIN, W. DÍAZ y G. AYMARD. 2003. Annotated floristic checklist of the riparian corridor of the lower and middle Río Caura with comments on plant-animal interactions. *Sci. Guianae* 12: 35-139.
- LIEBERMAN, M., D. LIEBERMAN, G. HARTSHORN y R. PERALTA. 1985. Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. *Journal of Ecology* 73:505-516.
- LOZADA, J., J. GUEVARA, P. SORIANO y M. COSTA. 2007. Bosques de colinas y lomas, en la zona central de la Reserva Forestal Imataca, Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana* 22(2): 105-131.

- LOZADA, J. 2.008. *Sucesión vegetal en bosques aprovechados de la Reserva Forestal Caparo y Reserva Forestal Imataca, Venezuela*. Trabajo de Grado. Doctorado en Biología Vegetal. Universidad de Valencia. Valencia, España. 418 p.
- LOZADA, J., L. LUGO, D. SÁNCHEZ, A. VILLARREAL, P. SORIANO y M. COSTA. 2.010. Influencia del suelo sobre las variaciones del sotobosque, en patios de rolas abandonados, Estación Experimental Caparo, Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana* 25(2): 36-56.
- LOZADA, J., J. GUEVARA, P. SORIANO y M. COSTA. 2.011 a. The organismic and the continuous approaches applied to phytosociological relationships in a lowland neotropical forest, Venezuela. *Plant Biosystems* 145 (Supp): 65-73.
- LOZADA, J., J. GUEVARA, C. HERNÁNDEZ, P. SORIANO y M. COSTA. 2.011 b. Los bosques de la zona central de la Reserva Forestal Imataca, Estado Bolívar, Venezuela. *BioLlania* 10 (Edición Especial): 47-62
- LOZADA, J., P. SORIANO y M. COSTA. 2.012. Bosques de Mora (*Mora excelsa* Benth.), en la Reserva Forestal Imataca, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 56(2): 155-166.
- LOZADA, J., P. SORIANO y M. COSTA. 2.014. Relaciones suelo-vegetación en una toposecuencia del Escudo Guayanés, Venezuela. *Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology)* 62 (1): 385-401.
- MAGURRAN, A. 1.988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom and Helm. London, United Kingdom. 179 p.
- MARN-UCV. 2.003. *Bases Técnicas para el Ordenamiento Territorial de la Reserva Forestal Imataca*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 283 p.
- MARRERO, C. 2.011. La vegetación de los humedales de agua dulce de Venezuela. *BioLlania* 10: 250-263.
- MEAVE, J., M. KELLMAN, A. MAC DOUGALL y J. ROSALES. 1.991. Riparian habitats as tropical forest refugia. *Global Ecology and Biogeography Letters* 1991: 69-76.
- PRANCE, G. 1.979. Notes on the vegetation of Amazonia III. The terminology of Amazonian forest types subject to inundation. *Brittonia* 31 (26-38).
- ROSALES, J. 1.990. *Análisis florístico estructural y algunas relaciones ecológicas en un bosque inundable en la boca del Río Mapire, Estado Anzoátegui*. Tesis de Maestría. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas.
- ROSALES, J., E. BRICEÑO, B. RAMOS y G. PICÓN. 1.993. Los Bosques Ribereños en el Área de Influencia del Embalse Guri. *Pantepui* 5: 3-23.

José Rafael Lozada *et al.*

- ROSALES, J., M. BEVILACQUA, W. DIAZ, R. PEREZ, D. RIVAS y S. CAURA. 2.003. Riparian vegetation communities of the Caura River Basin, Bolivar State, Venezuela. *RAP Bulletin of Biological Assessment* 28: 34-48.
- SCHARGEL, R. 2.005. Geomorfología y suelos de los llanos venezolanos. In: *Tierras llaneras de Venezuela*. Hétier, J. y R. López (eds.). IRD, CIDIAT, UNELLEZ. Mérida, Venezuela. 57-113 pp.
- SCHRUBEN, P., J. WYNN, F. GRAY, D. COX, J. STEWART y E. BROOKS. 1.997. *Geology and resource assessment of the Venezuelan Guayana Shield at 1:500.000 scale*. Reston, VA: US Geological Survey.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENK y A. SCHIMPER. 2.004. *Tratado de Botánica*. Actualizado por Sitte P, Weiler E, Kadereit J, Bresinski A, Körner C. Omega, Barcelona. 1.134 pp.
- WEAVER, P. 1.997. *Pterocarpus officinalis* Jacq. Bloodwood. SO-ITF-SM-87. New Orleans, LA. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 7 p.
- WITTMANN, F., J. SCHÖNGART y W. JUNK. 2.010. Phytogeography, species diversity, community structure and dynamics of central Amazonian floodplain forests. In: *Amazonian floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management*. Junk, W., M. Piedade, F. Wittmann, J. Schöngart y P. Parolin (eds.). Springer, Netherlands. 61-102 pp.
- ZINCK, A. 1.980. *Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos*. CIDIAT. Mérida-Venezuela. 114 p.