

# Ecoanatomía de la madera en un bosque húmedo tropical de la Reserva Forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela)

*Wood ecoanatomy in tropical wet forest of Ticoporo Forest Reserve (Barinas, Venezuela)*

WILLIAMS J. LEÓN H.

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Laboratorio de Anatomía de Maderas, Mérida, Venezuela, correo electrónico: wleon@ula.ve

Recibido: 17-09-13 / Aceptado: 3-12-13

## Resumen

Se presenta el estudio de las características ecoanatómicas de los elementos de conducción del xilema secundario para 87 especies de bosque húmedo tropical, colectadas en la Reserva Forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela). Para cada especie se determinó el diámetro, frecuencia y longitud de elementos de vasos y se procedió a calcular los índices de vulnerabilidad y mesomorfía. Se realizaron comparaciones con estudios en otras áreas de transición bosque seco tropical a húmedo tropical (Caparo), seco tropical (El Caimital), muy seco tropical (Mamo) y húmedo premontano (La Mucuy). Las especies estudiadas desarrollan un sistema de conducción de comportamiento mesomórfico y con orientación hacia la eficiencia, excepto en el caso de los representantes de la familia Rubiaceae cuyo comportamiento es de tipo xeromórfico y el sistema de conducción se orienta hacia la seguridad.

**Palabras clave:** ecoanatomía, bosque húmedo tropical, índices de Carlquist, vulnerabilidad, mesomorfía, xeromorfía.

## Abstract

Ecoanatomical features in conductive system of secondary xylem from 87 species in tropical wet forest were studied. Samples were collected in Ticoporo Forest Reserve (Barinas, Venezuela). For each species, vessel diameter, vessel frequency and vessel element length were measured. Vulnerability and mesomorphy index were calculated. Comparative analysis with others studies in transition between dry tropical forest and wet tropical forest (Caparo), dry tropical forest (El Caimital), very dry tropical forest (Mamo) and premontane wet forest (La Mucuy) was done. Species studied presents a mesomorphic conductive system oriented to efficiency, except in Rubiaceae that shows a xeromorphic type behaviour oriented to efficiency.

**Key words:** ecoanatomy, wet tropical forest, Carlquist index, vulnerability, mesomorphy, xeromorphy.

## 1. Introducción

Las condiciones del medio ambiente juegan un papel fundamental en el tipo de comunidad vegetal que se puede establecer en un sitio determinado. El éxito del desarrollo de individuos de determinada especie radica en la adaptación de algunos de sus caracteres a las condiciones del medio, especialmente en lo relacionado con la cantidad de humedad disponible. Una alta o baja tasa de precipitación o la existencia de suelos cuya textura garantice una adecuada retención de humedad o una alta pérdida de agua, son elementos que de una u otra forma inciden sobre las características de los elementos de conducción de las plantas. En el caso de las angiospermas leñosas, caracteres de los va-

sos como tamaño, frecuencia y longitud de elementos vasculares pueden variar dimensionalmente en función de las condiciones del sitio. Medina *et al.* (2013) señalan que la arquitectura hidráulica de la madera de una especie puede ser entendida como una de las estrategias de adaptación al ambiente donde se desarrolla y por ello puede ser interpretada desde una perspectiva ecológica e indican que aspectos estructurales del tejido xilemático como el diámetro, longitud, frecuencia y agrupamiento de sus células conductoras permiten estimar el grado de seguridad o eficiencia conductiva que presentan las especies en determinado sitio o etapa de su desarrollo. Desde la década de los setenta del siglo pasado, se han desarrollado investigaciones con el fin de conocer los cambios o adaptaciones

de elementos anatómicos xilemáticos ante variaciones en las características del medio donde se desarrollan las plantas. Baas (1973), con el estudio de características en especies del género *Ilex* ante variaciones de latitud y altitud, da inicio a una serie de trabajos en los que se han investigado diferentes grupos taxonómicos en una amplia variedad de localidades geográficas, buscando conocer las posibles variaciones de características anatómicas ante diferencias en algunas condiciones del medio ambiente donde crecen. Carlquist (1977) presenta una herramienta para cuantificar el comportamiento del sistema de conducción en plantas leñosas y diseña dos índices (vulnerabilidad y mesomorfía) que permiten clasificar a individuos como xeromórficos o mesomórficos de acuerdo a los valores arrojados por los índices mencionados y en función de ello, determinar si el sistema de conducción posee características que garantizan seguridad o eficiencia en el movimiento de líquidos. Desde ese momento, son numerosas las investigaciones que han tomado como elemento de análisis los índices de Carlquist y entre las más recientes se encuentran Montañón-Arias (2013), Franco (2012), Moglia *et al.* (2012), Polanco y Grande (2009), Quintana-Isaias *et al.* (2009) y Yaman (2008). En Venezuela, también se han realizado estudios ecoanatómicos, utilizando los índices de Carlquist en zona de vida bosque seco tropical (León, 2005), transición bosque seco a húmedo tropical (León, 2014), bosque húmedo premontano o selva nublada andina (Parra, 2010; Pérez, 1989), bosque muy seco tropical (Lindorf, 1994), bosque seco premontano subtropical (León, 2002), manglar (León, 2001) y bosque de galería (Silva, 1991). Otros estudios incluyen, de manera simultánea y con perspectivas ecológicas, la anatomía xilemática y foliar (Gámez, 2013; Araque y Gámez, 2004; Lindorf, 1997) o la comparación entre posiciones fisiográficas dentro de un área de bosque húmedo tropical (Araque y León, 2006). Según Ewell *et al.* (1968), el área de bosque húmedo tropical es la segunda en extensión en Venezuela ocupando el 27,5 % de la superficie del país. Tomando en cuenta la amplitud geográfica cubierta por condiciones de bosque húmedo tropical, se considera importante mantener continuidad en la realización de estudios ecoanatómicos dentro de esta zona de vida, especialmente en aquellas áreas que en un momento dado fueron declaradas bajo régimen de administración especial y que han aportado datos de gran

importancia sobre la dinámica del bosque tropical; por esa razón el presente estudio tiene como objetivo hacer un análisis cuantitativo de los elementos de conducción de especies que crecen en la Reserva Forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela).

## 2. Materiales y métodos

El material de estudio está representado por muestras de madera de 87 especies (Cuadro 1) recolectadas en las unidades II y IV de la Reserva Forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela) y pertenecientes a la Xiloteca MER del Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Universidad de Los Andes (Mérida, Venezuela). La R. F. Ticoporo se encuentra ubicada en la región de los Llanos Occidentales de Venezuela, al oeste del estado Barinas, en jurisdicción del municipio Antonio José de Sucre. Geográficamente se localiza entre 70° 17' 49" y 70° 73' 72" de longitud oeste y 7° 48' 49" y 8° 18' 08" de latitud norte (Figura 1) (Osorio y Pozzobon, 2003). Sepúlveda *et al.* (2008), indican que el clima dentro de la Reserva Forestal Ticoporo se caracteriza por una fuerte estacionalidad de precipitación, con una estación seca de cuatro a cinco meses (diciembre-marzo) mientras que la estación húmeda se extiende por seis meses (mayo-octubre). La precipitación promedio anual oscila entre 1.700 y 2.100 mm, aunque en algunas zonas se pueden presentar valores por encima de 2.100 mm. La estación pluviométrica más cercana al área de recolección de material (estación Bum-Bum) registra valores de 2.418 mm/año. Los meses de mayor pluviosidad son junio, julio y agosto donde se presentan valores que superan los 250 mm. La temperatura promedio anual es de 26,7 °C, siendo los meses más cálidos marzo y abril (Figura 2). Ewell *et al.* (1968) clasifica el área de la R. F. Ticoporo como bosque húmedo tropical de acuerdo al sistema de Holdridge. En la actualidad, la vegetación que queda en la zona de estudio se restringe a pequeñas manchas con bosques muy intervenidos, la cobertura boscosa ha sido eliminada en grandes áreas, donde las formas herbáceas dominan y en ciertos lugares se observan parcelas cultivadas de maíz, yuca, plátano y sorgo dependiendo del mes en que se realice la siembra (Sepúlveda *et al.*, 2008). Por cada especie se estudiaron 1-4 individuos y de cada uno de ellos se extrajeron cubos de, aproximadamente, 1,5 cm<sup>3</sup>. Fueron so-

**Cuadro 1.** Especies estudiadas, muestra de madera (Xiloteca MERw) y muestra botánica (Herbario MER).

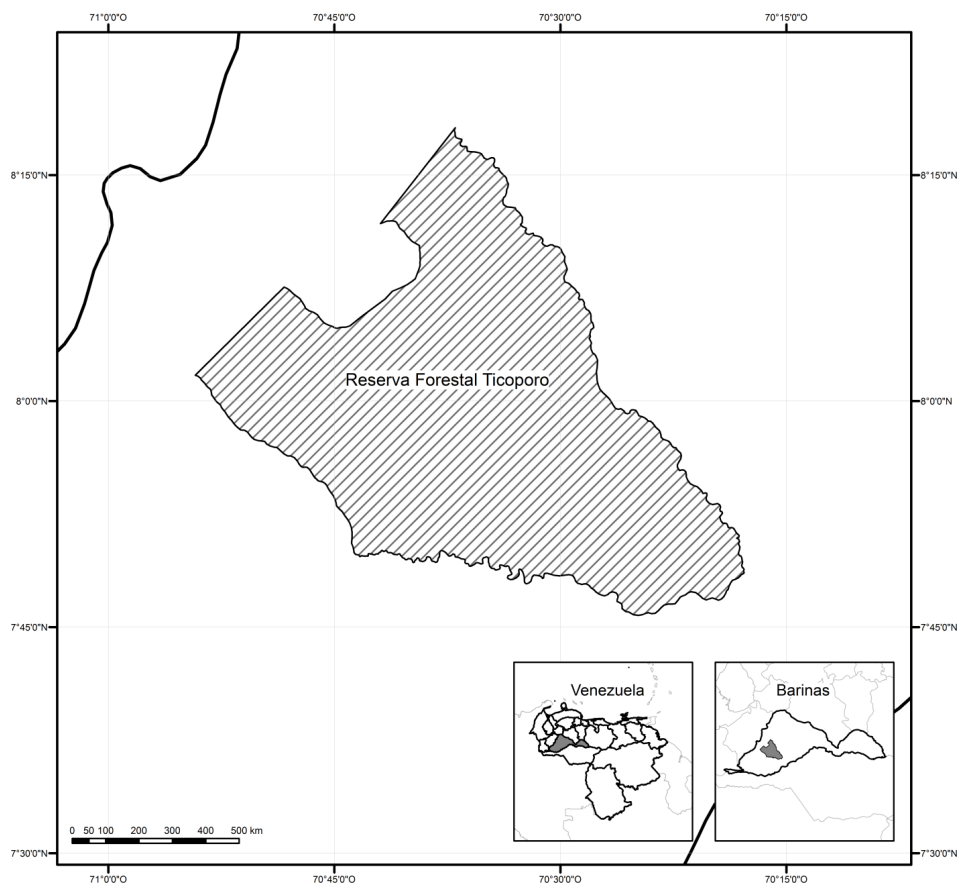
| Familia                      | Especie                                 | Muestra Xiloteca MERw     | Muestra Herbario MER      |
|------------------------------|---|---------------------------|---------------------------|
| ACHARIACEAE                  | <i>Lindackeria</i> cf. <i>laurina</i>   | X3722                     | PE 88                     |
| ANACARDIACEAE                | <i>Anacardium excelsum</i>              | X3679                     | PE45                      |
|                              |   | X4522                     | 14 Gutiérrez (025488)     |
|                              |   | X4523                     | 33 Gutiérrez (025561)     |
|                              |   | X5674                     | V01 1 Ba León / Hernández |
|                              | <i>Astronium graveolens</i>             | X3638                     | PE 04                     |
| <i>Spondias mombin</i>       | X3685                                   | PE 51                     |                           |
| <i>Tapirira guianensis</i>   | X3682                                   | PE 48                     |                           |
| ANNONACEAE                   | <i>Annona jahnii</i>                    | X1855                     | 4020 Breteler (018895)    |
|                              | <i>Annona montana</i>                   | X4217                     | 3701 Breteler (018897)    |
|                              | <i>Gutteria</i> aff. <i>laurina</i>     | X1844                     | 3957 Breteler (018907)    |
|                              | <i>Xylopia</i> aff. <i>discreta</i>     | X4218                     | 3729 Breteler (018319)    |
| APOCYNACEAE                  | <i>Aspidosperma</i> sp.                 | X3720                     | PE 86                     |
|                              | <i>Himatanthus articulatus</i>          | X1827                     | 3912 Breteler (018951)    |
|                              |   | X3701                     | PE 67                     |
| ARALIACEAE                   | <i>Dendropanax arboreus</i>             | X3645                     | PE 11                     |
|                              |   | X6776                     | 878 Marcano Berti         |
|                              | <i>Schefflera morototoni</i>            | X3665                     | PE 31                     |
|                              |   | X3729                     | PE 95                     |
| BIGNONIACEAE                 | <i>Handroanthus serratifolius</i>       | X3670                     | PE 36                     |
|                              | <i>Jacaranda copaia</i>                 | X3674                     | PE 40                     |
|                              | <i>Jacaranda</i> cf. <i>obtusifolia</i> | X3719                     | PE 85                     |
|                              | <i>Tabebuia rosea</i>                   | X3663                     | PE 29                     |
|                              |   | X4526                     | 39 Gutiérrez (025564)     |
| X4527                        |   | 51 Gutiérrez (025575)     |                           |
|                              | X5639                                   | V15 1 Ba León / Hernández |                           |
|                              | X5640                                   | V15 2 Ba León / Hernández |                           |
| BIXACEAE                     | <i>Cochlospermum orinocense</i>         | X3725                     | PE 91                     |
| BORAGINACEAE                 | <i>Cordia bicolor</i>                   | X3689                     | PE 55                     |
|                              |   |                           |                           |
|                              | <i>Cordia thaisiana</i>                 | X3659                     | PE 25                     |
|                              |   | X5614                     | V16 1 Ba León / Hernández |
|                              |   | X5615                     | V16 1 Ba (050368)         |
|                              | X5616                                   | V16 1 Ba León / Hernández |                           |
| BURSERACEAE                  | <i>Protium crenatum</i>                 | X3644                     | PE 10                     |
|                              |   | X5604                     | V13 1 Ba León / Hernández |
|                              |   | X5605                     | V13 2 Ba (050351)         |
|                              |   | X6777                     | 895 Marcano Berti         |
|                              | <i>Protium tenuifolium</i>              | X3654                     | PE 20                     |
|                              |   | X6680                     | 3679 Breteler             |
|                              | <i>Trattinnickia lawrancei</i>          | X3673                     | PE 39                     |
| CANNABACEAE                  | <i>Trema micrantha</i>                  | X3695                     | PE 61                     |
| CHRYSOBALANACEAE             | <i>Licania parviflora</i>               | X3669                     | PE 35                     |
| CLUSIACEAE                   | <i>Garcinia madruno</i>                 | X3660                     | PE 26                     |
| COMBRETACEAE                 | <i>Terminalia amazonia</i>              | X4546                     | 41 Gutiérrez (025561)     |
|                              |   | X4547                     | 60 Gutiérrez (025511)     |
|                              |   | X4548                     | 83 Gutiérrez (025484)     |
|                              |   | X4549                     | 86 Gutiérrez (025490)     |
|                              | <i>Terminalia guyanensis</i>            | X4535                     | 37 Gutiérrez              |
|                              |   | X4536                     | 63 Gutiérrez              |
|                              |   | X4537                     | 89 Gutiérrez (025494)     |
|                              | <i>Terminalia oblonga</i>               | X5609                     | V14 1 Ba León / Hernández |
|                              |   | X5611                     | V14 3 Ba León / Hernández |
|                              |   | X5612                     | V14 4 Ba León / Hernández |
| X5613                        |   | V14 1 Ba (050363)         |                           |
| ELAEOCARPACEAE               | <i>Sloanea terniflora</i>               | X3733                     | PE 99                     |
| EUPHORBIACEAE                | <i>Alchornea</i> sp.                    | X3690                     | PE 56                     |
|                              | <i>Sapium glandulosum</i>               | X3661                     | PE 27                     |
| FABACEAE:<br>Caesalpinoideae | <i>Copaifera officinalis</i>            | X3668                     | PE34                      |
|                              |   | X5584                     | V17 1 Ba León / Hernández |
|                              |   | X5585                     | V17 2 Ba León / Hernández |
|                              |   | X5586                     | V17 3 Ba (049766)         |

**Cuadro 1.** Continuación.

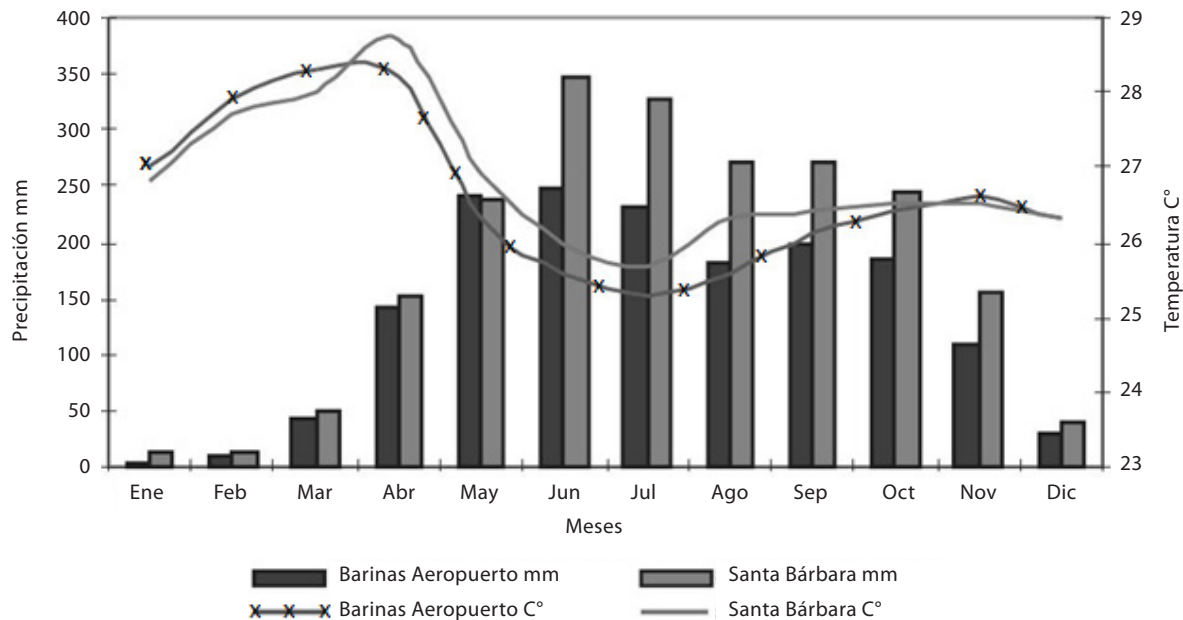
|                          |  |   |  |
|--------------------------|--|---|--|
|                          | <i>Copaifera pubiflora</i>                 | X4541<br>X4543<br>X4544<br>X4545          | 57 Gutiérrez (025508)<br>79 Gutiérrez (025529)<br>80 Gutiérrez (025530)<br>81 Gutiérrez (025486)                 |
|                          | <i>Swartzia leptopetala</i>                | X3713                                     | PE 79  |
| FABACEAE: Mimosoideae    | <i>Albizia guachapele</i>                  | X3711                                     | PE 77  |
|                          | <i>Enterolobium schomburgkii</i>           | X3680                                     | PE 46  |
|                          | <i>Enterolobium</i> cf. <i>cyclocarpum</i> | X3658<br>X3716                            | PE 24<br>PE 82   |
| FABACEAE: Faboideae      | <i>Andira retusa</i>                       | X3671                                     | PE 37  |
|                          | <i>Erythrina</i> sp.                       | X3737                                     | PE 103   |
|                          | <i>Lonchocarpus stramineus</i>             | X3657                                     | PE 23  |
|                          | <i>Ormosia lignivalvis</i>                 | X3662                                     | PE 28  |
|                          | <i>Pterocarpus acapulcensis</i>            | X1826<br>X3686<br>X5669<br>X5670<br>X5671 | 3906 Breteler<br>PE 52<br>V08 1 Ba León / Hernández<br>V08 2 Ba León / Hernández<br>V08 3 Ba León / Hernández    |
|                          | <i>Pterocarpus rohrii</i>                  | X1843                                     | 3956 Breteler  |
| LAMIACEAE                | <i>Vitex orinocensis</i>                   | X3651<br>X3721                            | PE 17<br>PE 87   |
|                          | <i>Vitex sprucei</i>                       | X6678                                     | 920 Marcano Berti  |
| LAURACEAE                | <i>Nectandra hihua</i>                     | X6676                                     | 875 Marcano Berti  |
|                          | <i>Nectandra reticulata</i>                | X3639                                     | PE 05  |
| LECYTHIDACEAE            | <i>Couroupita guianensis</i>               | X3678                                     | PE 44  |
| MALPIGHIACEAE            | <i>Byrsonima</i> sp.                       | X3727                                     | PE 93  |
| MALVACEAE: Bombacoideae  | <i>Ceiba pentandra</i>                     | X3640                                     | PE 06  |
|                          | <i>Ochroma pyramidale</i>                  | X3704                                     | PE 70  |
|                          | <i>Pachira quinata</i>                     | X3664<br>X4518<br>X4520<br>X4521          | PE 30<br>2 Gutiérrez (025538)<br>65 Gutiérrez (025515)<br>74 Gutiérrez (025524)                                  |
| MALVACEAE: Grewioideae   | <i>Goethalsia meiantha</i>                 | X3677                                     | PE 43  |
|                          | <i>Luehea cymulosa</i>                     | X3666                                     | PE 32  |
| MALVACEAE: Sterculoideae | <i>Sterculia apetala</i>                   | X3637<br>X5651<br>X5652<br>X5653          | PE 03<br>V09 3 Ba León / Hernández<br>V09 4 Ba León / Hernández<br>V09 5 Ba León / Hernández                     |
| MELASTOMATAACEAE         | <i>Mouriri barinensis</i>                  | X3641<br>X5599<br>X5600<br>X5601          | PE 07<br>V05 1 Ba León / Hernández<br>V05 2 Ba León / Hernández<br>V05 3 Ba León / Hernández                     |
| MELIACEAE                | <i>Cedrela odorata</i>                     | X3692                                     | PE 58  |
|                          | <i>Guarea guidonia</i>                     | X3643                                     | PE 09  |
|                          | <i>Swietenia macrophylla</i>               | X3648                                     | PE 14  |
|                          | <i>Trichilia martiana</i>                  | X1842                                     | 3955 Breteler  |
| MORACEAE                 | <i>Brosimum alicastrum</i>                 | X5655<br>X5656<br>X5657<br>X5658          | V07 2 Ba León / Hernández<br>V07 3 Ba León / Hernández<br>V07 4 Ba León / Hernández<br>V07 5 Ba León / Hernández |
|                          | <i>Brosimum lactescens</i>                 | X6651                                     | 3965 Breteler  |
|                          | <i>Ficus</i> aff. <i>insipida</i>          | X3676                                     | PE 42  |
|                          | <i>Maclura tinctoria</i>                   | X3731                                     | PE 97  |
|                          | <i>Sorocea sprucei</i>                     | X6673                                     | 860 Marcano Berti  |
| MYRISTICACEAE            | <i>Virola</i> sp.                          | X3700                                     | PE 66  |
| NYCTAGINACEAE            | <i>Guapira</i> cf. <i>opposita</i>         | X3734                                     | PE 100   |
| OCHNACEAE                | <i>Ouratea</i> sp.                         | X3726                                     | PE 92  |
| PERACEAE                 | <i>Pera bicolor</i>                        | X3649                                     | PE 15  |

**Cuadro 1.** Continuación.

|                |                                |                                  |  |
|----------------|--------------------------------|----------------------------------|--|
| PHYLLANTHACEAE | <i>Hieronyma alchorneoides</i> | X3635<br>X4539<br>X4540          | PE 01<br>85 Gutiérrez (025489)<br>91 Gutiérrez (025492)  |
| POLYGONACEAE   | <i>Ruprechtia ramiflora</i>    | X3712                            | PE 78  |
|                | <i>Triplaris caracasana</i>    | X3687                            | PE 53  |
| RUBIACEAE      | <i>Bertiera guianensis</i>     | X4226<br>X4230                   | 3937 Breteler<br>4045 Breteler   |
|                | <i>Chomelia venezuelensis</i>  | X4228                            | 4017 Breteler  |
|                | <i>Genipa americana</i>        | X6675                            | 874 Marcano Berti  |
|                | <i>Posoqueria panamensis</i>   | X4223<br>X6674                   | 3706 Breteler<br>871 Marcano Berti   |
|                | <i>Rudgea crassiloba</i>       | X1854                            | 4016 Breteler  |
|                | RUTACEAE                       | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>    | X3655  |
| SAPINDACEAE    | <i>Billia rosea</i>            | X1845                            | 3961 Breteler  |
|                | <i>Talisia</i> sp.             | X3724                            | PE 90  |
| SAPOTACEAE     | <i>Chrysophyllum</i> sp.       | X3702                            | PE 68  |
|                | <i>Pouteria reticulata</i>     | X5644<br>X5645<br>X5646<br>X5647 | V04 1 Ba León / Hernández<br>V04 2 Ba León / Hernández<br>V04 3 Ba León / Hernández<br>V04 4 Ba León / Hernández |
|                | <i>Pouteria trilocularis</i>   | X4216                            | 3971 Breteler  |
|                | SIMAROUBACEAE                  | <i>Simaba orinocensis</i>        | X3683<br>X3718   |
| URTICACEAE     | <i>Cecropia peltata</i>        | X3694                            | PE 60  |
| VERBENACEAE    | <i>Citharexylum poeppigii</i>  | X3693                            | PE 59  |



**Figura 1.** Área de estudio. Ubicación relativa de la Reserva Forestal Ticoporo.



**Figura 2.** Precipitación y temperatura media mensual tomadas en las estaciones de Santa Bárbara (Período 1971-1994) y Aeropuerto Barinas (Período 1976-1991) (Sepúlveda *et al.*, 2008).

metidos a un proceso de ablandamiento en agua hirviendo por tiempos que oscilaron entre 1 y 48 h dependiendo del grado de dureza de la madera. Una vez completado el proceso de ablandamiento, con el uso de un micrótopo de deslizamiento, se procedió a realizar cortes para obtener secciones transversales, tangenciales y radiales de 20-25  $\mu\text{m}$  de espesor. Las secciones fueron sometidas a un proceso de tinción con safranina (2-4 h) para luego pasar a una fase de deshidratación y aclaramiento en baños sucesivos de alcohol al 70 % (10 min), 75 % (10 min), 95 % (2 h), alcohol-xilol (proporción 1:1, 20 min) y xilol (2-3 h). Finalmente se procedió al respectivo montaje y rotulado de muestras. Paralelamente se preparó tejido macerado mediante la colocación de astillas de madera en una solución de peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial (1:1), las cuales fueron llevadas a estufa (50 °C, 12 h) para luego individualizar los elementos celulares mediante fricción mecánica, aplicar tinción utilizando safranina (30 min) y proceder al respectivo montaje. En las secciones obtenidas se determinaron los caracteres relacionados con diámetro y frecuencia de vasos, mientras que en el tejido macerado se determinó la longitud de elementos de los vasos. El número de mediciones realizado para cada individuo fue el estipulado por IAWA Committee (1989). Se realizó un análisis estadístico para determinar

los valores correspondientes al promedio, desviación, máximo, mínimo y coeficiente de variación. Cada carácter determinado fue clasificado de acuerdo a las categorías dimensionales establecidas por IAWA Committee (1989). Se calcularon los índices de vulnerabilidad y mesomorfía propuestos por Carlquist (1977):

$$IV = Dv / \text{Frecuencia de vasos}$$

$$IM = IV * LEV$$

Donde:

IV = índice de vulnerabilidad

Dv = diámetro de los vasos

IM = índice de mesomorfía

LEV = longitud de elementos de los vasos

De acuerdo a los valores obtenidos en los índices de vulnerabilidad y mesomorfía, las especies estudiadas fueron agrupadas utilizando las categorías presentadas por León (2005) para así facilitar las comparaciones con otros estudios realizados en el país. Siguiendo lo indicado por Carlquist (1977) y Scholz *et al.* (2013), los valores de IV e IM permiten determinar el tipo de comportamiento (xeromórfico o mesomórfico) y conocer si el sistema de conducción orienta sus características a condiciones de eficiencia o seguridad.

IV < 1 = alto grado de xeromorfía;

IV > 3 = comportamiento mesomórfico



(Scholz *et al.*, 2013)

IM < 30 = alto grado de xeromorfía;

IM > 200 = comportamiento mesomórfico

(Scholz *et al.*, 2013).

### 3. Resultados y discusión

En el cuadro 2 se presentan los valores correspondientes a frecuencia y diámetro de vasos, así como la longitud de los elementos de los vasos para cada una de las especies estudiadas. En cuanto a la frecuencia, los valores oscilaron entre un mínimo de 1 vaso/mm<sup>2</sup> (*Jacaranda copaia*, *Cochlospermum orinocense*, *Erythrina* sp., *Ceiba pentandra*, *Ficus* aff. *insipida*) y un máximo de 106 vasos/mm<sup>2</sup> (*Rudgea crassiloba*). A pesar de esta amplia variación, el 90,8 % de las especies estudiadas se ubican en las categorías de menor frecuencia establecidas por IAWA Committee (1989) (Cuadro 3, Figura 3). Las mayores frecuencias se concentraron en los representantes de la familia Rubiaceae, observándose que de las ocho especies ubicadas en las categorías III-V indicadas por IAWA Committee (1989), cinco corresponden a esta familia. Con respecto al diámetro de los vasos (Cuadro 2, Figura 4), los valores oscilaron entre un mínimo de 41 µm (*Rudgea crassiloba*) y un máximo de 366 µm (*Erythrina* sp.). Desde el punto de vista de categorías diamétricas, el 91,95 % de las especies presentan vasos medianos (categoría III, 100-200 µm) a grandes (categoría IV, > 200 µm) mientras que sólo siete especies se ubicaron en la categoría de muy pequeños (categoría I, < 50 µm) a pequeños (categoría II, 50-100 µm), de las cuales cinco pertenecen a la familia Rubiaceae. En relación a la longitud de elementos de los vasos (Cuadro 2, Figura 5), los valores oscilaron entre un promedio mínimo de 183 µm (*Guapira* cf. *opposita*) y un máximo de 952 µm (*Lindackeria* cf. *laurina*). En general, más del 95 % de las especies estudiadas se ubicaron en las categorías de elementos de vasos cortos (categoría I, < 350 µm) a medianos (categoría II, 350-800 µm) y sólo un 4,60 % presentaron elementos de vasos largos (categoría III, > 800 µm). Estableciendo comparaciones con lo reportado para otras zonas de vida de Venezuela (Cuadro 3), como el bosque seco tropical de El Caimital (Barinas), bosque de transición entre seco y húmedo tropical de Caparo (Barinas), bosque muy seco tropical de Mamo (Distrito Ca-

pital) y bosque húmedo premontano de La Mucuy (Mérida), se observa que la frecuencia de vasos de bosque seco tropical y húmedo tropical tienen un comportamiento similar en el sentido que más del 80 % de las especies se ubican en las categorías I y II de IAWA Committee (1989); mientras que en el bosque muy seco tropical la mayor proporción se concentra en las categorías III y IV, sin ningún representante en la categoría I y sólo un 5,26 % en la II. Con respecto al bosque húmedo premontano, aún cuando la mayor proporción de especies se ubica en la categoría II (63,16 %), hay diferencias en cuanto a una menor proporción en la categoría I. En relación al diámetro de los vasos (Cuadro 3), se encontró que la mayor proporción de especies se concentra en la categoría III (100-200 µm) de IAWA Committee (1989), situación que coincide con lo reportado en bosque seco tropical, húmedo tropical y húmedo premontano y difiere con lo observado en el bosque muy seco tropical donde sólo el 5,26 % de las especies supera los diámetros de 100 µm. Por otra parte, la longitud de los elementos de los vasos (Cuadro 3) mantiene similitud con el reportado para Caparo con la mayor proporción de especies ubicadas en las categorías I (LEV < 350 µm) y II (350-800 µm) de IAWA Committee (1986). Con respecto al bosque húmedo premontano (Pérez, 1989), la diferencia más notable es la alta proporción de especies (31,58 %) en la categoría III (LEV > 800 µm) en esta zona de vida, mientras que en relación al bosque muy seco tropical, la mayor concentración de especies se ubica en la categoría I (78,95 %).

Los índices de Carlquist mostraron amplia variación en cuanto a los valores arrojados (Cuadro 2), pero se pueden considerar como relativamente homogéneos en relación al tipo de comportamiento que reflejan. Los valores obtenidos en el índice de vulnerabilidad (IV) oscilaron entre 0,38 (*Rudgea crassiloba*) y 256,6 (*Cochlospermum orinocense*). De acuerdo a lo indicado por Carlquist (1977), los IV inferiores a la unidad denotan un comportamiento xeromórfico y esto se observó sólo en cuatro especies, pertenecientes a la familia Rubiaceae, las cuales representan el 4,6 % del total estudiado. El 80 % de las especies de Rubiaceae incluidas en este estudio presentaron comportamiento xeromórfico y la única que presentó IV mayor al límite entre xeromorfía y mesomorfía fue *Genipa americana*, sin embargo su valor fue relativamente bajo

**Cuadro 2.** Características cuantitativas de los vasos: vasos/mm<sup>2</sup>, diámetro de vasos, longitud de elementos de los vasos (mínimo, promedio, desviación, máximo, número de mediciones, coeficiente de variación), índice de vulnerabilidad y mesomorfía.

| Familia                              | Especie                           | Vasos/<br>mm <sup>2</sup> | Diámetro de vasos (µm)                               | Long. Elementos de los vasos<br>(µm)                  | IV    | IM        |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|---|-------|-----------|
| ACHARIACEAE                          | <i>Lindackeria cf. laurina</i>    | 3                         | (140-) 180 ± 21,70 (-215)<br>n = 25; CV = 12,06 %    | (550-) 951,94 ± 216,39(-1320)<br>n = 25; CV = 22,73 % | 60    | 57116,4   |
| ANACARDIACEAE                        | <i>Anacardium excelsum</i>        | 2,75                      | (150-) 221,1 ± 40,70 (-350)<br>n = 100; CV = 18,41 % | (240-) 479,74 ± 121,09 (-830)<br>n = 97; CV = 25,26 % | 80,4  | 38571,1   |
|                                      | <i>Astronium graveolens</i>       | 7                         | (100-) 132 ± 16,20 (-160)<br>n = 25; CV = 12,27 %    | (160-) 382,8 ± 103,24 (-600)<br>n = 25; CV = 26,96 %  | 18,86 | 7219,61   |
|                                      | <i>Spondias mombin</i>            | 7                         | (175-) 238,8 ± 32,76 (-305)<br>n = 25; CV = 13,74 %  | (315-) 457,4 ± 77,11 (-600)<br>n = 25; CV = 16,86 %   | 34,11 | 15601,91  |
|                                      | <i>Tapirira guianensis</i>        | 11                        | (95-) 157,6 ± 21,66 (-185)<br>n = 25; CV = 13,71 %   | (310-) 468,2 ± 109,25 (-795)<br>n = 25; CV = 23,33 %  | 14,33 | 6709,31   |
| ANNONACEAE                           | <i>Annona jahnii</i>              | 7                         | (80-) 110,4 ± 16,26 (-140)<br>n = 25; CV = 14,73 %   | (190-) 281,8 ± 46,75 (-365)<br>n = 25; CV = 16,59 %   | 15,77 | 4443,99   |
|                                      | <i>Annona montana</i>             | 7                         | (95-) 131,6 ± 15,46 (-160)<br>n = 25; CV = 11,75 %   | (160-) 249,6 ± 41,41 (-340)<br>n = 25; CV = 16,59 %   | 18,8  | 4692,48   |
|                                      | <i>Guatteria laurina</i>          | 3                         | (145-) 186,8 ± 24,45 (-230)<br>n = 25; CV = 13,09 %  | (225-) 371,2 ± 81,98 (-560)<br>n = 25; CV = 22,08 %   | 62,27 | 23114,62  |
|                                      | <i>Xylopia discreta</i>           | 13                        | (80-) 109 ± 15,68 (-135)<br>n = 25; CV = 14,38 %     | (290-) 427 ± 68,07 (-555)<br>n = 25; CV = 15,94 %     | 8,38  | 3580,23   |
| APOCYNACEAE                          | <i>Aspidosperma</i> sp.           | 54                        | (55-) 77 ± 9,89 (-95)<br>n = 25; CV = 12,84 %        | (195-) 553,8 ± 211,37 (-930)<br>n = 25; CV = 38,17 %  | 1,43  | 791,93    |
|                                      | <i>Himatanthus articulatus</i>    | 10,5                      | (80-) 139,6 ± 41,29 (-240)<br>n = 50; CV = 29,58 %   | (285-) 536 ± 141,92 (-840)<br>n = 50; CV = 26,48 %    | 13,29 | 7123,44   |
| ARALIACEAE                           | <i>Dendropanax arboreus</i>       | 41,5                      | (65-) 101,4 ± 19,30 (-145)<br>n = 50; CV = 19,03 %   | (400-) 771 ± 164,61 (-1110)<br>n = 50; CV = 21,35 %   | 2,44  | 1883,4    |
|                                      | <i>Schefflera morototoni</i>      | 12,5                      | (95-) 142,8 ± 22,61 (-205)<br>n = 50; CV = 15,83 %   | (455-) 921,6 ± 192,5 (-1300)<br>n = 50; CV = 20,89 %  | 11,4  | 10506,24  |
| BIGNONIACEAE                         | <i>Handroanthus serratifolius</i> | 13                        | (100-) 114,8 ± 15,03 (-160)<br>N = 25; CV = 13,09 %  | (230-) 303,4 ± 35,99 (-375)<br>n = 25; CV = 11,86 %   | 8,83  | 2679,02   |
|                                      | <i>Jacaranda copaia</i>           | 1                         | (175-) 203,6 ± 21,34 (-260)<br>n = 25; CV = 10,48 %  | (270-) 417,9 ± 111,85 (-650)<br>n = 24; CV = 26,76 %  | 203,6 | 85084,44  |
|                                      | <i>Jacaranda cf. obtusifolia</i>  | 17                        | (75-) 101,6 ± 12,64 (-125)<br>n = 25; CV = 12,44 %   | (220-) 364,4 ± 71,68 (-480)<br>n = 25; CV = 19,67 %   | 5,98  | 2179,11   |
|                                      | <i>Tabebuia rosea</i>             | 9,2                       | (95-) 140,05 ± 19,93 (-195)<br>n = 25; CV = 14,23 %  | (210-) 323,03 ± 41,90 (-405)<br>n = 99; CV = 12,97 %  | 15,22 | 4916,52   |
| BIXACEAE                             | <i>Cochlospermum orinocense</i>   | 1                         | (190-) 256,6 ± 37,21 (-325)<br>n = 25; CV = 14,5 %   | (320-) 453,6 ± 83,07 (-630)<br>n = 25; CV = 18,31 %   | 256,6 | 116393,76 |
| BORAGINACEAE                         | <i>Cordia bicolor</i>             | 3                         | (130-) 173,4 ± 26,25 (-230)<br>n = 25; CV = 15,14 %  | (185-) 246,47 ± 36,65 (-300)<br>n = 17; CV = 14,87 %  | 57,8  | 14245,97  |
|                                      | <i>Cordia thaisiana</i>           | 11,5                      | (100-) 144,9 ± 18,08 (-190)<br>n = 100; CV = 12,48 % | (135-) 261,4 ± 60,17 (-420)<br>n = 100; CV = 23,02 %  | 12,6  | 3293,64   |
| BURSERACEAE                          | <i>Protium crenatum</i>           | 18                        | (80-) 121,45 ± 17,05 (-165)<br>n = 100; CV = 14,04 % | (200-) 335,9 ± 80,43 (-630)<br>n = 100; CV = 23,94 %  | 6,75  | 2267,32   |
|                                      | <i>Protium tenuifolium</i>        | 12,5                      | (85-) 116,4 ± 17,02 (-165)<br>n = 50; CV = 14,62 %   | (210-) 339,8 ± 88,16 (-520)<br>n = 50; CV = 25,94 %   | 9,31  | 3163,54   |
|                                      | <i>Trattinnickia lawrancei</i>    | 5                         | (150-) 210,2 ± 38,15 (-290)<br>n = 25; CV = 18,15 %  | (260-) 472,4 ± 104,66 (-700)<br>n = 25; CV = 22,15 %  | 42,04 | 19859,7   |
| CANNABACEAE<br>CHRYSOBALANA-<br>CEAE | <i>Trema micrantha</i>            | 12                        | (125-) 159,4 ± 21,33 (-200)<br>n = 25; CV = 13,38 %  | (220-) 440,6 ± 109,66 (-600)<br>n = 25; CV = 24,89 %  | 13,28 | 5851,17   |
|                                      | <i>Licania parviflora</i>         | 2                         | (180-) 237,8 ± 31,66 (-340)<br>n = 25; CV = 13,31 %  | (240-) 553,2 ± 153,72 (-830)<br>n = 25; CV = 27,79 %  | 118,9 | 65775,48  |
| CLUSIACEAE                           | <i>Garcinia madruno</i>           | 8                         | (95-) 128,4 ± 23,39 (-190)<br>n = 25; CV = 18,22 %   | (300-) 595 ± 118,3 (-760)<br>n = 25; CV = 19,88 %     | 16,05 | 9549,75   |
| COMBRETACEAE                         | <i>Terminalia amazonia</i>        | 9                         | (100-) 146,1 ± 20,65 (-195)<br>n = 100; CV = 14,13 % | (185-) 390,91 ± 99,05 (-640)<br>n = 100; CV = 25,34 % | 16,23 | 6344,47   |
|                                      | <i>Terminalia guyanensis</i>      | 4,33                      | (130-) 184,8 ± 30,83 (-260)<br>n = 75; CV = 16,68 %  | (220-) 396,73 ± 94,2 (-590)<br>n = 75; CV = 23,74 %   | 42,68 | 16932,44  |
|                                      | <i>Terminalia oblonga</i>         | 8                         | (105-) 146,8 ± 22,61 (-215)<br>n = 100; CV = 15,40 % | (220-) 405 ± 103,04 (-690)<br>n = 100; CV = 25,44 %   | 18,35 | 7431,75   |



|                               |  |      |   |   |        |          |
|-------------------------------|--|------|---|---|--------|----------|
| ELAEOCARPACEAE                | <i>Sloanea terniflora</i>                  | 18   | (75-) 100,8 ± 15,25 (-130)<br>n = 25; CV = 15,13 %    | (370-) 567,5 ± 112,92 (-800)<br>n = 24; CV = 19,9 %   | 5,6    | 3178     |
| EUPHORBIACEAE                 | <i>Alchornea</i> sp.                       | 4    | (115-) 163,2 ± 22,21 (-210)<br>n = 25; CV = 13,61 %   | (390-) 710,6 ± 191,16 (-1020)<br>n = 25; CV = 26,9 %  | 40,8   | 28992,48 |
|                               | <i>Sapium glandulosum</i>                  | 3    | (145-) 227 ± 29,51 (-270)<br>n = 25; CV = 13 %        | (500-) 870 ± 211,38 (-1150)<br>n = 16; CV = 24,3 %    | 75,67  | 65832,9  |
| FABACEAE:<br>Caesalpinioideae | <i>Copaifera officinalis</i>               | 4    | (95-) 128,6 ± 16,86 (-175)<br>n = 100; CV = 13,11 %   | (180-) 319,45 ± 73,33 (-570)<br>n = 100; CV = 22,95 % | 32,15  | 10270,32 |
|                               | <i>Copaifera pubiflora</i>                 | 4,75 | (100-) 136,25 ± 23,84 (-210)<br>n = 100; CV = 17,5 %  | (110-) 291,33 ± 80,41 (-500)<br>N = 98; CV = 27,6 %   | 28,68  | 8355,34  |
|                               | <i>Swartzia leptopetala</i>                | 4    | (120-) 148,8 ± 16,09 (-170)<br>n = 25; CV = 10,81 %   | (195-) 314 ± 42,3 (-395)<br>n = 25; CV = 13,47 %      | 37,2   | 11680,8  |
| FABACEAE:<br>Mimosoideae      | <i>Albizia guachapele</i>                  | 2    | (140-) 180,2 ± 28,41 (-250)<br>n = 25; CV = 15,76 %   | (180-) 260,6 ± 51,95 (-400)<br>n = 25; CV = 19,93 %   | 90,1   | 23480,06 |
|                               | <i>Enterolobium schomburgkii</i>           | 2    | (125-) 178 ± 26,73 (-220)<br>n = 25; CV = 15,02 %     | (140-) 275,31 ± 65,56 (-385)<br>n = 16; CV = 23,81 %  | 89     | 24502,59 |
|                               | <i>Enterolobium</i> cf. <i>cyclocarpum</i> | 1,5  | (135-) 183,25 ± 38,66 (-280)<br>n = 40; CV = 21,1 %   | (165-) 272,56 ± 64,53 (-420)<br>n = 39; CV = 23,67 %  | 122,17 | 33298,65 |
| FABACEAE:<br>Faboideae        | <i>Andira retusa</i>                       | 2    | (190-) 275 ± 40,21 (-350)<br>n = 25; CV = 14,62 %     | (230-) 322,17 ± 43,01 (-400)<br>n = 23; CV = 13,35 %  | 137,5  | 44298,37 |
|                               | <i>Erythrina</i> sp.                       | 1    | (280-) 365,8 ± 43,65 (-445)<br>N = 25; CV = 11,93 %   | (150-) 234,13 ± 36,64 (-305)<br>n = 23; CV = 15,65 %  | 365,8  | 85644,75 |
|                               | <i>Lonchocarpus stramineus</i>             | 4    | (120-) 175 ± 31,12 (-235)<br>n = 25; CV = 17,78 %     | (120-) 191,4 ± 31,39 (-250)<br>n = 25; CV = 16,4 %    | 43,75  | 8373,75  |
|                               | <i>Ormosia lignivalvis</i>                 | 2    | (145-) 189,8 ± 19,07 (-220)<br>n = 25; CV = 10,05 %   | (220-) 353,6 ± 81,07 (-495)<br>n = 25; CV = 22,93 %   | 94,9   | 33556,64 |
|                               | <i>Pterocarpus acapulcensis</i>            | 4,8  | (85-) 166,24 ± 37,63 (-290)<br>n = 125 CV = 22,64 %   | (135-) 200,36 ± 29,27 (-270)<br>n = 125; CV = 14,61 % | 34,63  | 6938,47  |
|                               | <i>Pterocarpus rohrii</i>                  | 8    | (90-) 106,4 ± 11,5 (-135)<br>n = 25; CV = 10,81 %     | (200-) 261,4 ± 29,49 (-320)<br>N = 25; CV = 11,28 %   | 13,3   | 3476,62  |
| LAMIACEAE                     | <i>Vitex orinocensis</i>                   | 11   | (90-) 127,4 ± 17,5 (-180)<br>n = 50; CV = 13,74 %     | (210-) 357,1 ± 90,59 (-610)<br>n = 50; CV = 25,37 %   | 11,58  | 4135,22  |
|                               | <i>Vitex sprucei</i>                       | 36   | (80-) 102,8 ± 14 (-140)<br>n = 25; CV = 13,62 %       | (220-) 308,4 ± 47,16 (-410)<br>n = 25; CV = 15,29 %   | 2,86   | 882,02   |
| LAURACEAE                     | <i>Nectandra hihua</i>                     | 14   | (100-) 143,4 ± 23,84 (-195)<br>n = 25; CV = 16,62 %   | (270-) 461,4 ± 127,92 (-715)<br>n = 25; CV = 27,72 %  | 10,24  | 4724,74  |
|                               | <i>Nectandra reticulata</i>                | 14   | (120-) 151,4 ± 18,96 (-195)<br>n = 25; CV = 12,52 %   | (430-) 602 ± 90,74 (-790)<br>n = 25; CV = 15,07 %     | 10,81  | 6507,62  |
| LECYTHIDACEAE                 | <i>Couroupita guianensis</i>               | 3    | (150-) 209,8 ± 38,39 (-295)<br>n = 25; CV = 18,3 %    | (345-) 477,19 ± 85,58 (-670)<br>n = 16; CV = 17,93 %  | 69,93  | 33369,9  |
| MALPIGHIACEAE                 | <i>Byrsonima</i> sp.                       | 10   | (110-) 133,8 ± 15,56 (-170)<br>n = 25; CV = 11,63 %   | (305-) 586,4 ± 122,5 (-910)<br>n = 25; CV = 20,89 %   | 13,38  | 7846,03  |
| MALVACEAE:<br>Bombacoideae    | <i>Ceiba pentandra</i>                     | 1    | (160-) 207,86 ± 22,89 (-240)<br>n = 21; CV = 11,01 %  | (280-) 353,2 ± 44,18 (-455)<br>n = 25; CV = 12,51 %   | 207,86 | 73415,15 |
|                               | <i>Ochroma pyramidale</i>                  | 2    | (150-) 179 ± 19,74 (-220)<br>n = 25; CV = 11,03 %     | (200-) 489,8 ± 119,23 (-680)<br>n = 25; CV = 24,34 %  | 89,5   | 43837,1  |
|                               | <i>Pachira quinata</i>                     | 2    | (180-) 261,25 ± 41,55 (-380)<br>n = 100; CV = 15,90 % | (255-) 382,75 ± 47,09 (-525)<br>n = 100; CV = 12,30 % | 130,62 | 49994,81 |
| MALVACEAE<br>(Grewioideae)    | <i>Goethalsia meiantha</i>                 | 7    | (105-) 128,6 ± 15,85 (-165)<br>n = 25; CV = 12,32 %   | (350-) 429,4 ± 35,8 (-480)<br>n = 25; CV = 8,34 %     | 18,43  | 7905,86  |
|                               | <i>Luehea cymulosa</i>                     | 9    | (85-) 123,4 ± 17 (-150)<br>n = 25; CV = 13,78 %       | (340-) 420,61 ± 45,86 (-510)<br>n = 25; CV = 10,90 %  | 13,71  | 5766,56  |
| MALVACEAE:<br>Sterculioideae  | <i>Sterculia apetala</i>                   | 3,25 | (150-) 225,75 ± 41,28 (-330)<br>n = 100; CV = 18,29 % | (230-) 402,4 ± 69,47 (-610)<br>n = 96; CV = 17,26 %   | 69,46  | 27950,7  |
| MELASTOMATACEAE               | <i>Mouriri barinensis</i>                  | 6,5  | (70-) 106,5 ± 12,32 (-130)<br>n = 100; CV = 11,57 %   | (155-) 290,3 ± 73,78 (-550)<br>n = 100; CV = 25,41 %  | 16,38  | 4755,11  |
| MELIACEAE                     | <i>Cedrela odorata</i>                     | 3    | (130-) 202,6 ± 57,32 (-320)<br>n = 25; CV = 28,29 %   | (175-) 329,8 ± 85,57 (-460)<br>n = 25; CV = 25,95 %   | 67,53  | 22271,39 |
|                               | <i>Guarea guidonia</i>                     | 5    | (140-) 185,6 ± 23,06 (-230)<br>n = 25; CV = 12,42 %   | (380-) 624,72 ± 105,29 (-820)<br>n = 18; CV = 16,85 % | 37,12  | 23189,61 |
|                               | <i>Swietenia macrophylla</i>               | 8    | (140-) 175 ± 21,6 (-215)<br>n = 25; CV = 12,34 %      | (290-) 431,2 ± 57,58 (-545)<br>n = 25; CV = 13,35 %   | 21,87  | 9430,34  |
|                               | <i>Trichilia martiana</i>                  | 16   | (85-) 112,6 ± 14,37 (-140)<br>n = 25; CV = 12,76 %    | (325-) 509 ± 107,77 (-730)<br>n = 25; CV = 21,17 %    | 7,04   | 3583,36  |

|                |                                    |       |   |  |       |          |
|----------------|------------------------------------|-------|---|--|-------|----------|
| MORACEAE       | <i>Brosimum alicastrum</i>         | 16,25 | (80-) 109,3 ± 13,74 (-145)<br>n = 100; CV = 12,57 %   | (150-) 317,85 ± 74,2 (-530)<br>n = 100; CV = 23,34 %   | 6,73  | 2139,13  |
|                | <i>Brosimum lactescens</i>         | 11    | (100-) 124,6 ± 16,51 (-160)<br>n = 25; CV = 13,25 %   | (175-) 337 ± 65,18 (-455)<br>n = 25; CV = 19,34 %      | 11,33 | 3818,21  |
|                | <i>Ficus</i> aff. <i>insipida</i>  | 1     | (210-) 278 ± 42,01 (-395)<br>n = 25; CV = 15,11 %     | (250-) 404 ± 89,51 (-570)<br>n = 25; CV = 22,16 %      | 278   | 112312   |
|                | <i>Maclura tinctoria</i>           | 4     | (125-) 168,6 ± 24,13 (-225)<br>n = 25; CV = 14,31 %   | (170-) 242,8 ± 40,26 (-355)<br>n = 25; CV = 16,58 %    | 42,15 | 10234,02 |
|                | <i>Sorocea sprucei</i>             | 10    | (100-) 118,2 ± 10,5 (-140)<br>n = 25; CV = 8,88 %     | (170-) 320,6 ± 59,88 (-450)<br>n = 25; CV = 18,68 %    | 11,82 | 3789,49  |
| MYRISTICACEAE  | <i>Viola</i> sp.                   | 17    | (85-) 115,2 ± 14,18 (-145)<br>n = 25; CV = 12,31 %    | (450-) 868,6 ± 179,36 (-1250)<br>n = 25; CV = 20,65 %  | 6,78  | 5889,11  |
| NYCTAGINACEAE  | <i>Guapira</i> cf. <i>opposita</i> | 7     | (70-) 105,4 ± 14,06 (-140)<br>n = 25; CV = 13,34 %    | (125-) 182,8 ± 20,52 (-220)<br>N = 25; CV = 11,22 %    | 15,06 | 2752,97  |
| OCHNACEAE      | <i>Oureatea</i> sp.                | 6     | (110-) 140,6 ± 16,22 (-180)<br>n = 25; CV = 11,54 %   | (440-) 687,6 ± 150,85 (-1000)<br>n = 25; CV = 21,94 %  | 23,43 | 16110,47 |
| PERACEAE       | <i>Pera bicolor</i>                | 4     | (140-) 203,8 ± 32,73 (-280)<br>N = 25; CV = 16,06 %   | (315-) 723 ± 160,71 (-1000)<br>n = 25; CV = 22,23 %    | 50,95 | 36836,85 |
| PHYLLANTHACEAE | <i>Hieronyma alchorneoides</i>     | 7     | (125-) 186,05 ± 33,51 (-280)<br>n = 100; CV = 18,01 % | (300-) 734,75 ± 216,7 (-1520)<br>n = 99; CV = 29,49    | 26,58 | 19529,65 |
| POLYGONACEAE   | <i>Ruprechtia ramiflora</i>        | 10    | (80-) 99,8 ± 10,55 (-125)<br>n = 25; CV = 10,57 %     | (215-) 328 ± 72,61 (-520)<br>n = 25; CV = 22,14 %      | 9,98  | 3273,44  |
|                | <i>Triplaris caracasana</i>        | 8     | (100-) 125,6 ± 15,36 (-160)<br>n = 25; CV = 12,23 %   | (200-) 356,8 ± 78,83 (-565)<br>n = 25; CV = 22,09 %    | 15,7  | 5601,76  |
| RUBIACEAE      | <i>Bertiera guianensis</i>         | 57,5  | (30-) 42,98 ± 6,25 (-55)<br>n = 50; CV = 14,54 %      | (425-) 797,17 ± 199,51 (-1260)<br>n = 46; CV = 25,03 % | 0,75  | 597,88   |
|                | <i>Chomelia venezuelensis</i>      | 85    | (40-) 52 ± 7,91 (-70)<br>n = 25; CV = 15,21 %         | (280-) 504,6 ± 104,53 (-660)<br>n = 25; CV = 20,71 %   | 0,61  | 307,81   |
|                | <i>Genipa americana</i>            | 34    | (75-) 94,6 ± 14,64 (-135)<br>n = 25; CV = 15,48 %     | (215-) 412,8 ± 105,2 (-620)<br>n = 25; CV = 25,48 %    | 2,78  | 1147,58  |
|                | <i>Posoqueria panamensis</i>       | 73    | (25-) 38,1 ± 6,22 (-50)<br>n = 50; CV = 16,32 %       | (315-) 606,63 ± 178,64 (-1005)<br>n = 49; CV = 29,45 % | 0,52  | 315,45   |
|                | <i>Rudgea crassiloba</i>           | 106   | (30-) 40,8 ± 5,34 (-50)<br>n = 25; CV = 13,09 %       | (250-) 540,4 ± 153,32 (-820)<br>n = 25; CV = 28,37 %   | 0,38  | 205,35   |
| RUTACEAE       | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>      | 10    | (80-) 114,4 ± 16,48 (-150)<br>n = 25; CV = 14,41 %    | (225-) 369,4 ± 74,22 (-500)<br>n = 25; CV = 20,09 %    | 11,44 | 4225,94  |
| SAPINDACEAE    | <i>Billia rosea</i>                | 20    | (60-) 85,4 ± 15,61 (-115)<br>n = 25; CV = 18,28 %     | (260-) 386,6 ± 78,19 (-520)<br>n = 25; CV = 20,22 %    | 4,27  | 1650,78  |
|                | <i>Talisia</i> sp.                 | 10    | (105-) 138,8 ± 17,93 (-170)<br>n = 25; CV = 12,92 %   | (205-) 376 ± 104,86 (-690)<br>n = 25; CV = 27,89 %     | 13,88 | 5218,88  |
| SAPOTACEAE     | <i>Chrysophyllum</i> sp.           | 17    | (70-) 109,8 ± 17,82 (-160)<br>n = 25; CV = 16,23 %    | (340-) 660,6 ± 132,6 (-865)<br>n = 25; CV = 20,07 %    | 6,46  | 4267,48  |
|                | <i>Pouteria reticulata</i>         | 15,25 | (125-) 171 ± 21,56 (-215)<br>n = 100; CV = 12,61 %    | (220-) 561,25 ± 130,88 (-815)<br>n = 100; CV = 23,32 % | 11,21 | 6291,61  |
|                | <i>Pouteria trilocularis</i>       | 8     | (110-) 146,4 ± 19,76 (-190)<br>n = 25; CV = 13,5 %    | (360-) 557,4 ± 109,92 (-700)<br>n = 25; CV = 19,72 %   | 18,3  | 10200,42 |
| SIMAROUBACEAE  | <i>Simaba orinocensis</i>          | 2,5   | (130-) 198 ± 29,35 (-260)<br>n = 50; CV = 14,82 %     | (315-) 495,5 ± 86,93 (-650)<br>n = 50; CV = 17,54 %    | 79,2  | 39243,6  |
| URTICACEAE     | <i>Cecropia peltata</i>            | 2     | (220-) 284,2 ± 36,3 (-370)<br>n = 25; CV = 12,77 %    | (300-) 461,04 ± 68,36 (-635)<br>n = 24; CV = 14,83 %   | 142,1 | 65513,78 |
| VERBENACEAE    | <i>Citharexylum poeppigii</i>      | 10    | (90-) 144,8 ± 26,9 (-190)<br>n = 25; CV = 18,58 %     | (205-) 290,4 ± 51,94 (-380)<br>n = 25; CV = 17,88 %    | 14,48 | 4204,99  |

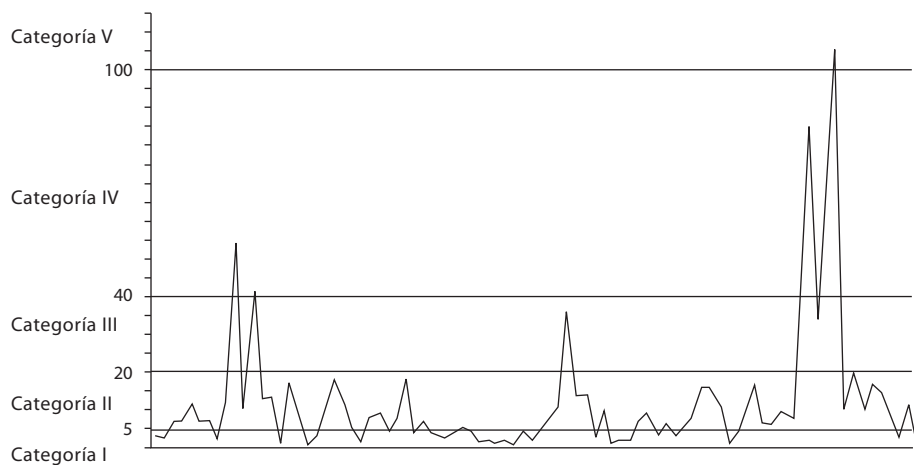
(2,78) y según Scholz *et al.* (2013), un comportamiento verdaderamente mesomórfico se presenta con valores de IV > 3. De acuerdo a esto, se puede considerar que las únicas especies estudiadas que se comportan como xeromórficas tienen afinidad taxonómica y se ubican en la familia Rubiaceae. En general, el 77 % de las especies mostraron IV > 10 (Figura 6). En el caso del índice de mesomorfía

(IM), todas las especies mostraron valores que las designan como de comportamiento mesomórfico (IM > 200). Los valores oscilaron desde un mínimo de 205,35 (*Rudgea crassiloba*) hasta un máximo de 116394 (*Cochlospermum orinocense*) y de acuerdo a las categorías indicadas, el 93,1 % de las especies estudiadas (Figura 7) se ubican en las categorías con IM > 1000 (categorías IV, V, VI).

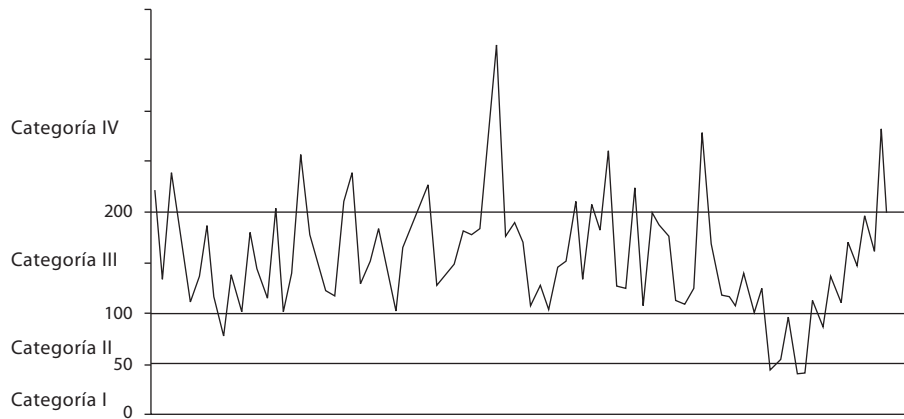
**Cuadro 3.** Agrupación por categorías (IAWA Committee, 1989) de frecuencia de vasos, diámetro de vasos y longitud de elementos de los vasos (LEV). Comparación con el bosque húmedo tropical de Caparo, bosque muy seco tropical de Mamo, bosque seco tropical de El Caimital y bosque húmedo premontano de La Mucuy.

| Categorías de frecuencia de vasos | N° de especies | %     | Categorías de diámetro de vasos | N° de especies | %     | Categorías de LEV | N° de especies | %     |
|-----------------------------------|----------------|-------|---------------------------------|----------------|-------|-------------------|----------------|-------|
| I (< 5)                           | 32             | 36,78 | I (< 50 µm)                     | 3              | 3,45  | I (< 350 µm)      | 29             | 33,33 |
| II (5-20)                         | 47             | 54,02 | II (50-100 µm)                  | 4              | 4,60  | II (350-800 µm)   | 54             | 62,07 |
| III (20-40)                       | 2              | 2,30  | III (100-200 µm)                | 63             | 72,41 | III (> 800 µm)    | 4              | 4,60  |
| IV (40-100)                       | 5              | 5,75  | IV (> 200 µm)                   | 17             | 19,54 | ---               | ---            | ---   |
| V (> 100)                         | 1              | 1,15  | ---                             | ---            | ---   | ---               | ---            | ---   |
| <b>Caparo (León, 2014)*</b>       |                |       |                                 |                |       |                   |                |       |
| I (< 5)                           | 14             | 20,29 | I (< 50 µm)                     | 3              | 4,35  | I (< 350 µm)      | 33             | 47,83 |
| II (5-20)                         | 43             | 62,32 | II (50-100 µm)                  | 15             | 21,74 | II (350-800 µm)   | 35             | 50,72 |
| III (20-40)                       | 5              | 7,25  | III (100-200 µm)                | 41             | 60,87 | III (> 800 µm)    | 1              | 1,45  |
| IV (40-100)                       | 5              | 7,25  | IV (> 200 µm)                   | 9              | 13,04 | ---               | ---            | ---   |
| V (> 100)                         | 2              | 2,89  | ---                             | ---            | ---   | ---               | ---            | ---   |
| <b>Mamo (Lindorf, 1994)</b>       |                |       |                                 |                |       |                   |                |       |
| I (< 5)                           | 0              | 0,00  | I (< 50 µm)                     | 7              | 36,85 | I (< 350 µm)      | 15             | 78,95 |
| II (5-20)                         | 1              | 5,26  | II (50-100 µm)                  | 11             | 57,89 | II (350-800 µm)   | 4              | 21,05 |
| III (20-40)                       | 10             | 52,63 | III (100-200 µm)                | 1              | 5,26  | III (> 800 µm)    | 0              | 0,00  |
| IV (40-100)                       | 5              | 26,32 | IV (> 200 µm)                   | 0              | 0,00  | ---               | ---            | ---   |
| V (> 100)                         | 3              | 15,79 | ---                             | 0              | 0,00  | ---               | ---            | ---   |
| <b>La Mucuy (Pérez, 1989)</b>     |                |       |                                 |                |       |                   |                |       |
| I (< 5)                           | 4              | 10,53 | I (< 50 µm)                     | 0              | 0,00  | I (< 350 µm)      | 5              | 13,16 |
| II (5-20)                         | 24             | 63,16 | II (50-100 µm)                  | 11             | 28,95 | II (350-800 µm)   | 21             | 55,26 |
| III (20-40)                       | 7              | 18,42 | III (100-200 µm)                | 25             | 65,79 | III (> 800 µm)    | 12             | 31,58 |
| IV (40-100)                       | 3              | 7,89  | IV (> 200 µm)                   | 2              | 5,26  | ---               | ---            | ---   |
| V (> 100)                         | 0              | 0,00  | ---                             | ---            | ---   | ---               | ---            | ---   |
| <b>El Caimital (León, 2005)</b>   |                |       |                                 |                |       |                   |                |       |
| I (< 5)                           | 20             | 39,22 | I (< 50 µm)                     | 0              | 0,00  | I (< 350 µm)      | 16             | 31,37 |
| II (5-20)                         | 24             | 47,06 | II (50-100 µm)                  | 6              | 11,76 | II (350-800 µm)   | 35             | 68,63 |
| III (20-40)                       | 5              | 9,80  | III (100-200 µm)                | 39             | 76,47 | III (> 800 µm)    | 0              | 0,00  |
| IV (40-100)                       | 2              | 3,92  | IV (> 200 µm)                   | 6              | 11,76 | ---               | ---            | ---   |
| V (> 100)                         | 0              | 0,00  | ---                             | ---            | ---   | ---               | ---            | ---   |

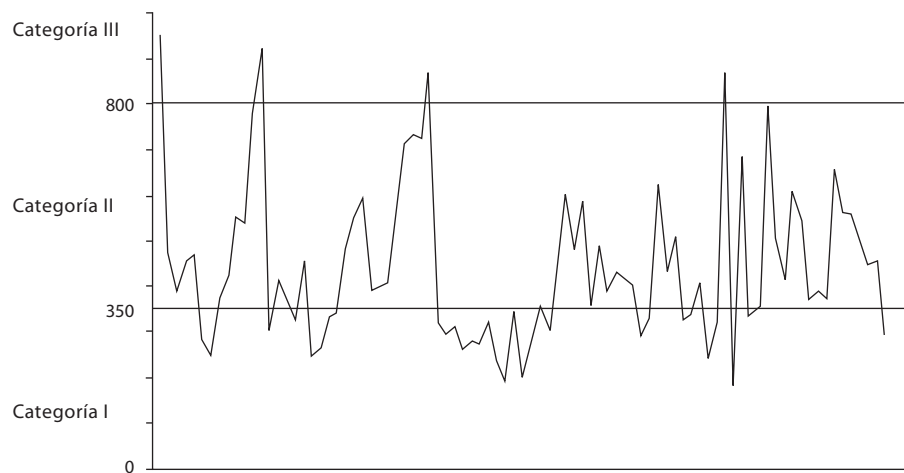
\*LEÓN H., W. 2014. Elementos de conducción xilemática en especies leñosas de la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). (Datos no publicados).



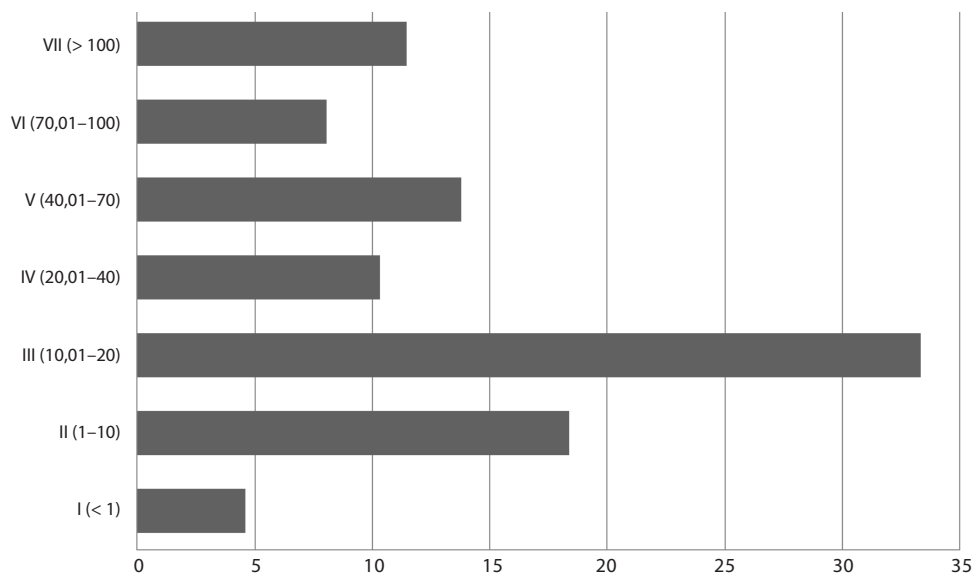
**Figura 3.** Gráfico de distribución de la frecuencia de vasos en las especies estudiadas de acuerdo a las categorías de IAWA Committee (1989).



**Figura 4.** Gráfico de distribución de diámetro de vasos en las especies estudiadas de acuerdo a las categorías de IAWA Committee (1989).



**Figura 5.** Gráfico de distribución de la longitud de elementos de vasos en las especies estudiadas de acuerdo a las categorías de IAWA Committee (1989).



**Figura 6.** Distribución porcentual de las especies estudiadas por categorías de índice de Vulnerabilidad.

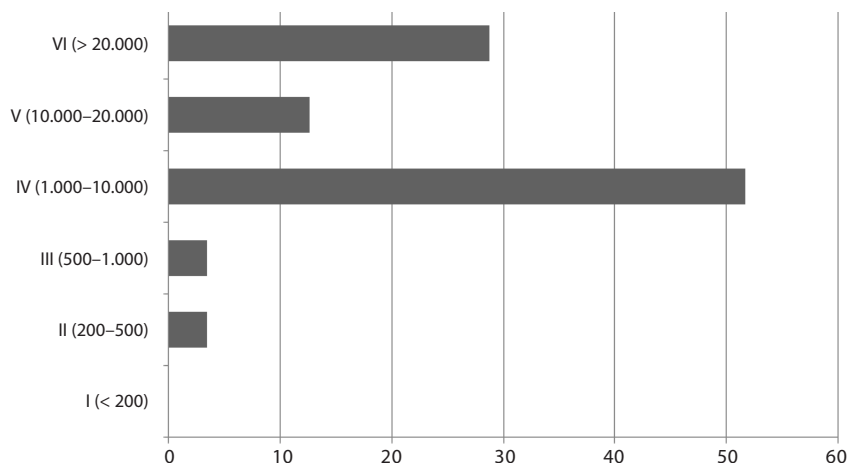


Figura 7. Distribución porcentual de las especies estudiadas por categorías de índice de Mesomorfía.

En comparación con otros estudios realizados, el comportamiento observado coincide con lo reportado para bosque transicional de seco a húmedo tropical de Caparo y seco tropical de El Caimital donde la mayor proporción de especies poseen índices de vulnerabilidad que se ubican en

las categorías II y III: 46 % en el Bosque El Caimital, el 56,52 % en la R. F. Caparo y 51,72 % para el presente estudio (Cuadro 4). Con respecto al IM, se observa un comportamiento similar al de otras áreas de bosque húmedo y seco tropical (Cuadro 5) observándose que la mayor proporción de espe-

**Cuadro 4.** Análisis comparativo de Índice de Vulnerabilidad (IV) entre bosque seco tropical (El Caimital) transición seco a húmedo tropical (Caparo), húmedo tropical (Ticoporo), bosque muy seco tropical (Mamo) y bosque húmedo premontano (La Mucuy).

| Categorías de IV | El Caimital (León, 2005) | Caparo (León, 2014)* | Ticoporo | Mamo (Lindorf, 1994) | La Mucuy (Pérez, 1989) |
|------------------|--------------------------|----------------------|----------|----------------------|------------------------|
| I (< 1)          | 0                        | 4,35                 | 4,60     | 45                   | 0                      |
| II (1-10)        | 26                       | 37,68                | 18,39    | 55                   | 50                     |
| III (10,01-20)   | 20                       | 18,84                | 33,33    | 0                    | 28,95                  |
| IV (20,01-40)    | 16                       | 18,84                | 10,34    | 0                    | 13,16                  |
| V (40,01-70)     | 16                       | 13,05                | 13,79    | 0                    | 7,89                   |
| VI (70,01-100)   | 10                       | 2,9                  | 8,05     | 0                    | 0                      |
| VII (> 100)      | 12                       | 4,35                 | 11,49    | 0                    | 0                      |

\*LEÓN H., W. 2014. Elementos de conducción xilemática en especies leñosas de la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). (Datos no publicados).

**Cuadro 5.** Índice de Mesomorfía (IM) entre bosque seco tropical (El Caimital) transición seco a húmedo tropical (Caparo), húmedo tropical (Ticoporo), bosque muy seco tropical (Mamo) y bosque húmedo premontano (La Mucuy).

| Categorías de IM | El Caimital (León, 2005) | Caparo (León, 2014)* | Ticoporo | Mamo (Lindorf, 1994) | La Mucuy (Pérez, 1989) |
|------------------|--------------------------|----------------------|----------|----------------------|------------------------|
| I (< 200)        | 0                        | 2,9                  | 0        | 35                   | 0                      |
| II (200-500)     | 1,96                     | 2,9                  | 3,45     | 65                   | 0                      |
| III (500-1000)   | 1,96                     | 4,35                 | 3,45     | 0                    | 0                      |
| IV (1000-10000)  | 52,94                    | 63,77                | 51,72    | 0                    | 73,68                  |
| V (10000-20000)  | 7,84                     | 15,94                | 12,64    | 0                    | 23,68                  |
| VI (> 20000)     | 35,29                    | 10,14                | 28,74    | 0                    | 2,63                   |

\*LEÓN H., W. 2014. Elementos de conducción xilemática en especies leñosas de la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). (Datos no publicados).

cies se ubica en la categoría IV (IM 10000-20000) y menos del 10 % de las especies poseen IM < 1000. Por otra parte, cuando se compara con lo reportado para zonas de vida en donde existan mayores contrastes con respecto a la cantidad de precipitación como el bosque muy seco tropical donde la precipitación promedio anual es de 558 mm (Lindorf 1994), se encuentran notables diferencias en las características del sistema de conducción y se observa que todas las especies presentan IV < 10 y un 45 % mostró valores inferiores a la unidad (Cuadro 4), lo cual es indicativo del desarrollo de un sistema de conducción orientado hacia la seguridad en esta última zona de vida. Por el contrario, en bosque húmedo premontano o selva nublada, cuya precipitación promedio anual es de 2025 mm (Pérez, 1989) se encontró que el 50 % del material estudiado presenta IV de 1-10 y al igual que en el bosque húmedo tropical, la mayor parte de las especies (78,95 %) presenta índices de vulnerabilidad ubicados en las categorías II y III (Cuadro 4). Similar comportamiento se observa al establecer comparaciones relacionadas con IM (Cuadro 5), donde se encuentran notables diferencias en cuanto a las proporciones de IM representativas de cada categoría entre el bosque muy seco tropical y el bosque seco tropical y bosque húmedo premontano.

Tomando en consideración las características dimensionales de los vasos (frecuencia, diámetro, longitud de elementos) y lo reflejado por los índices de Carlquist, se puede decir que bajo las condiciones del área de estudio, la tendencia de los individuos que se desarrollan en la misma es hacia elementos de conducción que garantizan eficiencia en la movilización de líquidos y la única excepción es con los individuos de la familia Rubiaceae cuyo sistema de conducción se orienta hacia condiciones de seguridad.

#### 4. Agradecimientos

Al Ing. For. Dimas Hernández del Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela) por la elaboración del mapa de ubicación relativa del área de estudio.

#### 5. Referencias bibliográficas

- ARAQUE, A. y W. LEÓN H. 2006. Anatomía comparada del leño de *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae) que crece en zonas de banco y bajo en la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). *Rev. Forest. Venez.* 50: 9-17.
- ARAQUE, O. y L. GÁMEZ. 2004. Anatomía foliar y xilemática de *Ochoteranea colombiana* Barkley. *Rev. Forest. Venez.* 49: 102-110.
- BAAS, P. 1973. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea* XXI: 207-259.
- CARLQUIST, S. 1977. Ecological Factors in Wood Evolution: a Floristic Approach. *Amer. J. Bot.* 64: 887-896.
- EWELL, J., A. MADRIZ y J. TOSI. 1976. *Zonas de vida de Venezuela*. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 2<sup>da</sup> edición. Caracas, Venezuela. 270 p.
- FRANCO, M. 2012. Maderas fósiles de Lauraceae de la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), cuenca del río Paraná, Argentina. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.* 14: 307-324.
- GÁMEZ, L. 2013. Estudio ecoanatómico de cuatro especies arbóreas de Malvaceae en la Estación Experimental Caparo, estado Barinas (Venezuela). *Pittieria* 37: 41-51.
- IAWA COMMITTEE. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* n.s. 10: 219-332.
- LEÓN H., W. 2005. Anatomía ecológica de un bosque seco tropical. *Acta Bot. Venezuelica* 28: 257-274.
- LEÓN H., W. 2002. Anatomía xilemática del tronco de *Pereskia guamacho* (Cactaceae) procedente del estado Mérida-Venezuela. *Pittieria* 31: 41-49
- LEÓN H., W. 2001. Anatomía del leño, aspectos ecológicos y filogenia en mangles de Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 45: 191-203.
- LINDORF, H. 1997. Wood and leaf anatomy in *Sessea corymbiflora* from an ecological perspective. *IAWA J.* 18: 157-168.
- LINDORF, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA J.* 15: 361-376.
- MEDINA, A., M. RAZQUIN y I. ANDÍA. 2013. Estrategia conductiva del leño de *Nothofagus alpina* (Nothofagaceae). Cuenca Lacar, Neuquén, Argentina. *Bosque* 34: 81-88.
- MOGLIA, J., D. GONZÁLEZ y V. SÁNCHEZ. 2012. Anatomía del leño y dendrología del quebracho lagu-



- nero *Aspidosperma triternatum* (Apocynaceae). *Bol. Soc. Arg. Bot.* 47: 15-22.
- MONTAÑO-ARIAS, S., S. CAMARGO-RICALDE y C. PÉREZ-OLVERA. 2013. Ecoanatomía de los elementos de vaso de la madera de cinco especies del género *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae). *Bot. Sc.* 91: 1-10.
- OSORIO, R. y E. POZZOBON. 2003. Cuantificación de la superficie boscosa deforestada en la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas, Venezuela. *Rev. For. Lat.* 34: 87-116.
- PARRA, J. 2010. Determinación de índices de vulnerabilidad y mesomorfía en especies de Laurales de la selva San Eusebio (Mérida, Venezuela). *Pittieria* 34: 13-22.
- PÉREZ M., A. 1989. Caracterización ecoanatómica del leño de 40 especies del Bosque La Mucuy, Estado Mérida, Venezuela. *Rev. For. Venez.* 33: 43-51.
- POLANCO, C. y D. GRANDE. 2009. Análisis ecoanatómico, evolutivo y comparativo de la madera de 40 especies de dos asociaciones del bosque altoandino colombiano. *Colombia Forestal* 12: 183-203.
- QUINTANAR-ISAÍAS, A., G. ÁNGELES y J. ZABALAHURTADO. 2009. Anatomía, índices físicos e hidráulicos de la madera de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. *Madera y Bosques* 15: 71-91.
- SCHOLZ, A., M. KLEPSC, Z. KARIMI y S. JANSEN. 2013. How to quantify conduits in wood? *Frontiers in Plant Science* 56: 1-11.
- SEPÚLVEDA, C., J. GONZÁLEZ, F. GUERRA y H. GÓMEZ. 2008. La problemática de la Reserva Forestal Ticoporo, Barinas, Venezuela. Caracterización físico-geográfica usando SIG. *Geoenseñanza* 13: 185-202.
- SILVA, A. 1991. Anatomía de la madera de ocho especies propias del bosque de galería (vertiente sur) del Parque Nacional El Ávila. *Bol. Soc. Venez. Ci. Nat.* 147: 85-136.
- YAMAN, B. 2008. Variation in quantitative vessel element features of *Juglans regia* wood in the western black sea region of Turkey. *Agrociencia* 42: 357-365.