

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES DE RIBERA DE CINCO RÍOS  
DEL NORTE DE GUATEMALA

Informe de tesis presentado por  
Andrea Noelle Paiz Estévez

Para optar al título de  
Bióloga

Guatemala, febrero de 2018



## **JUNTA DIRECTIVA**

Ph.D. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
M.A. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Ph.D. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	Vocal IV
Br. Carol Andrea Betancourt Herrera	Vocal V



## **DEDICATORIA**

A RIMAP, por plantar en mí la semilla del respeto a todos los seres vivos por igual, única constante  
en mi dinámica existencia



## AGRADECIMIENTOS

A mí familia, por el cariño, apoyo incondicional y por creer en mí. A Max y Delfina por ser mi hogar y refugio; por permitirme crecer en un ambiente verde y sano; por enseñarme con el ejemplo lo maravilloso de la naturaleza. A Claudia por una de las enseñanzas más importantes de mi vida y desempeño profesional: creer en mi potencial, sin importar los estereotipos de género tan marcados en nuestro país. Gracias por enseñarme a ser libre. A Ricardo, por la complicidad y acompañamiento incondicional, por ser hermano, padre y figura de ética y bondad. A Sandra, por todo su apoyo desde mi niñez y por velar siempre por mi bienestar. Gracias a todos por su apoyo en cada etapa y proceso, mi carrera y esta tesis son un logro compartido. Sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible.

A Luis Pedro, una de las personas más influyentes en mi vida y una de mis más grandes fuentes de inspiración. Gracias por estar aquí siempre, por apoyarme en todo momento, por ser todo lo que quiero y necesito, por ser etéreo.

A mi nueva familia, Irma, Jorge, Daniel, Antonio y Andrea, por su apoyo constante y cariño incondicional.

A mis amigas y amigos, que me han alentado a perseguir mis metas y me han apoyado en los momentos más difíciles.

A la USAC y el pueblo de Guatemala por permitir que me desempeñe en una profesión que amo, pero además por despertar en mí la consciencia por buscar el bien común.

A todas las personas que conocí durante el movimiento estudiantil, personas íntegras que me enseñaron y motivaron a luchar por mis derechos y a soñar por una Guatemala más incluyente.

A mis compañeros y compañeras de estudio, por influir en mi formación tanto profesional como personal. Gracias por su asesoría, ánimos, apoyo y compañerismo. Ustedes saben a quiénes me refiero. Gracias a todos los estudiantes estrella que me enseñaron y motivaron tanto.

A mis profesores, profesoras, instructores e instructoras, que además de enseñarme los principios y fundamentos en que se sustenta la vida, despertaron mi curiosidad y me brindaron herramientas para aplicar los conocimientos adquiridos. Gracias al personal de la Escuela de Biología y Control Académico por su buena voluntad y disposición. Agradecimientos especiales al personal del MUSHNAT por creer tanto en mí.

Al maravilloso equipo del Parque Nacional Laguna Lachuá. Guardarecursos, técnicos... por contagiarme su mística de trabajo, característica que en pocos lugares se encuentra. Gracias a María Hermes, Marleny Rosales-Meda y Leticia Lemus, por trabajar tan arduamente por la conservación y por su profunda y dedicada enseñanza.

A la Asociación Vivamos Mejor y demás personas que conocí en el Lago de Atitlán, donde aprendí herramientas valiosísimas para la conservación ambiental. Al personal de Comunidades de la Tierra y lideresas comunitarias, que me permitieron ahondar en una temática importante y muchas veces olvidada en el desempeño del Biólogo: el mejoramiento de calidad de vida.

A mis padrinos: Luis Pedro Utrera, Marlon Calderón y Natalia Cordero, por estar allí siempre, motivándome, asesorándome y apoyándome incluso cuando yo no lo veía posible.

A mis asesores y revisora de tesis: Jorge Mario Vargas, Diego Juárez Sánchez, Francisco Córdova y Rosalito Barrios, personas importantísimas en la culminación de esta etapa. Gracias por su tiempo, apoyo, instrucción y asesoría.

A Mario Véliz, Luis Hernández y personal del herbario BIGU por su indispensable contribución a este estudio. Gracias por su apoyo en la determinación de especies y por el tiempo extra que me brindaron.

A todas las personas que contribuyeron para el desarrollo de esta investigación, en especial a Diego Juárez Sánchez por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis. Gracias a Francisco Córdova, Alejandro Chen, Alejandro Mérida, Alfredo Choc, Belarmino García, Carlos Cifuentes, Dastin Ramírez, Elder Godoy, Elmer Monzón, Ervin Flores, Fredy Tot, Jeovany Tut, Julio Madrid, René Mauricio, Ricardo Coc Caal y Samuel Yatz por ayudarme en la toma de mis datos y la identificación de especies en campo. Gracias a Julio Madrid por compartir su vasto conocimiento conmigo. A todas las personas peteneras que estuvieron apoyando en los momentos más duros sin esperar nada a cambio. A Leonel Zisse y Marta Pujol por hacer de Flores un agradable hogar temporal.

A las instituciones y personas que hicieron posible esta tesis, Diego Juárez Sánchez, Jeovany Tut, WCS, BALAM, CONAP-Petén, Propetén, Defensores de la Naturaleza, CECON, ELIS.A., FUNDAECO, Escuela de Biología USAC y al Departamento de Ecología y Conservación de Vida Silvestre de la Universidad de Florida, a todos ellos gracias por su apoyo tanto económico, como en logística y préstamo de equipo.

## ÍNDICE

JUNTA DIRECTIVA	ii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. ANTECEDENTES	5
3.1 ZONAS RIBEREÑAS Y BOSQUES DE RIBERA.....	5
3.1.1 Clasificación de los bosques tropicales asociados a riberas .....	5
3.1.2 Factores que influyen en las zonas y bosques de ribera.....	6
3.1.3 Importancia y servicios ecosistémicos de los bosques de ribera.....	8
3.2 CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES VEGETALES.....	11
3.2.1 Fisionomía.....	11
3.2.2 Caracterización florística.....	12
3.3 ÁREA DE ESTUDIO: REGIÓN NORTE DE GUATEMALA.....	14
3.3.1 Hidrografía del norte de Guatemala .....	14
3.3.2 Clima.....	15
3.3.3 Zonas de vida .....	16
3.3.4 Áreas protegidas dentro del área de estudio .....	18
3.3.5 Uso de la tierra.....	22
4 JUSTIFICACIÓN	25
5 OBJETIVOS	27
5.1 GENERAL .....	27
5.2 ESPECÍFICOS.....	27
6 HIPÓTESIS	28
7 MATERIALES Y MÉTODOS	29
7.1 UNIVERSO .....	29

7.2	MATERIALES.....	29
7.3	MÉTODOS .....	30
7.3.1	Tratamientos.....	30
7.3.2	Unidades experimentales y réplicas .....	30
7.3.3	Tamaño de las unidades de muestreo .....	31
7.3.4	Toma de datos.....	32
7.3.5	Preservación e identificación de muestras botánicas.....	33
7.3.6	Tabulación y ordenamiento de datos .....	34
7.4	ANÁLISIS DE DATOS .....	34
7.4.1	Curvas de acumulación de especies.....	35
7.4.2	Predominio ecológico .....	36
7.4.3	Relación entre los tratamientos y diversidad .....	38
8	RESULTADOS	41
8.1	TAMAÑO REPRESENTATIVO DE PARCELA: CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES .....	42
8.2	ESTRUCTURA DEL ESTRATO ARBÓREO Y PREDOMINIO ECOLÓGICO .....	45
8.2.1	Estructura horizontal y vertical .....	45
8.2.2	IVI: Abundancia, frecuencia y área basal .....	49
8.3	RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL RÍO Y DIVERSIDAD .....	52
8.3.1	Diversidad $\alpha$ .....	52
8.3.2	Análisis de agrupamiento.....	54
8.3.3	Explicación de las variables: Análisis de componentes principales .....	56
9	DISCUSIÓN	58
10	. CONCLUSIONES	66
11	. RECOMENDACIONES	68
12	. REFERENCIAS	69

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3-1 Principales medidas de estructura de la comunidad vegetal.....	12
Cuadro 3-2 Algoritmos más utilizados en análisis de vegetación .....	13
Cuadro 3-3 Ubicación de las zonas ribereñas de estudio .....	14
Cuadro 3-4 Datos generales de los ríos de estudio.....	14
Cuadro 3-5 Clima general de los departamentos de estudio.....	15
Cuadro 3-6 Datos climáticos de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios de estudio. .....	16
Cuadro 3-7 Áreas protegidas dentro del área de estudio.....	18
Cuadro 7-1 Materiales utilizados para el estudio .....	29
Cuadro 7-2 Datos tomados por parcela de estudio .....	32
Cuadro 8-1 Número de individuos y táxones registrados durante el estudio .....	41
Cuadro 8-2 Número de especies registradas por río y familias más representativas.....	42
Cuadro 8-3 Representatividad de la muestra por tamaño de parcela.....	43
Cuadro 8-4 Representatividad de la muestra por río estudiado (número de parcelas). .....	44
Cuadro 8-5 Densidad promedio en los ríos de estudio.....	48
Cuadro 8-6 Densidad de las especies principales en los ríos de estudio .....	49
Cuadro 8-7 Abundancia, frecuencia, área basal y predominio ecológico para toda el área de estudio.....	49
Cuadro 8-8 Abundancia, frecuencia, área basal e índice de valor de importancia de las especies con predominio ecológico del estudio.....	50
Cuadro 8-9 Índices de dominancia y diversidad. ....	52
Cuadro 8-10 Valores p para la prueba de Dunn.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Ríos, vertientes y ubicación del área de estudio.....	17
Figura 7-1 Disposición de las parcelas respecto al río.....	30
Figura 7-2 Niveles de análisis de datos .....	34
Figura 8-1 Diagrama de cajas para el tamaño de parcela necesario para obtener 70% de la riqueza teórica de especies.....	44
Figura 8-2 Curvas de acumulación de especies arbóreas en los ríos muestreados.....	45
Figura 8-3 Distribución diamétrica del estrato arbóreo en las parcelas de estudio de los cinco ríos muestreados.....	46
Figura 8-4 Distribución diamétrica del estrato arbóreo por río de estudio.....	46
Figura 8-5 Distribución de altura del estrato arbóreo en las parcelas de estudio de los cinco ríos muestreados. ....	47
Figura 8-6 Distribución de altura del estrato arbóreo por cada río muestreado.....	47
Figura 8-7 Porcentaje de especies en relación a la densidad de individuos por hectárea .....	48
Figura 8-8 Gráfica de cajas para el índice de diversidad en los ríos de estudio.....	54
Figura 8-9 Agrupamiento de las parcelas, índice de Morisita.....	55
Figura 8-10 Análisis de componentes principales para las variables de estudio .....	57



## 1. RESUMEN

Para caracterizar los bosques de ribera de la región norte de Guatemala, se midió la estructura y composición del estrato arbóreo ( $DAP \geq 10\text{cm}$ ) de riberas, distribuidos en 34 parcelas de 0.1ha, ubicadas en cinco ríos de estudio (San Pedro, Mopán, La Pasión, Usumacinta y Sarstún). Se registraron 3177 individuos correspondientes a 190 especies y morfoespecies. La familia con mayor número de especies representada fue Fabaceae (33 spp). El 16% de las especies recolectadas son características de ribera y 32% corresponde a especies comúnmente asociadas a bosque primario. Se realizaron curvas de acumulación de especies a nivel de parcela (las parcelas se subdividieron en subparcelas de 10x10m) y a nivel de río con el fin de sugerir un esfuerzo de recolecta adecuado para un estudio florístico completo y específico para estos bosques. El 41% de las parcelas medidas sobrepasó el 70% de la proporción esperada de especies y solamente en un río se alcanzó esta proporción, lo que sugiere aumentar el esfuerzo a al menos 15 parcelas por río de una hectárea cada una para obtener un inventario completo de la región, esto se debe a la gran cantidad de especies raras (con frecuencia muy baja) halladas en la región. Se estableció la estructura horizontal y vertical, densidad y frecuencia de dichos bosques, donde se comprobó que los bosques estudiados presentan las características estructurales esperadas para bosques tropicales, como mayor proporción de individuos con DAP inferiores, baja densidad de individuos por especie y baja frecuencia. La densidad de individuos/ha fue notablemente mayor (promedio de 919.4 ind/ha) que otros estudios realizados en bosques tropicales. Se calculó el predominio ecológico de especies por río y a nivel general del estudio a través del Índice de valor de importancia (IVI), identificando asociaciones arbóreas particulares para cada río, y a nivel de toda la región de estudio se determinó como dominantes a las especies *Pachira aquatica* (zapotón), *Bucida buceras* (pucté) y *Haematoxylum campechianum* (tinto). Las tres especies son comúnmente asociadas a riberas, aunque no exclusivas de ellas, tanto el pucté como el tinto son de importancia comercial. Se determinaron los índices de diversidad y dominancia (Simpson) y se comparó entre ríos a través de las pruebas de Kruskal-wallis y Dunn, en donde se mostraron altos niveles de diversidad en todos los sitios, aunque en los ríos Usumacinta, Sarstún y Mopán fue significativamente mayor que en San Pedro y La Pasión. Se realizó un análisis de agrupamiento con respecto a la composición de especies, empleando el índice de Morisita. Este análisis determinó siete grupos y excluyó dos parcelas que presentaron datos lo suficientemente disímiles como para no agruparse con el resto. Los ríos San Pedro y Sarstún presentaron una composición única por río, mientras que los ríos Usumacinta, Mopán y La Pasión presentaron composición mixta, siendo ubicados en varios grupos. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) empleando las variables orden de río, topografía y uso de la tierra circundante para determinar cómo influyeron en la diversidad de especies, determinando una relación evidente entre la diversidad de especies conforme aumenta el orden y topografía del río.



## 2. INTRODUCCIÓN

Los bosques de ribera se definen como comunidades vegetales de transición entre ecosistemas acuáticos y terrestres, que se encuentran adaptadas a inundaciones periódicas (Brinson, M., MacDonnell, L., Beschta, R., Dillaha, T., Donahue, D., Gregory, S.,... Crossgrove, R., 2002, p.40; Ceccon, 2003, p.49). Éstos se ven influenciados por variables como el clima, hidrología, geomorfología y fenómenos físicos (Brinson *et al.*, 2002, p.49). Las zonas ribereñas tienen una marcada influencia sobre los sistemas acuáticos y cumplen funciones muy importantes como el aporte de nutrientes, mejora de la calidad del agua, regulación del ciclo hidrológico, entre otros (Bennet, 2003, p. 109; Binford & Buchenau, 1993, p. 69; Brinson *et al.*, pp. 125-127, 2002; Ceccon, 2003, pp. 49-52). Éstas zonas son consideradas de “alta productividad”, por brindar refugio y hábitat para diversos organismos (Ceccon, 2003, p.69).

La legislación guatemalteca prohíbe cortar árboles en las zonas ribereñas (*Decreto 90-97 Código de Salud*, 1997, p. 14) y declara como prioridad nacional la reforestación, con especial atención en estas zonas (*Constitución Política de la República de Guatemala*, 1993, p. 28). A pesar de ello, se ha determinado que la cobertura vegetal originaria de las principales cuencas del país ha sido gravemente degradada y transformada (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar [IARNA-URL], 2012, p.173). El área de estudio, que corresponde a cinco de los principales ríos de las vertientes del Mar Caribe y Golfo de México al norte de Guatemala, no representa una excepción a esta problemática. A pesar de su proximidad o inclusión dentro de las principales áreas protegidas del país, el paisaje de esta zona se ha transformado drásticamente en las últimas décadas. Las principales amenazas a la biodiversidad en la región son la ganadería, incendios forestales y actividades agrícolas (donde cada vez cobra mayor importancia el establecimiento de cultivos de palma africana) (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], Dirección General de Patrimonio Cultural y Natural [DGPCN], y The Nature Conservancy [TNC], 2008, pp. 87-106; CONAP y Fundación Defensores de la Naturaleza [FDN], 2005, pp. 75-86; CONAP, Alianza Kanteel y Wildlife Conservation Society [WCS], 2006, pp. 69-85; Consorcio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, pp. 79-80). Se ha establecido que el 42% de la deforestación del país ocurre en esta región (IARNA-URL, 2012, p.105). Esta situación, pone en evidencia la vulnerabilidad de los bosques de ribera, siendo cada vez más necesaria la toma de medidas urgentes para la conservación y restauración de dichos ecosistemas. El conservar y restaurar la vegetación natural ribereña representa la solución más eficiente para la reducción de la contaminación difusa, rehabilitación de los ecosistemas y restauración del manto freático (Binford & Buchenau, 1993, p. 70; Ceccon, 2003, pp.

47-48) y representa una oportunidad potencial para aumentar la diversidad biológica dentro de paisajes dominados por la agricultura (especialmente aquellos dominados por palma africana) (Gray, Slade, Mann & Lewis, 2014, p. 1055). Pero para poder tomar medidas de conservación y restauración de este importante recurso, es necesario contar con estudios previos que provean información sobre su composición y dinámicas.

El objetivo general de este estudio fue caracterizar los bosques de ribera de los ríos San Pedro, La Pasión, Usumacinta, Mopán y Sarstún. Para ello se censaron todos los individuos con DAP mayor o igual a 10cm en 34 parcelas de 0.1ha cada una. Además, se midieron y determinaron variables físicas de los sitios, como orden de río, topografía y uso del suelo alrededor de la parcela. Con esta información se logró responder a las preguntas de investigación planteadas. Debido a la heterogeneidad y gran número de especies raras en el estudio, se sugiere que en estudios posteriores se realicen parcelas de 1ha, con al menos 15 repeticiones por sitio de estudio si se desea obtener un inventario florístico de la región. El análisis de predominio ecológico determinó que las especies *Pachira aquatica*, *Bucida buceras* y *Haematoxylum campechianum* son las dominantes en la región, todas consideradas especies características de riberas, aunque no exclusivas de este hábitat. Las variables que resultaron más determinantes en el análisis fueron la topografía y orden de río, ya que mientras más altos eran estos valores, más altos fueron los índices de diversidad de los sitios estudiados. Estos datos pretenden servir como base para otros estudios en la región y serán divulgados a las entidades que desarrollan investigación y conservación en la región.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 ZONAS RIBEREÑAS Y BOSQUES DE RIBERA

Aunque no existe un consenso en cuanto a la definición del término “zona ribereña”, Brinson *et al.* (2002, p. 30) lo definen como zonas de transición entre ecosistemas acuáticos y terrestres que se distinguen por sus condiciones biofísicas, procesos ecológicos y comunidades biológicas. Estas zonas tienen una marcada influencia sobre sistemas acuáticos, tales como ríos, lagos y zonas estuarinas. Las zonas ribereñas se diferencian de los ecosistemas acuáticos porque presentan dominancia de árboles, gramíneas o hierbas emergentes (Brinson *et al.*, 2002, p. 40).

Los bosques de ribera corresponden a la vegetación de transición entre ecosistemas acuáticos y terrestres, que presenta características del suelo y comunidades vegetales únicas, adaptadas a las inundaciones periódicas (Ceccon, 2003, p. 49).

##### 3.1.1 Clasificación de los bosques tropicales asociados a riberas

Existen diversas formaciones especiales de bosques tropicales, que se encuentran en suelos azonales, en los que el régimen hídrico es determinante. Entre ellos se encuentran los manglares, **bosques de pantano de agua dulce y bosques inundados** (bosques que poseen inundaciones frecuentes); y bosques de landa o campiñas (Lamprecht, 1990, p. 93). Lamprecht (1990, pp. 99-102), clasifica los bosques de pantano de agua dulce y bosques inundados en las siguientes categorías:

- Bosques de turbera, que crecen en suelos extremadamente pobres en nutrientes,
- Bosques de pantano en suelos ricos en nutrientes,
- Bosques de ribera o de galería,
- Bosques inundados.

###### 3.1.1.1 *Bosques ribereños o de galería*

Los bosques de ribera suelen ocupar una franja angosta a lo largo de ríos, lagos y demás cuerpos de agua. Debido a que en dirección de tierra firme son sustituidos por asociaciones forestales, no existe una marcada delimitación entre éstos. Sin embargo, en algunas ocasiones, los bosques de ribera se distinguen de otras comunidades vegetales, por presentar mayor altura, densidad y volumen; poseer una estructuración más compleja y mayor proporción de árboles perennifolios (Lamprecht, 1990, pp. 101-102). Algunos estudios han determinado que en este tipo de bosques se encuentra un porcentaje elevado de especies restringido a riberas (Slocum, Mitchell Aide, Zimmerman, y Navarro, 2000, p. 48).

### **3.1.1.2 Bosques inundados**

Este tipo de bosques se encuentran típicamente en las zonas de inundación de los grandes ríos de las tierras bajas. Suelen permanecer inundados por varios meses del año. En estas superficies de inundación se produce gran variedad de condiciones ambientales, provocando una dinámica de la vegetación sumamente intensiva, debido a que los procesos de sedimentación, erosión, colmatación<sup>1</sup> y arrastre provocan que exista una constante destrucción de la vegetación, creando a su vez, condiciones para el desarrollo de nuevas comunidades (Lamprecht, 1990, p. 101).

### **3.1.2 Factores que influyen en las zonas y bosques de ribera**

Las zonas de ribera se ven influenciadas y determinadas por un gran número de variables, como el clima, hidrología, geomorfología y fenómenos físicos (Brinson *et al.*, 2002, p. 49). Estos patrones son altamente variables, por lo que las comunidades vegetales asociadas a zonas ribereñas son muy dinámicas (Naiman, Bilby, & Bisson, 2000, p. 1002). La heterogeneidad en la topografía, gradiente microclimático y perturbación circundante determinan fuertemente la estructura y riqueza de los bosques ribereños, así como la colonización de plantas exóticas en los mismos (Naiman *et al.*, 2000, p. 1003). Brinson *et al.* (2002, pp. 90-91), proponen los siguientes factores como determinantes para los patrones de distribución y composición de las comunidades vegetales en una zona ribereña:

- Altitud,
- Humedad,
- Ecosistemas terrestres y acuáticos colindantes,
- Salinidad e inundación por mareas,
- Sedimentación y erosión,
- Frecuencia, intensidad y duración de inundaciones.

#### **3.1.2.1 Clima**

El clima tiene una influencia determinante en la estructura y función de las zonas ribereñas. Los dos factores que contribuyen en mayor medida a determinar las comunidades vegetales presentes en una zona ribereña son la temperatura y precipitación (Brinson *et al.*, 2002, p. 77).

---

<sup>1</sup> Colmatación se refiere al proceso de acumulación de sedimentos (Oxford University Press, s. f.).

### **3.1.2.2 Hidrología**

Existen múltiples factores hidrológicos que influyen en la composición y desarrollo de la vegetación ribereña. Entre los factores más importantes encontramos:

- Caudal: se define como la cantidad de agua que fluye a través de una corriente. Constituye la variable más determinante de las zonas de ribera. El caudal está correlacionado con características físicas y biológicas, como la temperatura, transporte de sedimentos, morfología del canal y diversidad de hábitat (Brinson *et al.*, 2002, p. 51).
- Tamaño y orden del río: estos factores también influyen fuertemente en el desarrollo de los bosques de ribera. Los ríos se pueden clasificar por su tamaño y el número de tributarios que fluyen hacia ellos. Las “cabeceras” o nacimientos de los ríos se clasifican como ríos de primer orden. El número de orden de un río incrementa a medida que otros ríos se unen corriente abajo (Brinson *et al.*, 2002, pp. 49-50).
- Erosión, transporte y sedimentación: son procesos que varían a lo largo del recorrido de un río y que moldean y transforman el ecosistema ribereño. Generalmente, los ríos de orden bajo transportan erosión, mientras que en ríos de orden intermedio y mayor ocurre sedimentación (a medida que el valle se ensancha y disminuye la velocidad del agua) (Brinson *et al.*, 2002, pp. 52-55).

Las zonas ribereñas obtienen agua de tres fuentes: aguas subterráneas, precipitación directa, escorrentía y caudal proveniente del cuerpo de agua adyacente. Estas fuentes influyen directamente en la composición de la vegetación de las zonas ribereñas (Brinson *et al.*, 2002, p. 58).

### **3.1.2.3 Geomorfología**

Existen distintos tipos de zonas ribereñas dependiendo de la pendiente del terreno, composición de los materiales geológicos y su posición relativa respecto al cuerpo de agua. Las zonas con alta pendiente suelen tener una capacidad limitada para adaptarse a cambios en el caudal y tasas de sedimentación, mientras que las áreas más abiertas, usualmente características de las desembocaduras y tierras bajas, tienden a ser más estables (Brinson *et al.*, 2002, pp. 82-84).

### **3.1.2.4 Factores físicos que provocan modificaciones**

Entre los factores que pueden generar cambios drásticos en las zonas de ribera y su vegetación encontramos: a) movimiento de placas tectónicas, b) deslizamientos y caída de rocas, sólidos y árboles; y c) fuego (Brinson *et al.*, 2002, p. 87). El fuego puede alterar la dinámica de la vegetación de ribera de tal manera que la composición de especies puede cambiar drásticamente. Estos cambios suelen provocar la reducción en la complejidad de los bosques de ribera, disminuyendo así las oportunidades de anidamiento de aves, reducción de plantas adaptadas a la sombra y demás organismos dependientes de estos bosques (Brinson *et al.*, 2002, pp.87-88).

### **3.1.2.5 Factores que afectan las zonas ribereñas lacustres**

Las zonas ribereñas que bordean lagos (lacustres) difieren significativamente de las zonas ribereñas lóaticas<sup>2</sup>. Entre los factores determinantes casi exclusivamente para zona ribereña lacustre encontramos: a) gradientes de temperatura, b) oleaje generado por tormentas y c) frecuencia en los cambios del nivel a la orilla (Brinson et al., 2002, p. 57). Por lo general, estas zonas son altamente variables y suelen ser más susceptibles a la invasión de plantas exóticas debido a su baja estabilidad en el ecosistema (Brinson et al., 2002, p. 57).

### **3.1.3 Importancia y servicios ecosistémicos de los bosques de ribera**

Existen numerosas publicaciones que mencionan las múltiples funciones que ejercen los bosques de ribera en el ecosistema: a) aportan nutrientes, b) mejoran la calidad del agua, c) regulan el ciclo hidrológico y d) proporcionan hábitat, entre otros.

#### **3.1.3.1 Aporte de nutrientes**

Los bosques de ribera aportan materiales indispensables para la biota, como materia orgánica, la cual sirve como alimento para muchos organismos (Binford & Buchenau, 1993, p. 69).

#### **3.1.3.2 Mejoramiento de la calidad del agua y disminución de la contaminación**

Los bosques de ribera reducen la conexión entre la fuente de contaminación potencial y el cuerpo de agua receptor. Pueden ofrecer una barrera física y bioquímica contra la entrada de contaminación de fuentes distantes del curso de agua, debido a que transportan, acumulan, capturan y filtran sedimentos y nutrientes (p.e. el nitrógeno puede reducirse hasta un 25%) y son capaces de transformar compuestos, como residuos de pesticidas, en componentes no tóxicos (Binford & Buchenau, 1993, p. 69; Brinson et al., 2002, pp. 125-127; Ceccon, 2003, p. 49; Lowrance, Todd, Fail, Hendrickson, Asmussen, Lowrance, ... Asmussen 1984, p. 374).

#### **3.1.3.3 Regulación del ciclo hidrológico**

La vegetación ribereña reduce la escorrentía a los ríos y aumenta la infiltración (Binford & Buchenau, 1993, p. 69). Ayuda a estabilizar las riberas ya que los sistemas de raíces sostienen el suelo, mientras que la hojarasca y troncos disminuyen la velocidad de la escorrentía y alterna los patrones de flujo del agua (Bennet, 2003, p. 109). Los bosques de ribera almacena agua a corto plazo y mantienen la humedad en el suelo por mayor tiempo que otros tipos de vegetación (Brinson et al., 2002, pp. 125-127). Regulan la temperatura del agua al proporcionar sombra a la

---

<sup>2</sup> Comunidades relacionadas con los ríos (Brinson et al., 2002, p. 57).

superficie de la corriente, especialmente en verano (Bennet, 2003, p. 109; Binford & Buchenau, 1993, p. 69).

#### **3.1.3.4 Zonas de alta productividad**

Los bosques ribereños se consideran la base de la cadena alimentaria de los cuerpos de agua. Los troncos, ramas y raíces de los árboles que son arrastrados por el río desaceleran el flujo de la corriente y crean hábitats para ciertas especies de peces (Ceccon, 2003, p. 52). Debido a que los suelos tienden a ser más ricos y tienen mayor humedad en estas zonas, existe una mayor productividad en los bosques de ribera que en los hábitats adyacentes. Esta productividad se ve expresada en mayor diversidad estructural y volumen de vegetación, provocando una mayor cantidad de microhábitats disponibles para otras especies. Son considerados “hot spots” de biodiversidad. El bosque ribereño actúa como corredor y lugar de alimento y descanso para la fauna silvestre. En las áreas donde existe diferencia entre estación seca y lluviosa, estos hábitats se convierten en fuentes más abundantes, confiables y continuas para conseguir alimento y refugio para la fauna silvestre durante los períodos secos (Bennet, 2003, pp. 104-105; Binford & Buchenau, 1993, p. 69; Brinson *et al.*, 2002, pp. 125-127). En paisajes fragmentados, se ha demostrado que las zonas ribereñas provistas de bosque pueden albergar poblaciones de ciertas especies de manera muy similar a las áreas de bosque maduro, como lo demuestran Gray *et al.* (2014, p. 1055) con poblaciones de escarabajos coprófagos en Borneo.

Por el hecho de ubicarse adyacentes a cuerpos de agua y zonas terrestres, los bosques de ribera constituyen una zona importante para las especies que requieren ambos hábitats para su ciclo de vida (p.e. anfibios), así como para especies que utilizan el ambiente acuático pero se refugian en la vegetación terrestre (p.e. garzas, nutrias) (Bennet, 2003, pp. 104-105). Esta adyacencia a hábitats terrestres y acuáticos provoca cierto efecto de borde, lo cual implica la presencia de especies restringidas a zonas ribereñas, especies que prefieren bordes, y especies asociadas a estados sucesionales primarios de las comunidades vegetales (Naiman *et al.*, 2000, p. 1006).

#### **3.1.3.5 Marco legal: protección de los bosques de ribera en Guatemala**

Aunque no existe un término unificado a nivel nacional para delimitar y definir las zonas ribereñas, La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO] (2015, p. 18), los define como “bosques maduros o secundarios que se encuentran a la orilla de los ríos y se caracterizan por tener un ancho entre 20 y 60 metros”.

La Constitución Política de la República de Guatemala, en sus artículos 121 y 122, identifica como bienes del Estado a los cuerpos de agua y sus riberas. Específicamente, se reserva el dominio de una faja terrestre de tres kilómetros a lo largo del mar, 200m en lagos, 100m en ríos navegables y 50m alrededor de fuentes y manantiales donde nacen aguas que surten a poblaciones (Constitución Política de la República de Guatemala, 1993, pp. 26-28). Aunque el Estado puede

conceder en arrendamiento dichos terrenos, se reserva y prohíbe el uso de una franja aledaña a la ribera, definida como 20m en lagos, 10m en ríos navegables y la totalidad del área circundante a fuentes y manantiales que surten poblaciones<sup>3</sup> (*Ley reguladora de las áreas de reservas territoriales del Estado de Guatemala*, 1997, p. 3).

La vegetación ribereña se encuentra contemplada a través del artículo 84 del Código de Salud (*Decreto 90-97 Código de Salud*, 1997, p. 14), donde se establece la prohibición de cortar árboles en las riberas de ríos, riachuelos, lagos, lagunas y fuentes de agua, hasta 25 metros de sus riberas. Asimismo, se declara de urgencia nacional la reforestación, donde las riberas gozan de especial protección, obligando a los usuarios a reforestar estas zonas<sup>4</sup> (*Constitución Política de la República de Guatemala*, 1993, p. 28).

En la Política Nacional de Agua, aprobada a inicios del año 2012, se establece como objetivo el mejoramiento de las fuentes de agua, bosques, suelos y riberas que regulan el ciclo hidrológico de cuencas (IARNA-URL, 2012, p. 142).

A pesar de estas normativas, en Guatemala se identifica que uno de los impactos más severos de la actividad humana es la transformación y degradación de las principales cuencas fluviales, para usos agrarios, industriales o urbanos, lo cual ha conllevado la pérdida de su cobertura vegetal original (IARNA-URL, 2012, p. 173).

### **3.1.3.6 Degradación y conservación de los bosques de ribera**

Se estima que los bosques de galería de tipo latifoliado, ocupan una superficie de 122,808 ha, lo que representa un 1.1% del territorio guatemalteco (FAO, 2015, p. 19).

Los bosques ribereños son una oportunidad potencial para aumentar la diversidad biológica dentro de paisajes dominados por la agricultura (especialmente aquellos dominados por palma africana) (Gray *et al.*, 2014, p. 1055). El conservar y restaurar la vegetación natural en los márgenes de los cuerpos de agua representa la solución más eficiente para la reducción de la contaminación difusa<sup>5</sup>, rehabilitación de los ecosistemas y restauración del manto freático (Binford & Buchenau, 1993, p. 70; Ceccon, 2003, pp. 47-48).

La conservación de este ecosistema representa un gran reto. Debido a su alta productividad y proximidad con el agua, estas zonas son muy utilizadas por las poblaciones humanas como medios de transporte, agricultura, ganadería, canalización, desvío<sup>6</sup> y extracción de

---

<sup>3</sup> Artículo 8 de dicha Ley.

<sup>4</sup> Artículos 126 y 128 de la Constitución.

<sup>5</sup> La contaminación difusa se refiere a la contaminación por una fuente no puntual. Esta puede ser contaminación en el aire, o el agua.

<sup>6</sup> Todas las aguas son catalogadas como bienes de dominio público, “inalienables e imprescriptibles”. El aprovechamiento de la misma está al servicio de la comunidad y no de particulares, pero los usuarios tienen

agua; desecho de aguas residuales e industriales; entre otros (Binford & Buchenau, 1993, pp. 69-86; FAO, 2003, p. 79). Estudios en Honduras, indican que existe una fuerte presión sobre los bosques de ribera, ya que los suelos bajo la vegetación ribereña han sido considerados como propicios para establecer cultivos y pastos para ganadería (Arcos, Jiménez, y León, 2005, p. 119). Estas actividades contribuyen al declive de los bosques ribereños (Binford & Buchenau, 1993, p. 69). Por ello, es difícil regular todas las formas de explotación de este recurso. Sin embargo, es importante una ordenación adecuada para evitar su deterioro (FAO, 2003, p. 79).

## **3.2 CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES VEGETALES**

Los principales motivos por los cuales se estudia la vegetación son el describir o mapear la vegetación presente, definir patrones que afectan a la misma o identificar las comunidades vegetales presentes en determinado lugar (Causton, 1988, p. 3; Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 59). El estudio de las comunidades vegetales se basa en dos principios: a) que existen distintas combinaciones de especies que se repiten en la naturaleza y, b) que la composición florística como unidad es importante (dada la complicada interacción de las plantas y su hábitat) o tiene mayor relevancia que un listado de las especies que la componen (Odum, 1959, p. 382).

Para caracterizar la vegetación, los análisis de diversidad y riqueza cobran especial importancia. Una caracterización de la vegetación con énfasis en las especies dominantes, se puede abordar según la fisionomía o composición florística (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, pp. 59-60). La fisionomía permite diferenciar las especies que presentan mayor abundancia, densidad o presencia. La composición florística establece conjuntos de especies que revelan asociaciones en patrones o comunidades (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 60).

### **3.2.1 Fisionomía**

La fisionomía comprende el estudio de la estructura horizontal y/o vertical de sus componentes. La densidad, área basal y cobertura, representan atributos que explican la estructura horizontal, mientras que la estratificación revela de mejor manera la estructura vertical (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 60; Whittaker, 1970, pp. 8-12) (ver Cuadro 3-1). La estructura es determinante para mantener las condiciones del bosque, como la radiación incidente, flujo de precipitación interior y acción del viento, controlando así la cantidad de radiación y evapotranspiración de la comunidad vegetal. Por lo tanto, analizarla permite la comprensión de la dinámica de la vegetación y es posible interpretar si los sitios estudiados se encuentran conservados o con cierto grado de alteración (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 60).

**Cuadro 3-1 Principales medidas de estructura de la comunidad vegetal**

<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>
Densidad	Número de plantas por espacio determinado.
Cobertura	Proporción de suelo ocupado por la proyección perpendicular por encima de las partes aéreas de individuos. Se expresa generalmente a través de porcentaje. Si la cobertura total es menor a 100, se consideran áreas abiertas, de lo contrario se denominan áreas cerradas sin aberturas en el dosel.
Área basal	Similar a la cobertura, representa la proporción de suelo ocupado por una especie. Es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura al suelo y se expresa en cm <sup>2</sup> o m <sup>2</sup> de material vegetal por unidad de superficie de terreno. En caso de formaciones selváticas, sirve como medida indirecta de la productividad.
Biomasa	Peso seco de las hojas o material vegetal de una muestra.
Frecuencia	Determinada por la probabilidad de encontrar una especie en un área establecida de estudio. Por lo regular se expresa en porcentaje. Es una medida no-absoluta, por lo que se ve afectada por el tamaño de la parcela, tamaño de la planta y la distribución espacial de los individuos.

Fuente: Causton, 1988, pp. 18-21; Greig-Smith, 1983, pp. 5-9; Magurran, 2004, p. 141; Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 61.

### **3.2.1.1 Dominancia o predominio ecológico**

La dominancia o predominio ecológico, se define como el peso ecológico de cada especie dentro del tipo de bosque correspondiente (Lamprecht, 1990, p. 47). Para expresar la dominancia, se utilizan el índice de predominio fisionómico (IPF) y el índice de valor de importancia (IVI) (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 61). El IVI se emplea tradicionalmente para especies arbóreas cuando se comparan datos de localidades geográficas separadas o para comparar submuestras provenientes de una misma unidad paisajística (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 62).

### **3.2.2 Caracterización florística**

La caracterización florística pretende definir unidades de vegetación según sus especies características exclusivas o diferenciales que son indicadoras de comunidades ecológicas. Estos análisis se fundamentan en los principios de similitud (o disimilitud) entre pares de levantamientos (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 63). Una asociación debe poseer especies características exclusivas dominantes o especies diferenciales, las cuales pueden tener valores sociológicos bajos (en cuyo caso deben ser características de determinado tipo de vegetación) (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 67).

#### **3.2.2.1 Diversidad**

La riqueza se define como el número de táxones que tipifican a una parcela, localidad o región. Cuando se incorpora algún valor de abundancia (densidad, frecuencia, cobertura), se denomina diversidad (o heterogeneidad), donde se establece la contribución de distintas especies

a la comunidad (Greig-Smith, 1983, p. 157; Rangel-Ch y Velásquez, 1997, pp. 71-72). Ésta se divide en:

- **Diversidad alfa ( $\alpha$ ):** representa al número de especies presentes en determinada área y explica la heterogeneidad biológica de un sitio o lugar determinado (Halffter y Moreno, 2005, p. 5; Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 71),
- **Diversidad beta ( $\beta$ ):** incorpora comparaciones de localidades (o variaciones temporales en una misma localidad) con base en su composición, explicando la heterogeneidad de hábitats (Halffter y Moreno, 2005, p. 10; Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 71) y
- **Diversidad gama ( $\gamma$ ):** compara las diversidades  $\alpha$  y  $\beta$  y corresponde al número de especies del conjunto de sitios o comunidades que forman parte de un paisaje o bioma (Halffter y Moreno, 2005, p. 11; Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 72).

Para analizar la diversidad se emplean índices como el de Shannon-Weaver (que da preferencia a las especies dominantes) y el de Simpson (que da preferencia a las especies comunes) (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 73).

### 3.2.2.2 Clasificación y ordenación

Para el análisis de la vegetación se emplean métodos de clasificación y ordenación (ver Cuadro 3-2). La clasificación hace referencia a índices de similitud o disimilitud. Los agrupamientos se pueden hacer a través de especies, táxones o levantamientos. La ordenación es un método complementario, que, además de identificar grupos o patrones, permite relacionar variables ambientales. Los táxones son arreglados a lo largo de un gradiente (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, pp. 68-70).

**Cuadro 3-2 Algoritmos más utilizados en análisis de vegetación**

<b>Método</b>	<b>Algoritmo</b>	<b>Descripción</b>
Clasificación	Prueba t de student	Se define primero los levantamientos más disímiles y se comprueba su separación.
	Promedios recíprocos	Pretende el arreglo de los levantamientos y táxones a lo largo de ejes estocásticos, las agrupaciones se forman comparando promedios extremos en cada eje. Entre más cercano al valor uno existe mayor certeza entre la separación de grupos.
Ordenación	Análisis de componentes principales	Se basa en la construcción de vectores a través de una proyección de los valores de los sitios sobre ejes artificiales. La proyección busca la combinación que logre un valor mayor a cero y que presente un valor cero para el resto de las combinaciones. Se recomienda para datos de distribución lineal o estudios realizados en gradientes reducidos.

**Fuente:** Rangel-Ch y Velásquez, 1997, pp. 68-71

### 3.3 ÁREA DE ESTUDIO: REGIÓN NORTE DE GUATEMALA

El área de estudio comprende cinco zonas ribereñas de los principales ríos del norte de Guatemala, ubicados en los departamentos de Petén e Izabal. Estos se encuentran listados en el Cuadro 3-3 y se muestran en la Figura 3-1.

**Cuadro 3-3 Ubicación de las zonas ribereñas de estudio**

Nombre del río	Departamento	Municipios
San Pedro	Petén	San Andrés
La Pasión	Petén	Sayaxché
Usumacinta	Petén	La Libertad
Mopán	Petén	Dolores, Melchor de Mencos
Sarstún	Izabal	Livingston

#### 3.3.1 Hidrografía del norte de Guatemala

Las zonas ribereñas estudiadas forman parte de la vertiente del Atlántico, que a su vez se divide en dos (ver Figura 3-1): la vertiente del Golfo de México (cuya área es de 50,803Km<sup>2</sup>) y la vertiente del mar Caribe (con 34,096 Km<sup>2</sup>) (Basterrechea y Del Valle, 1988, p. 2).

**Cuadro 3-4 Datos generales de los ríos de estudio**

Vertiente	Río	Longitud en territorio guatemalteco (Km)	Caudal medio (m <sup>3</sup> /seg)
Golfo de México	San Pedro	186.25	143.1
	La Pasión	353.90	247.5
	Usumacinta	109.74	1,771.5
Mar Caribe	Mopán	52.00	15.0
	Sarstún	55.00	22.4

Fuente: Basterrechea y Del Valle, 1988, p. 9; Bestelmeyer y Alonso, 2000, p. 122; CONAP y FDN, 2005, p. 13; INSIVUMEH, s. f.; SEGEPLAN, 2013, p. 33.

##### 3.3.1.1 Vertiente del Golfo de México

Esta vertiente ocupa alrededor del 80% de la superficie del Departamento de Petén y comprende la cuenca del río Usumacinta, que representa el sistema más caudaloso de Guatemala (CONAP *et al.*, 2008, p. 21; SEGEPLAN, 2013, p. 32). Los ríos que desembocan en el Golfo de México poseen grandes longitudes. Las crecidas en estos ríos suelen ser de larga duración, los cauces son relativamente estables y poseen recorridos sinuosos (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH], s. f.).

El río Usumacinta, desemboca en el Golfo de México y representa el río más caudaloso de Centroamérica. Sus principales tributarios son los ríos Lacantún, Salinas, San Pedro y La Pasión. La

extensión total de la cuenca del río Usumacinta es de 105,200 km<sup>2</sup> (área total) (CONAP y FDN, 2005, p. 14).

### 3.3.1.2 Vertiente del mar Caribe

La pendiente en esta vertiente es más suave que la vertiente del Golfo de México y su desarrollo menos abrupto. Las crecidas son de menor duración y los tiempos de propagación son mayores. El caudal permanece más constante durante todo el año (INSIVUMEH, s. f.).

### 3.3.2 Clima

Existe un gradiente de humedad a lo largo de la Península de Yucatán, mostrando incrementos en los patrones de precipitación en dirección sur y oriente (E. García, 2004, pp. 39-41). El clima de Petén es tropical cálido y húmedo. La fuente de humedad más importante la aporta el mar Caribe, situación que favorece flujos de humedad, donde las lluvias son de origen ciclónico. La geomorfología del territorio propicia estas condiciones dado que no existen obstáculos significativos, a excepción de las Montañas Mayas y Sierra Lacandón (SEGEPLAN, 2013, pp. 33-34). La estación seca en Petén es bien definida y comprende los meses de diciembre-enero a abril-mayo. En esta temporada se registran lluvias ocasionales. Sin embargo, la distribución de las lluvias ha sufrido una variación notable en los últimos años (SEGEPLAN, 2013, pp. 33-34).

El clima de Izabal es más húmedo que Petén, ya que posee un invierno benigno, sin estación seca bien definida y pertenece a una zona muy cálida, muy húmeda (Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 13).

**Cuadro 3-5 Clima general de los departamentos de estudio**

<b>Parámetro</b>	<b>Petén</b>	<b>Izabal</b>
Temperatura (promedio anual)	30°C	26°C
Temperatura media mes más fresco	21°C	22°C
Temperatura media mes más cálido	32°C	30°C
Precipitación anual	2446mm	3210mm
Días de lluvia al año	160-180	200
Humedad relativa (promedio anual)	80%	80%

Fuente: Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 15; SEGEPLAN, 2013, pp. 33-34.

**Cuadro 3-6 Datos climáticos de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios de estudio.** Se muestra la temperatura promedio en grados centígrados (T° prom) anual, del mes más fresco y más cálido y la precipitación anual en milímetros (ppt) para las estaciones más cercanas a los ríos estudiados. SP= San Pedro, PA= La Pasión, US= Usumacinta, MO= Mopán, SA= Sarstún.

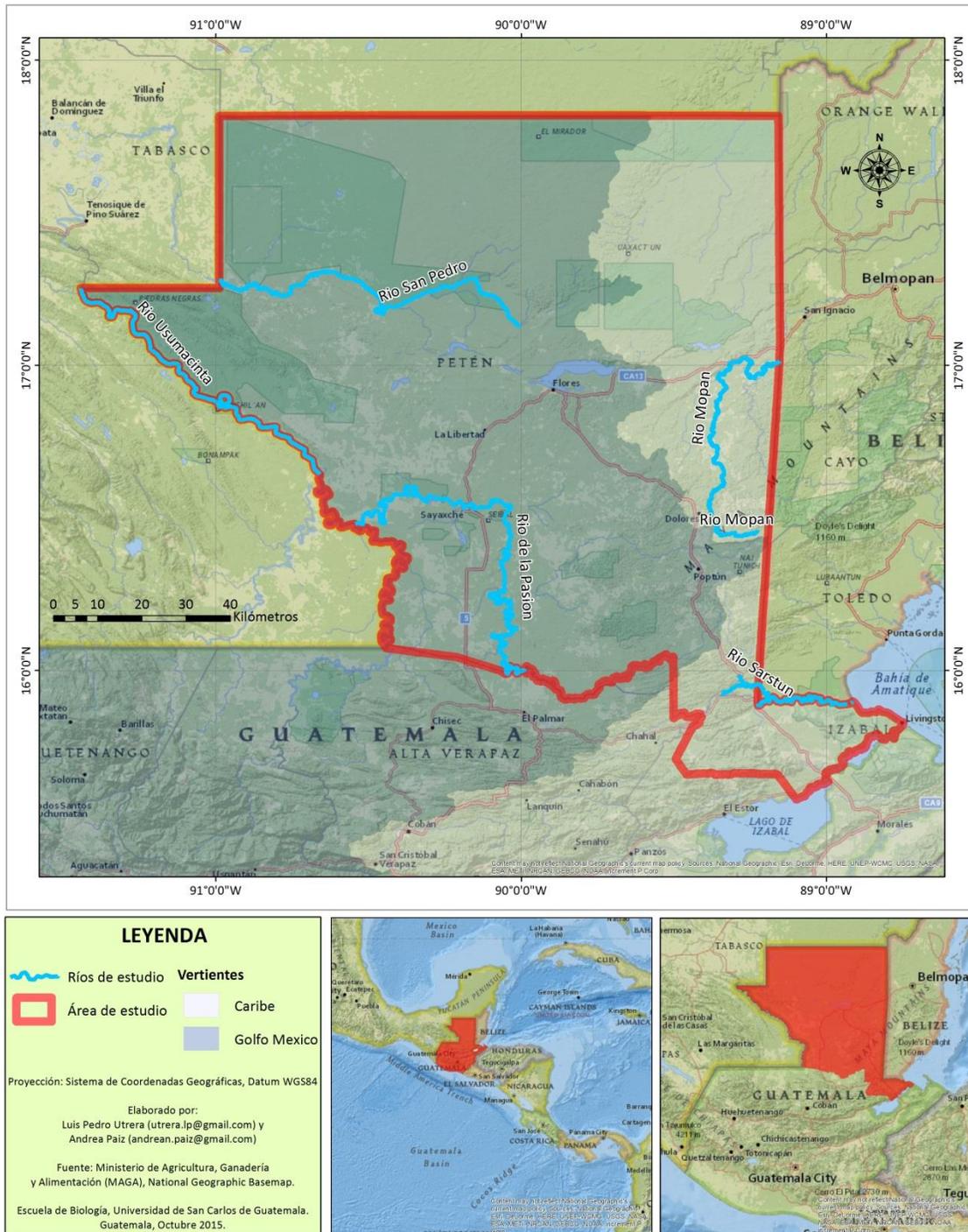
Estación	T° prom anual	T° prom mes más fresco	T° prom mes más cálido	Ppt anual
Paso Caballos (SP)	26.6	23.7	28.5	1685
Sayaxché (PA)	25.1	22.3	27.7	1840
Bethel (US)	25.7	22.8	28.2	2033
Melchor de Mencos (MO)	25.2	22.5	27.0	1348
Modesto Méndez (SA)	25.7	23.0	27.6	3438

Fuente: (Climate-Data ORG, s. f.)

### 3.3.3 Zonas de vida

Según el sistema Holdridge (1967) en el área de estudio se ubican las siguientes zonas de vida:

- **Bosque húmedo subtropical cálido:** ocupa el 63% de Petén. Las especies vegetales indicadoras de esta zona son *Sabal morrisiana*, *Pimenta dioica*, *Manilkara zapota*, *Pseudobombax ellipticum*, *Aspidosperma megalocarpon*, *Alseis yucatanensis*, *Metopium brownei*, *Byrsonima crassifolia*, *Curatella americana*, *Xylopia frutescens*, *Quercus oleoides*, entre otras (SEGEPLAN, 2013, p. 35).
- **Bosque muy húmedo subtropical cálido:** comprende la parte sur de Petén y el municipio de Livingston, en Izabal. Las especies indicadoras son: *Orbignya cohune*, *Terminalia amazonia*, *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus sp*, *Ceiba pentandra*, *Vochysia hondurensis*, *Pinus caribaea*, entre otras (Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 13; SEGEPLAN, 2013, p. 36).



**Figura 3-1 Ríos, vertientes y ubicación del área de estudio.** En los mapas pequeños se muestra la ubicación de Guatemala y del área de estudio. En el mapa grande se muestran los ríos de estudio y las vertientes, en color oscuro la vertiente del Golfo de México y en color claro la vertiente del Caribe.

### 3.3.4 Áreas protegidas dentro del área de estudio

El área de estudio comprende tres regiones de conservación en el país (ver Cuadro 3-7):

- La región norte, compuesta por la Reserva de la Biósfera Maya (RBM): esta zona tiene una extensión de 16,000 km<sup>2</sup> y se encuentra en el norte del Departamento de Petén. Posee el sistema más grande de áreas manejadas y protegidas de la Selva Maya (Bestelmeyer y Alonso, 2000, p. 111).
- Región sur de Petén, compuesta por diversas áreas protegidas de menor tamaño.
- Región nor-oriente, donde se ubica el Río Sarstún.

**Cuadro 3-7 Áreas protegidas dentro del área de estudio**

Región	Área protegida	Categoría de manejo	Río
RBM	Laguna del Tigre	Parque Nacional	San Pedro
	Sierra del Lacandón	Parque Nacional	Usumacinta
Suroeste de Petén	7 áreas protegidas	Distintas categorías	La Pasión
Nor-oriente	Sarstún	Reserva de Uso	Sarstún
		Múltiple	

#### 3.3.4.1 Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLT)

Se encuentra en la zona núcleo de la RBM, tiene una extensión territorial de 338,566 ha y corresponde al parque nacional más grande e importante dentro de la RBM (Bestelmeyer y Alonso, 2000, p. 111). El PNLT se encuentra en la zona caracterizada como bosque seco tropical. La topografía es plana y baja, con elevaciones máximas de 300msnm. El área está compuesta de piedra caliza, por lo que involucra un paisaje kárstico, junto a cursos de grandes ríos, colinas bien drenadas con suelos superficiales rodeados por áreas bajas de suelos profundos. Posee hundimientos menores conocidos como aguadas y un sistema complejo de humedales, que son los más grandes de Guatemala y son reconocidos bajo la convención Ramsar por su importancia internacional (Bestelmeyer y Alonso, 2000. p. 111).

La estación seca abarca de enero a abril, y las temperaturas pueden llegar a exceder los 40°C. Este periodo representa un reto importante para muchos de los organismos en el parque. La estacionalidad de la precipitación interactúa con la topografía para producir variaciones extremas. Los suelos bajos pueden estar inundados durante la estación húmeda y extremadamente secos en la estación seca. La composición arbórea y de aves varía drásticamente entre las distintas condiciones topográficas (Bestelmeyer y Alonso, 2000, p. 112). El cuerpo de agua más importante del PNLT es el Río San Pedro. El Río Sacluc es un tributario del Río San Pedro que también cobra importancia. Además, existen algunas conexiones estacionales similares a cuerpos de agua en la estación húmeda, que no son observables en la estación seca (Bestelmeyer y Alonso, 2000, p. 112).

En el PNLT se han descrito siete tipos de vegetación, siendo éstos:

- **Bosque alto:** posee maleza relativamente cerrada, llano escaso y es dominado por palmas y arbustos trepadores. Este bosque abarca 19,354 ha (5.72% del PNLT).
- **Bosque bajo:** follaje más denso debido a inundaciones periódicas. Dominado por *Bucida buceras* (pucté) y *Haematoxylon campechianum* (tinto). Las palmas son dominantes.
- **Encinal:** bosque dominado por *Quercus oleoides* cerca de la confluencia de los ríos San Pedro y Sacluc. Se asocia con el pucté y tinto en áreas anegadas. Ocupa 2,367 ha (0.70%).
- **Prado:** Áreas recientemente deforestadas por corte, quema y roza y que han sido colonizadas con llanos.
- **Guamil:** bosques secundarios con llanos densos, algunas veces con falta de árboles tupidos en su totalidad. Se puede observar *Cecropia peltata*, *Acacia cornigera*.
- **Bosques fluviales:** resulta en un mosaico de parches de bosque alto y bajo con áreas generalmente inundables en la estación lluviosa. La asociación más abundante es la del pucté y *Pachira sp.*
- **Tintal:** bosque bajo casi en su totalidad compuesto por tinto, se encuentra con frecuencia en los márgenes de las lagunas (Bestelmeyer y Alonso, 2000, p. 115).

En cuanto a la vegetación relacionada con las zonas de ribera, León y Morales-Can (2000, p. 130) describen los siguientes tipos de vegetación:

- **Ciénaga:** dominada por la vegetación acuática. Ocupa las partes más bajas del parque. Se componen de varias asociaciones como *Cladium jamaicense* (sibal), *C. jamaicense* y *Phragmites australis* (sibal-carrizo) y *C. jamaicense* y *Typha domingensis* (sibal-tul). Los incendios queman de manera heterogénea el sibal, dejando un mosaico de áreas gravemente consumidas, áreas mezcladas y áreas en las cuales solamente las partes superiores de las plantas se han quemado. La heterogeneidad producida por el fuego también se refleja en el nuevo crecimiento de especies de madera localizadas en los bancos de la ciénaga. Otro factor que afecta la ciénaga y su biota es el cambio en los patrones de drenaje debido a la construcción de caminos. Se pueden observar cuerpos de agua a lo largo de las rutas de acceso a las lagunas, llenos con grama y guamiles.
- **Humedales en bosque:** El bosque ribereño alto es dominado por *Pachira aquatica* (zapote bobo), *Inga vera*, *Lonchocarpus hondurensis* y *Pithecellobium sp.* Estos se encuentran entre los bosques más altos en el área, aunque los árboles raramente pasan de 30 metros, debido a la ausencia de suelos profundos. El estudio describe que existe gran abundancia de un bosque ribereño pequeño, representado por diversas asociaciones, dominadas por *Haematoxylum campechianum*, la asociación de *Bucida buceras* y *Pachira aquatica* (pucté-zapote bobo – siendo ésta la asociación más común-), la asociación de *B. buceras* y *Metopium* (pucté-chechén negro) y *B. buceras* y *Diospyros*. Existen pocos individuos de *Rhizophora mangle* ocupando los márgenes del Río San Pedro. Esta población aislada es la forma más continental

conocida en la península. Se localiza fuera del parque y consecuentemente no recibe ninguna protección oficial.

#### 3.3.4.2 *Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL)*

El Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL), se encuentra en el suroeste de la RBM y se ubica en el municipio de La Libertad. Limita con los estados mexicanos de Chiapas y Tabasco. Su extensión territorial es de 202,865 ha y el segundo parque de mayor extensión en Guatemala (CONAP y FDN, 2005, p. 1). El PNSL se distingue del resto de la RBM por poseer mayor precipitación y topografía más accidentada (CONAP y FDN, 2005, p. 10). Castañeda (1998) determinó seis asociaciones vegetales para el PNSL:

- Asociación vegetal en **áreas inundables**: comunidades de *B. buceras-Vochysia guatemalensis* (pucté-San Juan), corresponde a zonas inundables durante casi toda la estación lluviosa.
- Asociación vegetal en **cimas de cerros**: comunidades de *Metopium brownei-Pouteria reticulata* (chechén negro y zapotillo hoja fina), ubicadas en relieves bastante ondulados y en las cimas de los cerros.
- Asociación vegetal en **valle intercolinar**: *Dialium guianense-Calophyllum brasiliense-Manilkara zapota-Brosimum alicastrum* (comunidades tamarindo, barillo-chicozapote y ramón blanco), incluye áreas pequeñas ubicadas entre las colinas.
- Asociación vegetal en **sierra del Lacandón** *Aleis yucatanensis - Malmea depressa, Guarea excelsa y Brosimum panamense* (comunidades som-sufricay, cedrillo hoja ancha y ramón negro).
- Asociación vegetal en **sierra de la ribera**: *Pouteria reticulata - Brosimum panamense* (comunidad zapotillo hoja fina-ramón), ubicada en la sierra de la ribera del río Usumacinta.
- Asociación vegetal de **sabana**: comprendida entre lagunas; se caracteriza por áreas mayoritariamente planas, con mucha perturbación humana, pastizales naturales y pocos árboles separados entre sí, al grado que sus copas no se entrecruzan (CONAP y FDN, 2005, p. 31).

#### 3.3.4.3 *Áreas protegidas del suroeste de Petén (APSOP)*

Las Áreas Protegidas del Suroeste del Petén (APSOP), tienen una extensión territorial de 185,156 ha y comprenden siete áreas protegidas localizadas en los municipios de Sayaxché y La Libertad (CONAP *et al.*, 2008, p. 11):

- Parque arqueológico Ceibal
- Parque arqueológico Aguateca
- Parque arqueológico Dos Pilas
- Reserva biológica San Román
- Refugio de vida silvestre Petexbatún

- Refugio de vida silvestre El Pucté
- Parque Nacional el Rosario

Sayaxché es el segundo municipio más poblado de Petén, situación que obedece a las constantes migraciones del sur del país. Se estima que para el año 2005 poseía aproximadamente 62,924 habitantes (CONAP *et al.*, 2008, pp. 26-27). Las APSOP constituyen los últimos parches significativos de bosque al sur de la RBM, que aún poseen diversidad de especies, tanto de flora como de fauna y abundante producción de agua que alimenta a las lagunas de Petexbatún y Aguateca y los ríos Pucté, La Pasión, Salinas y finalmente al Río Usumacinta (CONAP *et al.*, 2008, p. 11). CONAP *et al.* (2008, p. 22), clasifican la vegetación de la región en dos tipos:

- **bosque latifoliado alto y mediano** (el más abundante)
- **bosque inundado y vegetación ribereña:** se encontraron 18 especies arbóreas en el refugio de vida silvestre El Pucté, mostrando la baja diversidad, posiblemente por la influencia de los largos períodos de inundación. Entre las especies más comunes destacan *Spondias mombin* (jobo), *Inga leptoloba* (bitze), *Tabebuia rosea* (maculiz), *Bucida buceras* (pucté), *Swartzia cubensis* (llora sangre), *Pachira aquatica* (zapote bobo) y *Haematoxylum campechianum* (tinto). La vegetación característica en las riberas del río La Pasión y sus afluentes, está cubiertas principalmente con Jimbales (*Chusquea sp.*) y tinto, especie protegida por ley, debido a su uso intenso como postes para la construcción de cercos.

#### 3.3.4.4 Reserva de Uso Múltiple Sarstún

La reserva de uso múltiple Sarstún se encuentra ubicada en el municipio de Livingston, Izabal. De acuerdo con la clasificación del sistema Thornwaite es una zona muy cálida, muy húmeda, con invierno benigno, sin estación seca bien definida. Sarstún se comporta tanto como medio fluvial y como estuario, a razón de que es influenciado por las mareas y crecidas continentales, permitiendo así el desarrollo de manglares en la parte final de su ribera (Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, pp. 13-15).

Un estudio realizado para el Plan Maestro de dicha reserva indica que las tierras inundables son asociaciones de aproximadamente 2,240 árboles/ha, con predominancia de las especies Santa María y San Juan. Otras especies identificadas en esta zona son: güisoyol, lancetillo (*Astrocaryum mexicanum*), ternera (*Euterpe macrospadix*), pimientillo (*Cryosophila argentea*) y confra (*Manicaria saccifera*) (Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 21).

### 3.3.5 Uso de la tierra

Aunque el uso predominante de la tierra en el área de estudio es el de conservación del bosque natural (debido a la proximidad o inclusión en áreas protegidas), el paisaje de Petén e Izabal se ha transformado drásticamente en las últimas décadas, donde sus principales actividades económicas son la ganadería y agricultura. La zona más degradada se encuentra al sur de Petén, donde se estima que el 49% corresponde a agricultura-ganadería (de los cuales, el 2.51% corresponde a palma africana) (CONAP *et al.*, 2008, p. 58). En cuanto a Izabal, a pesar de que la Reserva de Uso Múltiple del Río Sarstún se encuentra relativamente bien conservada, la densidad de la población ha aumentado de 8.89 hab/km<sup>2</sup> en el 2002 a 19.69 hab/km<sup>2</sup> en el año 2014 (CONAP, 2014, p.25). La cobertura agropecuaria es de 1.49% pastizales y 1.45% agricultura (CONAP, 2014, p. 46).

#### 3.3.5.1 Principales amenazas a los recursos naturales

El análisis de amenazas elaborado para los planes maestros del PNSL, PNLT, áreas protegidas del suroeste de Petén y la reserva de uso múltiple del río Sarstún (CONAP *et al.*, 2008, pp. 87-106; CONAP y FDN, 2005, pp. 75-86; CONAP *et al.*, 2006, pp. 69-85; Consorcio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, pp. 79-80) muestran amenazas en común, siendo éstas:

- Ganadería
- Incendios forestales
- Actividades agrícolas, donde cobra mayor importancia el establecimiento de cultivos de palma africana
- Tráfico de productos maderables, no maderables y vida silvestre
- Construcción de carreteras y/o líneas de transmisión eléctrica
- Contaminación en el agua
- Megaproyectos como la actividad petrolera, construcción de represas
- Introducción de especies exóticas

Las tres primeras amenazas se relacionan con las invasiones a las áreas protegidas, donde se elimina la cobertura forestal y se reemplaza por pastos o cultivos agrícolas. Este proceso comúnmente se realiza a través del método de tumba, roza y quema (CONAP *et al.*, 2008, p. 87), razón por la cual los incendios forestales ocupan un lugar tan alto en la lista de amenazas.

El perfil ambiental de Guatemala 2012 identifica que el 42% de la deforestación del país ocurre en cinco “frentes de deforestación”, de los cuales cuatro se encuentran en Petén y uno en Izabal (IARNA-URL, 2012, p. 105). El análisis de la dinámica de la cobertura forestal durante el periodo 2006-2010, muestra que Petén posee un 35% de la pérdida bruta de cobertura durante

dicho periodo. La mayor tasa de deforestación se presenta en Sayaxché (IARNA-URL, 2012, pp. 107-108). Se estima que la tasa de deforestación en la RBM es de 1.18% anual. A pesar de que el 36% de esta pérdida ha ocurrido en la Zona de Amortiguamiento (ZAM), las tasas de deforestación han aumentado considerablemente en los parques nacionales y algunas áreas de la zona de usos múltiples (Radachowsky, Ramos, McNab, Baur & Kazakov, 2012, p. 22). Las principales causas de la deforestación en esta zona se atribuyen a agricultura a pequeña escala con el método de tala y quema. El fuego no es un factor natural en los bosques del norte de Guatemala y hasta la fecha ningún reporte de incendio se atribuye a causas naturales. Sin embargo, la región tiene una fuerte amenaza de incendios, provocados principalmente para limpiar terrenos para la agricultura o establecimiento de potreros, o como método de intimidación a las autoridades y posterior invasión de áreas protegidas. Esta situación se ha vuelto crítica, en especial durante los eventos de El Niño (cuando las condiciones son extremadamente secas y vulnerables), donde se han consumido grandes extensiones de bosque (CONAP *et al.*, 2006, p. 76; Radachowsky *et al.*, 2012, p. 23). Las zonas más afectadas por los incendios forestales han sido el PNLT y PNSL. Se estima que en el año 2007 se quemaron 12,761.91ha en el PNSL y 65,705.4ha en el PNLT (WCS y CONAP, 2007, p. 9). Las tasas de deforestación en el PNLT incrementaron en un 120% de los períodos 1997-2003 a 2003-2005 (Monzón-Alvarado, Cortina-Villar, Schmook, Flamenco-Sandoval, Christman & Arriola, 2012, p. 47).

### **Incendios forestales en el Parque Nacional Laguna del Tigre**

La incidencia de incendios en el PNLT es tan crítica, que se estima que para el 2003, un 49% de la cobertura boscosa del parque había sido quemada. El 68% del bosque remanente para el 2003 ya había sido afectado previamente para los incendios del 1998 y 2003. La expansión de los incendios en dicha área parece haberse desplazado de las zonas de uso especial y recuperación (incendios ocasionados por quemas agrícolas) a las zonas más conservadas (zona núcleo por incendios provocados) (CONAP *et al.*, 2006, pp. 73-74; Monzón-Alvarado *et al.*, 2012, p. 47). CONAP *et al.* (2006, pp. 73-74) identificaron que las causas que exacerban la problemática de los incendios forestales en el PNLT son:

- Características de algunos ecosistemas como sabanas y jimbales, los cuales son altamente vulnerables a la propagación de los incendios en grandes extensiones.
- Superficie plana y abundancia de fuentes de agua, que representan un atractivo para desarrollar actividades agrícolas y ganaderas.
- Falta de aplicación de la Ley.
- Falta de presencia y personal para atender de forma directa la implementación de las acciones preventivas y de control en el campo.
- Falta de Recursos Financieros para atender el tema.

### **Expansión de la palma africana**

En años recientes y particularmente en la zona norte del país existe una expansión considerable del cultivo de palma africana. El área de cultivo se ha triplicado desde el año 2003 (31,057ha) al 2010 (93,500ha) (IARNA-URL, 2012, p. 210). Este cultivo es relativamente reciente (alrededor de 10 años atrás) en la región. Sin embargo, su expansión avanza aceleradamente en zonas vecinas a las áreas protegidas, principalmente en zonas de amortiguamiento (CONAP *et al.*, 2008, p. 90) y se considera una amenaza, debido a que se caracteriza por abarcar grandes extensiones. Comunidades enteras en la región suroeste de Petén han vendido sus parcelas para convertirlas en plantaciones de palma. Este fenómeno de venta de tierras impulsa la migración y posterior invasión de tierras (CONAP *et al.*, 2008, p. 90). En el año 2006, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en conjunto con SEGEPLAN y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) realizaron una inspección por el río la Pasión en la región del Pato. En esta inspección se verificó la existencia de varios puntos de vertimiento de aguas residuales de la planta de procesamiento localizada en esta zona (CONAP *et al.*, 2008, p. 91).

## 4 JUSTIFICACIÓN

La vegetación ribereña, principalmente el bosque, constituye uno de los factores con esencial incidencia en el régimen hidrológico de las aguas superficiales. Los bosques ribereños evitan erosión, reducen la pérdida de agua y descarga de productos químicos; mantienen fresca la temperatura del agua, entre otros (Gutiérrez, 2009, p. 12).

El norte de Guatemala posee un abundante recurso hídrico superficial. Dentro de la RMB se encuentra el Parque Nacional Laguna del Tigre, que representa el humedal más grande del país (CONAP, 2001, p. 10). El suroeste de Petén posee un sistema de aguas superficiales que abarca 4,194 ha., incluyendo el Río La Pasión, que es uno de los más caudalosos y de mayor longitud del país (354 kms) (CONAP *et al.*, 2008, p. 58). En el Departamento de Izabal, se encuentran dos regiones reconocidas como humedales de importancia mundial por la comisión RAMSAR siendo una de estas el Área Uso Múltiple Río Sarstún (Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 5).

Las inundaciones y alteraciones ocasionadas por las estaciones lluviosa y seca de la región de Petén, provocan gran heterogeneidad en la comunidad florística (León y Morales-Can, 2000, p. 128). A pesar de su riqueza natural, el norte de Guatemala presenta severos niveles de perturbación, fragmentación y destrucción (CONAP, 2001, p. 33). Con base en el análisis de vulnerabilidad realizado para los planes maestros de la región, las principales fuentes que afectan la integridad de los recursos naturales, incluyendo los bosques inundados, son: los incendios, la deforestación (terrenos que se establecen permanente o temporalmente para el ganado o siembra de arroz); la exploración y explotación petrolera, la expansión acelerada del cultivo de palma africana; la agricultura y ganadería incompatible; y los asentamientos humanos no planificados (CONAP, 2001, pp. 30-33 CONAP *et al.*, 2008, pp. 87-106; Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, pp. 79-81).

La legislación guatemalteca declara como de urgencia nacional la reforestación de riberas y estipula que dichas zonas son propiedad del Estado (*Constitución Política de la República de Guatemala*, 1993, p. 28). Regula su uso, mediante la prohibición de cortar árboles en las riberas de ríos, riachuelos, lagos, lagunas y fuentes de agua, hasta 25 metros de la orilla (*Decreto 90-97 Código de Salud*, 1997, p. 14).

A pesar de la importancia de las zonas ribereñas, la vasta zona de humedales de Guatemala y que representan un ecosistema protegido por la Ley, existe una alta vulnerabilidad de estos ecosistemas. Se han encontrado algunas investigaciones citadas por los planes maestros de las áreas protegidas de la zona, pero poco se conoce sobre la dinámica de este tipo de ecosistema. Por ello, es necesario tener información básica sobre la estructura, dinámicas y composición de los bosques ribereños que pueda servir como línea base para medir los cambios

en el ecosistema hídrico, con el fin de diseñar estrategias de conservación y manejo (Pabst & Spies, 1999, p. 1557) para evitar que el recurso se siga deteriorando. La información generada en esta investigación podrá emplearse como base para el desarrollo de nuevas investigaciones ecológicas, tanto a nivel florístico, zoológico como a nivel de paisaje, además de presentar insumos para el desarrollo de estrategias de restauración en la región.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 GENERAL**

Caracterizar los bosques de ribera de los ríos del norte de Guatemala (San Pedro, La Pasión, Usumacinta, Mopán y Sarstún) en cuanto a sus especies dominantes, riqueza, composición y su relación con el orden del río, topografía y uso del suelo.

### **5.2 ESPECÍFICOS**

- Establecer un tamaño representativo de parcela para el estudio del estrato arbóreo de los bosques de ribera en el norte de Guatemala.
- Identificar las especies con predominio ecológico de bosques ribereños del norte de Guatemala.
- Evaluar la relación entre el orden de río, topografía y perturbación circundante con la riqueza y diversidad de especies arbóreas en las riberas de los sitios de estudio.

## **6 HIPÓTESIS**

Existen diferencias entre las especies dominantes de los cinco ríos estudiados.

El orden de río, topografía y perturbaciones circundantes afectan la riqueza y diversidad de las especies de los bosques de ribera.

## 7 MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 UNIVERSO

- **Población del estudio:** constituye los bosques ribereños de los ríos del norte de Guatemala (San Pedro, La Pasión, Usumacinta, Mopán y Sarstún).
- **Muestra del estudio:** corresponde al estrato arbóreo (árboles con diámetro a la altura del pecho –DAP- mayor o igual a 10 cm) presente en 34 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> cada una (ver ubicación de las parcelas en el Anexo **Error! Reference source not found.**).

### 7.2 MATERIALES

Cuadro 7-1 Materiales utilizados para el estudio

Actividad	Cantidad	Insumo
Establecimiento de parcelas y mediciones	200m	Cinta o lazo de color azul
	1	GPS
	1	Brújula
	1 rollo	Cinta forestal para muestreo (flagging)
	3	Marcadores indelebles
	2	Cintas métricas (50 y 2m)
	1	Binoculares
Colección de muestras	1	Calculadora
	100	Periódicos usados
	1	Tijeras de podar
	1	Cortarama (guacamaya)
	30	Bolsas plásticas grandes
	50	Bolsas plásticas medianas
Herborización	5	Cinta adhesiva
	5	Galón Alcohol 95%
	100	Cartón de herborización
Toma de datos	4	Prensa de herborización
	150	Pliegos de papel texcote y manila
Análisis y procesamiento de datos	1	Tabla para escribir
	2	Lápices y borradores
	10	Protectores de hoja
	1	Pizarra blanca portátil
	2	Marcadores de pizarra
Análisis y procesamiento de datos	1	Cámara fotográfica
	1	Computadora e impresora
	500	Hojas bond (para etiquetas, boletas e informes) Insumos de oficina Guías de identificación, Flora de Guatemala

## 7.3 MÉTODOS

### 7.3.1 Tratamientos

Los tratamientos consisten en: cuenca hidrográfica (vertiente Caribe o Golfo de México), b) orden del río, c) topografía del terreno y d) tipo de uso de suelo circundante (bosque –sin perturbación-, cultivo, potrero). Se comparó la riqueza biológica y diversidad con estos factores para determinar relación entre ellos.

### 7.3.2 Unidades experimentales y réplicas

En cada río se establecieron unidades de muestreo –UM- (parcelas) de 0.1 hectáreas (1,000m<sup>2</sup>) cada una. Dichas parcelas se localizaron paralelamente y a la orilla del río (ver Figura 7-1) y se seleccionaron con observaciones directas de campo y fotointerpretación (Cortés-S, 2003, p. 121), ubicándose en las zonas con presencia de bosque de los sitios de muestreo, procurando tomar en cuenta ambos lados del río y una separación mínima de dos kilómetros entre sí.

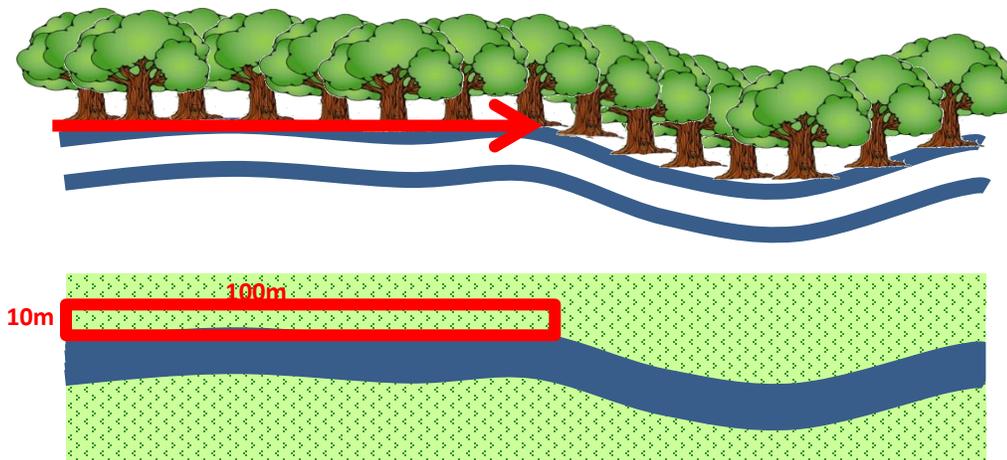


Figura 7-1 Disposición de las parcelas respecto al río.

Debido a que los resultados de este estudio pretenden servir como covariable para la investigación “Las nutrias del norte de Guatemala”, los sitios de muestreo se determinaron utilizando los criterios para el muestreo de nutrias, es decir, se ubicaron en el área boscosa presente en transectos de 10 kilómetros de longitud. Se realizaron varios transectos por río, separados a su vez por al menos 10 kilómetros entre sí. El número de parcelas establecidas fue variable para cada sitio de muestreo<sup>7</sup>, debido a diversas razones, entre ellas, la dificultad de

<sup>7</sup> Rangel-Ch y Velásquez (1997, p. 82), proponen uno o dos levantamientos de datos por unidad paisajística, en el caso de una caracterización fisionómica, o mayor número de levantamientos en el caso de caracterizaciones florísticas.

encontrar parches adecuados de bosque para establecer las parcelas y la accesibilidad a los ríos estudiados. En total se establecieron 34 parcelas, distribuidas en los cinco ríos de estudio.

### 7.3.3 Tamaño de las unidades de muestreo

Las parcelas tienen un área de 0.1 ha, es decir, 1000m<sup>2</sup> (100x10m). Debido a que no existe una forma y tamaño de parcela recomendado o establecido para bosques ribereños del trópico, esta medida se seleccionó con base en dos criterios:

- **Recomendaciones para bosques tropicales:** Rangel y Velásquez (1997, p. 65) proponen superficies de 1000m<sup>2</sup> para formaciones selváticas del Amazonas y entre 500 y 1000m<sup>2</sup> para bosques de montaña baja y media.
- **Estudios previos:** las medidas presentadas por los estudios en bosques de ribera varían considerablemente. Algunos autores han utilizado transectos, con medidas de 32m (Pabst & Spies, 1999, p. 1560), 100m (León y Morales-Can, 2000, p. 129) hasta 112m largo (Pabst & Spies, 1999, p. 1560). La mayoría de autores han utilizado parcelas. Algunos estudios mostraron parcelas relativamente pequeñas y cuadradas, (p.e. 5x10m (Slocum, et al., 2000, p. 42), 25x10 (Gutiérrez, 2009, p. 35), 20x20 (Hupp, 1982, p. 491), 20x50 (Díaz y Rosales, 2008, p. 18)), mientras que Jáimez-Cuéllar, Vivas, Bonada, Robles, Mellardo, Álvarez,... Tercedor (2002, p. 197), proponen parcelas más alargadas con una longitud de 100m. Finalmente, el estudio de Kutschker, Brand y Miserendino (2009), empleó las parcelas más grandes (150m y ancho variable). Tomando en cuenta esta variación, se escogió la longitud propuesta por (Jaímez-Cuéllar, Vivas, Bonada, Robles, Mellado, Álvarez,... Alba-Tercedor, 2002, p. 197), ya que representaba una de las medidas más grandes. El ancho se determinó con el criterio de asegurar la vegetación verdaderamente ribereña, por lo cual se estableció la medida de 10m.

No se consideró el método de área mínima de muestreo<sup>8</sup>, debido a la presunción que la estructura de los bosques varía considerablemente entre tratamientos y se pretende tener un área estandarizada para fines comparativos. Sin embargo, con el fin de determinar si se obtuvo una muestra representativa de las especies arbóreas de las parcelas muestreadas (Lamprecht, 1990, p. 42) y de esta manera poder sugerir tamaños de parcela para este tipo de ecosistemas para futuros estudios en la región, se realizó una curva de acumulación de especies por parcela medida (Greig-Smith, 1983, pp. 168-169; Odum, 1959, p. 382). Para obtener esta curva, se subdividieron las parcelas en subparcelas pequeñas, iniciando con un cuadrante de 10x10, al cual se le fueron añadiendo subparcelas de 10x10 hasta llegar a los 100 m.

---

<sup>8</sup> Establece la relación entre el número de especies y el área de inventario hasta obtener un punto de saturación (donde, aunque aumente el tamaño de la parcela, el número de especies permanece estable). Este método no es recomendado para paisajes heterogéneos o donde el conocimiento a nivel taxonómico no es satisfactorio (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 64).

### 7.3.4 Toma de datos

En cada parcela se tomaron los datos que se muestran a continuación y que han sido propuestos por Pinelo-Morales (2004, pp. 29-31) para su utilización en inventarios forestales de la RBM.

#### 7.3.4.1 Datos por parcela

En el Cuadro 7-2, se muestran los datos que corresponden a características generales de la parcela a medir:

**Cuadro 7-2 Datos tomados por parcela de estudio**

<b>Atributo</b>	<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
<b>Topografía</b>	Plana	Terreno sin desniveles obvios
	Ondulada	terrenos que son predominantemente planos, pero presentan pequeños desniveles donde es evidente la inundación
	Accidentada	sitios con pendientes menores a los 45° (100% de pendiente)
	Quebrada	parcelas cuya pendiente sea mayor al 100%.
<b>Drenaje</b>	Nulo (o anegado)	suelo con el nivel de agua a ras o por encima, durante períodos de varias semanas a meses. El color del suelo generalmente es gris
	Pobre	suelos con alto porcentaje de arcilla, nivel del agua cerca de la superficie y pendientes suaves o planas que impiden el escurrimiento por varios días.
	Bueno	Suelos cuya estructura física o pendiente moderada permiten un escurrimiento del agua en pocas horas.
	Excesivo	Suelos arenosos (porosos) o laderas pronunciadas que permiten un rápido escurrimiento del agua; suelos resecos.
<b>Estado de intervención del bosque</b>	Poca intervención	aprovechamiento de recursos especialmente maderables; un árbol cortado.
	Señales de maderero	dos o más árboles cortados y/o caminos de extracción
	Señales de fuego	
	Descombrado o socoleado	
<b>Vegetación presente</b>		árboles, arbustos, hierbas, trepadoras, regeneración de árboles
<b>Uso del suelo en el área circundante</b>		bosque, potrero, cultivo o viviendas

Fuente: Pinelo Morales, 2004, pp. 29-31.

#### 7.3.4.2 Datos por individuo medido

Una vez determinados los datos generales por parcela, se procedió a censar todos los individuos del estrato arbóreo con DAP igual o mayor a 10cm y que se encontraban enraizados

dentro de cada parcela (Lamprecht, 1990, p. 43; Zarco-Espinosa, Valdez-Hernández, Ángeles-Pérez, y Castillo-Acosta, 2010, p. 4), a los cuales se tomaron los siguientes datos:

- **Especie.** En los casos de que se conociera la especie, se anotó el nombre científico y/o común. Para las especies no conocidas, se tomaron muestras botánicas para su posterior determinación con el apoyo del personal del Herbario de la Escuela de Biología (BIGU).
- **DAP.** Para obtener el DAP, se midió la circunferencia a la altura del pecho (CAP) del tronco del árbol a una altura de 1.30m del suelo. Esta medida se transformó a DAP por medio de la fórmula:  $DAP = CAP/\pi$  (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 81).
- **Altura.** Se determinó la altura aproximada a través de una estimación “ocular” (Bruce & Schumacher, 1935, p. 22). Sin embargo, por tratarse de un método no estandarizado, este dato solamente se utilizó con fines descriptivos.
- **Ancho de copa.** Al igual que la altura, esta medida se estimó en un aproximado y no se empleó en el análisis.
- **Estado del fuste.** Se determinó si el fuste es recto, con protuberancias, bifurcado, inclinado o torcido y/o si posee gambas.
- **Estado de salud.** Se clasificó la salud del árbol con base en las categorías: a) árbol sano, b) árbol dañado (quebrado, sin copa y casi seguro que morirá), c) árbol quemado, d) árbol estrangulado por lianas y e) árbol podrido.
- **Estado reproductivo.** Se colocó el estado reproductivo en el que se encontraba el individuo medido, p.e., si presentaba flores, frutos, flores y frutos, o si el árbol se encontraba únicamente con hojas.

#### 7.3.4.3 Determinación de orden de río y topografía

El orden del río y la topografía se determinaron a través de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). La topografía se expresó por medio del índice de rugosidad (*Terrain ruggedness index*), propuesto por Riley, DeGloria & Elliot (1999). El TRI consiste en una medida cuantitativa de la heterogeneidad del terreno (Riley *et al.*, 1999, p. 23) y su morfología a pequeña escala, sin estar relacionado con la altitud (Goerlich Gisbert y Martí, 2010, p. 3; M. Moreno, Levachkine, Torres, & Quintero, 2003, p. 643). Este índice se calcula a partir de las diferencias de elevación entre celdas adyacentes, empleando modelos de elevación digital (DEM) de acceso público y mediante la utilización de técnicas de SIG (Goerlich Gisbert y Martí, 2010, p. 6; M. Moreno *et al.*, 2003, p. 643; Riley *et al.*, 1999, pp. 23-24).

#### 7.3.5 Preservación e identificación de muestras botánicas

Simultáneo a la toma de datos en las parcelas, se obtuvieron muestras botánicas (por triplicado) de las especies que fue posible recolectar. Dichas muestras se etiquetaron con el

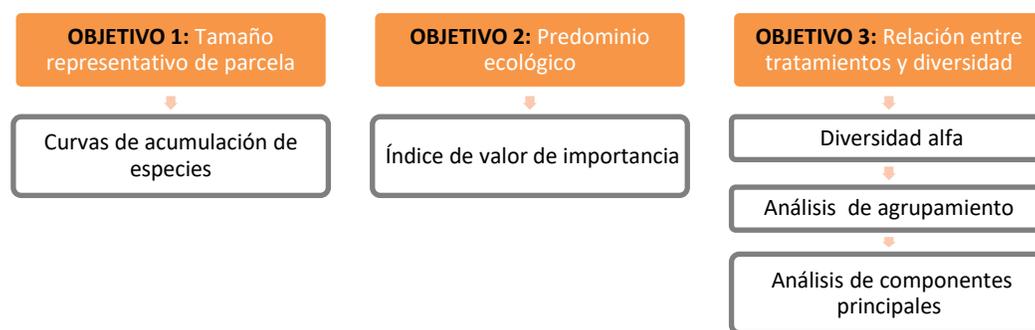
código de individuo<sup>9</sup> y se colocaron en bolsas plásticas medianas. Al llegar al campamento, se tomaron fotos de cada especie recolectada, se colocó cada muestra botánica entre hojas de papel periódico y juntas se guardaron en una bolsa plástica grande, a la que se agregó 1L de etanol al 70% por bolsa, con el fin de preservarlas del ataque de hongos. Dichas bolsas se mantuvieron en un sitio protegido del sol y la lluvia (Rangel-Ch y Velásquez, 1997, p. 78). Posteriormente se llevaron al herbario BIGU de la Escuela de Biología-Facultad de CC QQ y Farmacia-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se secaron en prensas y se etiquetaron con el formato del herbario. El equipo del herbario BIGU se encargó de su herborización e introducción a la colección. La identificación se hizo principalmente en el sitio de estudio, con el apoyo de investigadores de campo. Las especies que no puedan determinarse de esa manera se trasladaron al herbario BIGU, en donde se consultó con los especialistas de dicha institución.

### 7.3.6 Tabulación y ordenamiento de datos

Además de anotar los datos en boletas de campo se empleó el programa CyberTracker versión 3.389 para diseñar una aplicación para uso en teléfonos Android, como método alternativo para la tabulación de los datos. Dichos datos se ordenaron en dicho programa, y se extrajeron a tablas de Excel para el análisis estadístico posterior.

## 7.4 ANÁLISIS DE DATOS

Previo al uso de paquetes estadísticos y determinación de índices con el fin de responder a los objetivos de estudio, se elaboró un listado de especies encontradas en la región de estudio. Las herramientas para el análisis de datos se resumen en la Figura 7-2 y se describen a continuación:



**Figura 7-2 Niveles de análisis de datos.** Se muestran los análisis de datos utilizados para responder a cada objetivo planteado en el estudio.

<sup>9</sup> El código de individuo se asignó de la siguiente manera: No. individuo-P(planta)-No. de segmento-S (segmento)-No. de transecto (para relacionarlo con los segmentos y transectos del estudio de nutrias)-T (transecto)-código de río (codificado por las dos primeras letras del nombre del río).

### 7.4.1 Curvas de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies representa al número de especies descubiertas en un área definida y puede interpretarse como medida del esfuerzo de recolecta (Colwell & Coddington, 1994, p. 105; Colwell, Chao, Gotelli, Lin, Mao, Chazdon & Longino, 2005, p. 74; Southwood & Henderson, 2000, p. 483). Estas gráficas también ilustran la tasa a la que se encuentran nuevas especies conforme aumentan las unidades de muestreo (Magurran, 2004, p. 79; Villareal et al., 2004, p. 193). Para obtener estas curvas es necesario un proceso de suavizado, donde el orden de las unidades de muestreo es aleatorizado y se calcula el número medio de especies, obteniendo así, el promedio estadístico de adición de especies con el aumento de esfuerzo (Colwell & Coddington, 1994, p. 105). Una aplicación viable para emplear estas gráficas es para determinar el esfuerzo de recolecta necesario para tomar muestras representativas o alcanzar cierto número de especies en determinado lugar, especialmente cuando la intensidad de muestreo cambia en el tiempo, facilitando, de esta manera, la estimación de costos en trabajo de campo (Soberón M. & Llorente B., 1993, p. 487; Villareal et al., 2004, p. 190).

Con el fin de determinar la representatividad de las muestras y evaluar un tamaño de parcela representativo para recomendar en estudios posteriores, se estimaron las curvas de acumulación de especies en dos situaciones: a) por tamaño de parcela, empleando los datos obtenidos de la segmentación por subparcelas (cada 10m hasta llegar a 100m) y b) por río estudiado. Para ello se realizó una matriz con datos de presencia/ausencia (Colwell et al., 2005, p. 74) de las especies en cada subparcela (cuadrante de 10m) y unidad de muestreo (parcelas), la cual se aleatorizó 100 veces por medio del programa EstimateS para obtener el promedio de adición de especies con el aumento del muestreo (Medellín & Bárcenas, 2010, p. 24; Norden, Cahzdon, Chao, Jiang, & Vílchez-Alvarado, 2009, p. 387; Pither & Kellman, 2002, p. 1627; Southwood & Henderson, 2000, p. 484). Para evaluar la calidad del muestreo se utilizó la ecuación de Clench debido a que es un modelo ampliamente utilizado y ha demostrado un buen ajuste en la mayoría de situaciones. Dicho modelo se expresa de la siguiente forma (Clench, 1979, p. 228; Soberón M. & Llorente B., 1993, p. 483):

$$S_n = a*n/(1+b*n)$$

Donde

a = Tasa de incremento de la lista al inicio de la colección

n = No. de unidades de muestreo

b = pendiente de la curva

El ajuste de estas funciones se realizó mediante estimación no lineal Simplex & Quasi-Newton empleando el paquete Statistica v. 13 (StatSoft, 2015). Para evaluar la calidad de los datos se calculó la pendiente al final de la curva mediante la siguiente ecuación (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003, p. 158):

$$P_N = a/(1+b*n)^2$$

Para determinar si el modelo se ajustaba a los datos obtenidos y las unidades de muestreo utilizadas, se compararon los coeficientes de variación ( $R^2$ ). Estos corresponden a la proporción de la varianza explicada por la función y sus valores se expresan de 0 a 1, siendo 1 el resultado de un mejor ajuste de la función a los datos (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003, p. 154).

Para determinar la proporción teórica de las especies arbóreas registradas se empleó la siguiente ecuación (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003, p. 158):

$$S_{\%} = \text{Sobs}/(a/b)$$

Donde

Sobs = riqueza de especies observada

Por último, se estimó el esfuerzo de muestreo necesario para registrar el 70% de las especies arbóreas mediante la siguiente ecuación (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003, p. 158):

$$N_{70\%} = 0.70/(b(1-0.70))$$

## 7.4.2 Predominio ecológico

El predominio ecológico es una forma de estimar la importancia (o peso ecológico) de cada especie en determinado sitio, dada por sus interpretaciones de abundancia (Greig-Smith, 1983, p. 15; Lamprecht, 1990, p. 47). El índice de valor de importancia (IVI), propuesto por Curtis y McIntosh (1951, pp. 483-488) es el más conocido y se calcula a partir de la suma de la abundancia, frecuencia y dominancia (expresada como área basal), dando un resultado con un valor máximo de 300. Además de proporcionar un índice por especie, este método aporta elementos cuantitativos al análisis ecológico, como la densidad y biomasa. Dichos elementos son básicos para interpretar la productividad de un sitio (Lozada, 2010, p. 79). Con el fin de identificar las especies dominantes, se determinó el IVI a dos niveles (utilizando los árboles con un DAP mayor o igual a 10cm): para toda el área de estudio (incluyendo los datos de las 34 parcelas estudiadas) y a nivel de río. Se consideraron las tres especies predominantes (con mayor valor de IVI) como especies indicadoras o características.

### 7.4.2.1 Abundancia relativa

La abundancia representa al número de individuos por especie. Esta puede interpretarse como abundancia relativa, al expresarse como la proporción (en porcentaje) de cada especie en el número total de individuos de la muestra (Lamprecht, 1990, p. 46):

$$ab\% = (n_i / n) * 100$$

Donde

$n_i$  = número de individuos de la  $i$ ésima especie

$n$  = número de individuos totales en la muestra

#### 7.4.2.2 Frecuencia relativa

La frecuencia relativa ( $f$ ) representa la probabilidad de encontrar una especie en determinada área, o la proporción de unidades de muestreo en las que aparece determinada especie en relación al número total de unidades de muestreo (Greig-Smith, 1983, p. 9). Comúnmente se expresa en forma de porcentaje a través de la siguiente ecuación (Lamprecht, 1990, p. 46):

$$f = (m_i/m)$$

Donde

$f$  = frecuencia

$m_i$  = unidades de muestreo donde aparece la  $i$ ésima especie

$m$  = total de unidades de muestreo

$$f\% = (f_i/f) * 100$$

Donde

$f\%$  = frecuencia relativa

$f_i$  = frecuencia para la  $i$ ésima especie

$f$  = sumatoria de las frecuencias de todas las especies

#### 7.4.2.3 Área basal (Dominancia relativa)

La dominancia es una manera de representar el “espacio” ocupado por una especie, en términos de su grado de cobertura (en este caso, a través del área basal<sup>10</sup>) (Lamprecht, 1990, p. 47). Para determinar la dominancia, primero se calculó el área basal ( $g$ ) de los individuos de cada especie:

$$G = \pi(DAP^2/4)$$

Donde

DAP = diámetro a la altura del pecho. Esta medida se expresa en m.

La dominancia *absoluta* corresponde a la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie expresada en metros cuadrados y la dominancia *relativa* es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie y el total de las dominancias absolutas de las especies consideradas en el área de muestreo (Lamprecht, 1990, p. 47):

$$\text{Dominancia absoluta (Da)} = \sum g_i$$

Donde

$g_i$  = Área basal en  $m^2$  para la  $i$ ésima especie

---

<sup>10</sup> El área basal es la superficie que ocupa un tallo que posee un diámetro o circunferencia determinado, y corresponde a una medida más representativa y menos subjetiva que la cobertura (Lozada, 2010, p. 80).

$$\text{Dominancia relativa (d\%)} = (\text{das}/\text{dat}) * 100$$

Donde

DaS = dominancia absoluta de una especie

DaT= dominancia absoluta de todas las especies

### 7.4.3 Relación entre los tratamientos y diversidad

Con el fin de identificar relaciones entre las variables a medir, la diversidad y la composición de especies arbóreas del área de estudio, se emplearon los siguientes análisis:

- Índices de dominancia y heterogeneidad: éstos indican las parcelas que presentan mayor dominancia de pocas especies, o mayor diversidad (heterogeneidad).
- Análisis de agrupamiento: es de carácter cuantitativo y pretende la clasificación de parcelas. Este nivel de análisis permitió inferir las características en común de las parcelas agrupadas.
- Análisis de componentes principales: En este análisis se toma en cuenta las variables, con el fin de determinar cuáles de ellas demuestran mayor efecto en la agrupación de las unidades de muestreo.

#### 7.4.3.1 Diversidad $\alpha$ : Índices de dominancia y heterogeneidad (o diversidad)

Los índices de diversidad corresponden a medidas que combinan los componentes riqueza y la equidad (por lo tanto, toman en cuenta la abundancia). Se emplearon dos índices para estimar la diversidad en las unidades de muestreo (parcelas): el índice de Simpson, que representa una medida de dominancia y se interpreta a modo que mientras más alta es la dominancia, la diversidad disminuye. Es un índice muy robusto y toma en cuenta la varianza en la distribución de abundancias de especies (Magurran, 2004, p. 115). Se expresa de la siguiente manera (Magurran, 2004, pp. 114-115):

$$D = \sum (n_i[n_i - 1] / N[N - 1])$$

Donde

$n_i$  = número de individuos de la  $i$ ésima especie

$N$  = total de número de individuos

Para determinar la heterogeneidad, se utilizó el índice ajustado de Simpson, ya que representa un buen estimador de la diversidad en muestras relativamente pequeñas y brinda valores consistentes, además que es un índice ampliamente conocido y utilizado (Magurran, 2004, p. 101), este se expresa de la siguiente manera:

$$E_{1/D} = (1/D)/S$$

Donde

$D$  = índice de dominancia de Simpson

$S$  = riqueza de especies

Ambos índices se calcularon utilizando el programa Past 3.15 (Hammer, Harper, & Ryan, 2001). Posterior al cálculo de dichos índices se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, utilizando como categorías los ríos de estudio, para determinar si existían diferencias significativas entre los valores de diversidad de cada sitio de estudio y posteriormente la prueba de Dunn para determinar las diferencias entre los ríos.

#### 7.4.3.2 *Análisis de agrupamiento*

Para comparar la composición florística de las distintas localidades del muestreo, se empleó el índice de similitud de Morisita. Este índice corresponde a una medida cuantitativa (incluye abundancias) (Magurran, 2004, pp. 174-175), ya que diversos autores han demostrado que éste índice, a pesar de verse afectado por especies muy abundantes, no se ve influenciado por el tamaño de la muestra o riqueza (Magurran, 2004, p. 175; Southwood & Henderson, 2000, p. 487):

$$C_{\lambda} = \frac{2 \sum X_{ij} X_{ik}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_j N_k}$$

Donde

$X_{ij}$ ,  $X_{ik}$  = número de individuos de las especies  $i$  en la muestra  $j$  y en la muestra  $k$

$N_j = \sum X_{ij}$  = número total de individuos en la muestra  $j$

$N_k = \sum X_{ik}$  = número total de individuos en la muestra  $k$

$$\lambda_1 = \frac{\sum [X_{ij} (X_{ij} - 1)]}{N_j (N_j - 1)} \quad \lambda_2 = \frac{\sum [X_{ik} (X_{ik} - 1)]}{N_k (N_k - 1)}$$

(Krebs, 1999, p. 310-316)

A partir de estos datos se realizó un análisis de agrupamiento, que corresponde a un método simple e intuitivo para presentar diferencias entre muestras y comunidades. En este análisis, las agrupaciones más similares se colocan juntas formando un agrupamiento, repitiendo el procedimiento hasta encontrar los agrupamientos que representan la mayor disimilitud (Magurran, 2004, p. 179). Los datos obtenidos del análisis se presentan en dendrogramas (Southwood & Henderson, 2000, p. 488) para mostrar el agrupamiento de los diferentes tratamientos y localidades de muestreo (Halffter y Moreno, 2005, p.10). Este análisis se realizó utilizando el programa Past 3.15 (Hammer et al., 2001).

#### 7.4.3.3 *Ordenación: Análisis de Componentes Principales*

Las técnicas de ordenación se emplean cuando se espera encontrar relaciones entre objetos o especies dadas por cierto número de atributos (Magurran, 2004, p. 180; Southwood & Henderson, 2000, p. 488). A través de estos métodos se generan hipótesis acerca de la relación

entre la composición de la vegetación y los factores ambientales que la determinan (Greig-Smith, 1983, p. 227). Éstos métodos son ideales para resumir datos, relacionar variaciones en las comunidades con gradientes ambientales y entender la estructura de la comunidad (Gauch, 1982, p. 118). Para determinar la relación entre vegetación-ambiente, los valores de los factores ambientales considerados como posiblemente importantes son trazados y la distribución resultante examinada. Si estos valores presentan determinado orden, se puede inferir que existe correlación entre el factor y la composición de la vegetación. Por tanto, el valor de ordenación selecciona los factores que potencialmente influyen en la vegetación (Greig-Smith, 1983, p. 227). Se realizó un análisis de componentes principales (Greig-Smith, 1983, p. 261). Los factores “ambientales” (variables) considerados para este análisis corresponden a los tratamientos:

- Cuenca hidrográfica (vertiente Caribe o Golfo de México),
- Orden del río,
- Topografía del terreno y
- Tipo de uso de la tierra circundante (bosque –sin perturbación-, poblado, cultivo, potrero).

## 8 RESULTADOS

Un total de 3177 individuos con DAP  $\geq 10$ cm y 190 especies y morfoespecies<sup>11</sup> arbóreas (Cuadro 8-1, Anexo **Error! Reference source not found.**<sup>12</sup>), pertenecientes a por lo menos 41 familias y 98 géneros, fueron registrados en el área muestreada, correspondiente a 34,000m<sup>2</sup>. 34 de las morfoespecies son reconocidas con nombres locales, mientras que 22 no pudieron identificarse. Las familias con mayor número de especies representadas (Cuadro 8-2) son Fabaceae (33 spp., 17%), Moraceae y Myrtaceae (ambas con 8 spp. cada una, 4%). Los Géneros con mayor número de especies son *Lonchocarpus*, *Calypttranthes* y *Zygia*, con 7, 6 y 5 spp. respectivamente, seguidos de *Diospyros* y *Pouteria* con 4 spp. cada uno. 74 especies (39%) fueron registradas en el río Usumacinta, siendo éste el que presentó mayor riqueza, seguido por el Río Mopán (64 spp.), San Pedro y Sarstún, con 63 spp. cada uno y finalmente el Sistema del río La Pasión, con 40 (21%). Al menos 31 (16%) de las especies cuya información sobre hábitat estaba disponible están asociadas a ambientes acuáticos y 60 (32%) corresponden a spp. asociadas a la selva media o alta.

**Cuadro 8-1 Número de individuos y táxones registrados durante el estudio**

<b>Taxón/individuo</b>	<b>No. registrado</b>
Individuos	3177
Especies	134
Morfoespecies con nombre local	34
Morfoespecies sin identificar	22
<b>Total de especies</b>	<b>190</b>
Especies asociadas con ambientes acuáticos	31
Especies asociadas a selva alta o media <sup>13</sup>	60
Géneros	98
Familias	41

<sup>11</sup> Árboles cuya identificación aún necesita confirmación y que no fue posible debido a que al momento de la recolecta no se encontraban en época de floración.

<sup>12</sup> En el Anexo **Error! Reference source not found.** se muestra el listado de especies, incluyendo el código de especie, abreviatura que se empleó para resumir la información en gráficos y figuras a lo largo del análisis.

<sup>13</sup> La denominación de especies según el tipo de bosque en el que se encuentran se basa en la información propuesta y proporcionada por el Herbario CICY, citado en este documento.

Cuadro 8-2 Número de especies registradas por río y familias más representativas

Río	No. especies	Familias más representativas
San Pedro	63	Fabaceae, Sapotaceae, Moraceae
Mopán	64	Fabaceae, Sapotaceae
La Pasión	40	Fabaceae
Usumacinta	74	Fabaceae, Sapotaceae, Myrtaceae
Sarstún	63	Fabaceae, Sapotaceae, Combretaceae

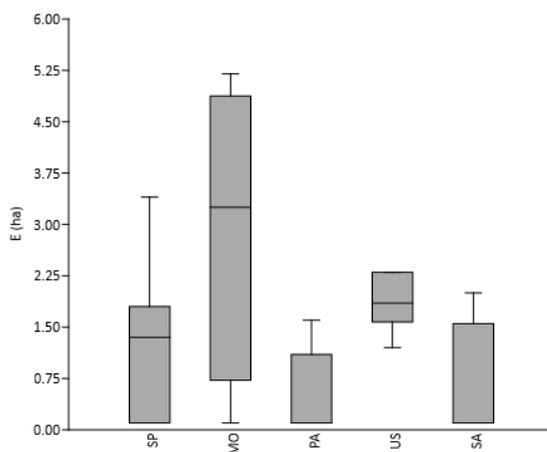
### 8.1 TAMAÑO REPRESENTATIVO DE PARCELA: CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

Los valores del coeficiente de variación ( $R^2$ ) fueron muy cercanos o iguales a uno para ambos niveles de análisis. Los valores mínimos obtenidos fueron 0.930 (tamaño de parcela) y 0.998 (número de parcelas por río).

Con relación a los datos de tamaño de las parcelas, se observa que solamente una parcela (PA17) alcanzó estabilizar su curva de acumulación de especies (Anexo **Error! Reference source not found.**), obteniendo un valor de pendiente al final de la curva ( $P_N$ ) menor a 0.1 (Cuadro 8-3). Cuatro parcelas estuvieron cercanas a la estabilización de la curva, con valores mayores, pero cercanos a 0.1 (SP1, SP4, MO11 y PA20). Las 29 parcelas restantes presentaron valores arriba de 0.2, siendo el valor más alto 0.7 (parcela SA30). En cuanto a la proporción teórica de especies registradas ( $S\%$ ), se observa que 14 parcelas presentan porcentajes mayores a 70 (el valor más alto se encontró en la parcela PA17 con 93%). Las 20 parcelas restantes obtuvieron porcentajes entre 31 (MO11) y 69%. Se estimó que el número de subparcelas (de 100m<sup>2</sup>) necesarias para registrar la proporción teórica de 70% de las especies ( $N_{70\%}$ ) oscila entre 106 y 523, equivalentes a 1.1 a 5.2 ha respectivamente (promedio de 1.3ha). En la Figura 8-1 se muestra la distribución de los datos relacionados con el tamaño de parcela necesario para obtener el 70% de las especies (E) y se observa que el río Mopán mostró la mayor variabilidad con datos de 0.1 a 5.2 hectáreas. Este río presenta también el mayor dato de E en comparación con el resto de sitios. El río San Pedro muestra la mayoría de sus valores bajos, con dos valores extremos (parcelas SP6 y SP10, 3.4 y 2.4, respectivamente). Los ríos La Pasión y Sarstún mantienen datos relativamente bajos, aunque también presentan unos pocos datos con E mayor a 1 ha. El río Usumacinta presenta la tendencia más alta, ya que mantiene sus datos entre 1.7 y 2.3 ha.

**Cuadro 8-3 Representatividad de la muestra por tamaño de parcela.** Se muestran los datos a nivel de parcela: código de parcela (código de río y no. de parcela), riqueza observada por parcela ( $S_{obs}$ ), coeficiente de variación ( $R^2$ ), parámetros  $a$  y  $b$  de la ecuación de Clench, pendiente al final de la curva ( $P_N$ ) proporción teórica de especies registradas ( $S\%$ ), unidades de muestreo (subparcelas) necesarias para registrar el 70% de las especies ( $N_{70\%}$ ) y tamaño de parcela necesario (en hectáreas) para registrar al menos el 70% de las especies (E). NA= No aplica, dado que la proporción de especies que se desea estimar fue alcanzada.

Parcela	S	$R^2$	a	B	$P_N$	$S\%$	$N_{70\%}$	E
SP1	10	0.995	0.261	0.017	0.191	65%	137	1.4
SP2	18	0.999	0.434	0.014	0.333	59%	164	1.6
SP3	13	0.999	0.723	0.045	0.346	80%	NA	0.1
SP4	7	0.981	0.268	0.031	0.157	80%	NA	0.1
SP5	14	0.995	0.512	0.028	0.314	76%	NA	0.1
SP6	21	1.000	0.350	0.007	0.307	41%	344	3.4
SP7	16	0.997	0.436	0.018	0.313	66%	129	1.3
SP8	15	0.999	0.389	0.016	0.287	63%	143	1.4
SP9	13	0.997	0.646	0.041	0.326	82%	NA	0.1
SP10	20	0.998	0.384	0.010	0.320	50%	244	2.4
MO11	12	0.999	0.171	0.004	0.157	31%	523	5.2
MO12	18	1.000	0.343	0.009	0.288	48%	256	2.6
MO13	35	1.000	0.557	0.006	0.496	37%	391	3.9
MO14	25	1.000	0.865	0.024	0.558	71%	NA	0.1
PA15	11	0.999	0.266	0.015	0.202	60%	160	1.6
PA16	17	1.000	0.543	0.022	0.366	68%	107	1.1
PA17	2	0.930	0.515	0.240	<b>0.044</b>	93%	NA	0.1
PA18	9	0.985	0.417	0.039	0.217	84%	NA	0.1
PA19	13	1.000	0.431	0.026	0.271	79%	NA	0.1
PA20	6	1.000	0.440	0.063	0.165	86%	NA	0.1
PA21	10	0.999	0.319	0.022	0.215	69%	106	1.1
PA22	17	1.000	0.472	0.019	0.331	70%	NA	0.1
US23	24	1.000	0.481	0.010	0.396	51%	228	2.3
US24	13	0.998	0.284	0.012	0.226	56%	191	1.9
US25	17	1.000	0.404	0.014	0.312	58%	169	1.7
US26	25	0.999	0.560	0.013	0.440	58%	181	1.8
US27	24	1.000	0.480	0.010	0.395	51%	229	2.3
US28	11	1.000	0.316	0.019	0.224	65%	125	1.2
SA29	22	0.982	0.858	0.031	0.500	80%	NA	0.1
SA30	36	1.000	0.952	0.016	0.704	61%	144	1.4
SA31	32	1.000	0.702	0.012	0.560	54%	196	2.0
SA32	21	0.999	1.104	0.043	0.540	82%	NA	0.1
SA33	23	0.999	0.868	0.028	0.530	74%	NA	0.1
SA34	21	0.999	0.752	0.026	0.471	74%	NA	0.1

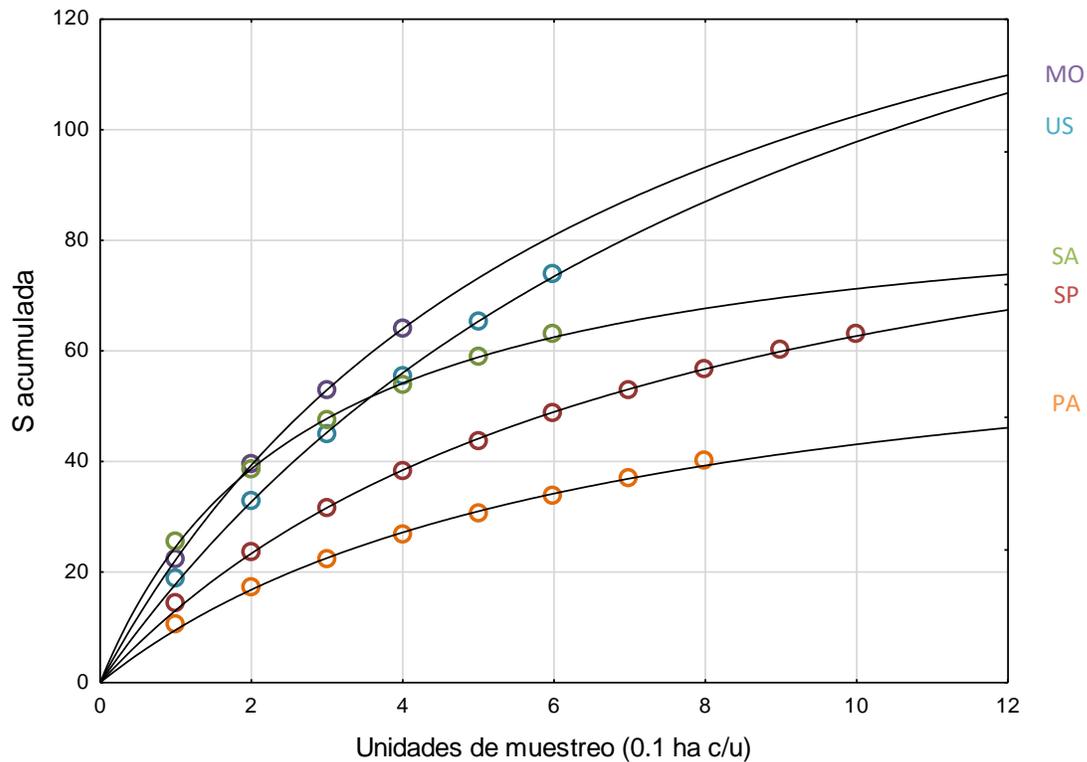


**Figura 8-1 Diagrama de cajas para el tamaño de parcela necesario para obtener 70% de la riqueza teórica de especies.** Distribución de los datos de esfuerzo necesario de recolecta traducido a hectáreas (E) para cada río del área de estudio. SP= San Pedro, MO= Mopán, PA= La Pasión, US= Usumacinta y SA= Sarstún.

Con relación al número de parcelas por río, se observa que no se estabilizaron las curvas de acumulación de especies en ninguno de los casos (Figura 8-2), obteniendo valores de  $P_N$  muy elevados (Cuadro 8-4) con un rango de 2.185 a 10.022. Los sitios San Pedro y el Sistema del río La Pasión obtuvieron los valores menores (2.6 y 2.2, respectivamente) y el sitio con  $P_N$  mayor corresponde al Río Mopán (10.0). La  $S\%$  oscila entre 37 y 70%. A pesar de no alcanzar estabilización de la curva, el río Sarstún fue el único sitio que obtuvo el porcentaje esperado de especies (70% con 6 parcelas). Los ríos San Pedro y La Pasión, obtuvieron un poco más del 50%, mientras que el río Mopán y Usumacinta presentaron valores muy bajos (37 y 38%, respectivamente). El número de parcelas necesarias para alcanzar el 70% de las especies se estima de 6 a 23, con un promedio de 15.

**Cuadro 8-4 Representatividad de la muestra por río estudiado (número de parcelas).** Se muestran los datos a nivel de sitio de estudio para la riqueza observada por parcela ( $S_{obs}$ ), coeficiente de variación ( $R^2$ ), parámetros  $a$  y  $b$  de la ecuación de Clench, pendiente al final de la curva ( $P_N$ ) proporción teórica de especies registradas ( $S\%$ ) y unidades de muestreo (parcelas) necesarias para registrar el 70% de las especies ( $N_{70\%}$ ).

Río	Sobs	N	R <sup>2</sup>	a	b	P <sub>N</sub>	S%	N <sub>70%</sub>
San Pedro (SP)	63	10	1.000	14.903	0.138	2.638	58%	17
Mopán (MO)	64	4	1.000	25.557	0.149	10.022	37%	16
La Pasión (PA)	40	8	0.998	11.028	0.156	2.185	57%	15
Usumacinta (US)	74	6	1.000	19.667	0.101	7.623	38%	23
Sarstún (SA)	63	6	0.999	33.824	0.375	3.206	70%	6



**Figura 8-2 Curvas de acumulación de especies arbóreas en los ríos muestreados.** Los círculos representan los valores de riqueza acumulada promedio, producto de 100 aleatorizaciones, a medida que aumenta el esfuerzo de muestreo. La línea corresponde al modelo de Clench. Los intervalos de confianza de dichos valores se han excluido para facilitar la visualización del gráfico. MO= Mopán, US= Usumacinta, SA= Sarstún, SP= San Pedro y PA= Sistema del río La Pasión.

## 8.2 ESTRUCTURA DEL ESTRATO ARBÓREO Y PREDOMINIO ECOLÓGICO

### 8.2.1 Estructura horizontal y vertical

Los valores de DAP  $\geq 10$  cm alcanzaron una medida máxima de 207 cm, con una media de 21.61cm para toda la región de estudio. De los 3177 individuos censados, el 62.5% se encuentra en la categoría más baja (10 a 20 cm), mientras que solamente 3.7% superó los 50cm de DAP (Figura 8-3, Anexo **Error! Reference source not found.**). La tendencia se mantiene en los cinco sitios de estudio, con la excepción del río Usumacinta (Figura 8-4), que obtuvo mayor proporción de árboles grandes (2.5% DAP  $>100$  cm), que el resto de los sitios (con menos de 0.5% de sus individuos en esta categoría).

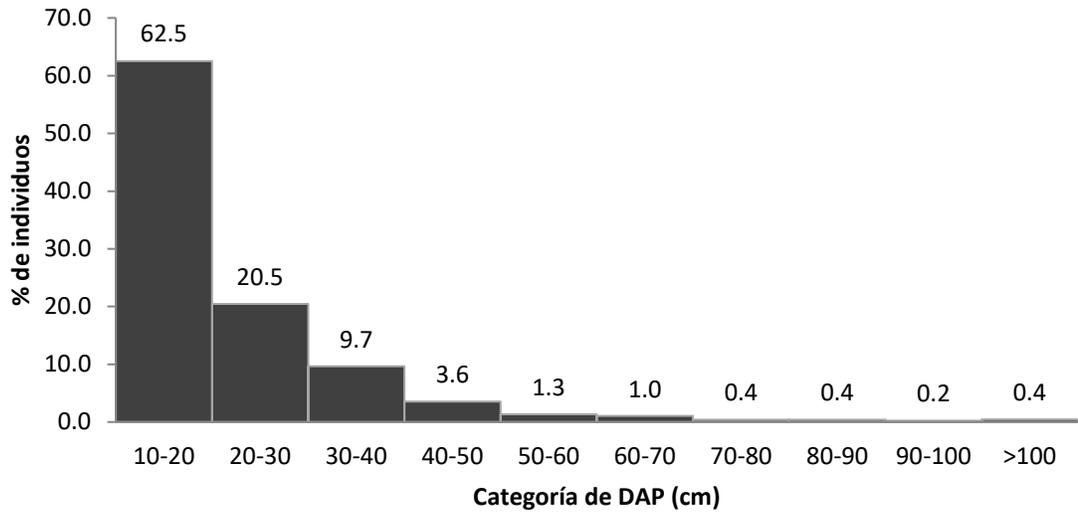


Figura 8-3 Distribución diamétrica del estrato arbóreo en las parcelas de estudio de los cinco ríos muestreados. DAP= Diámetro a la altura del pecho.

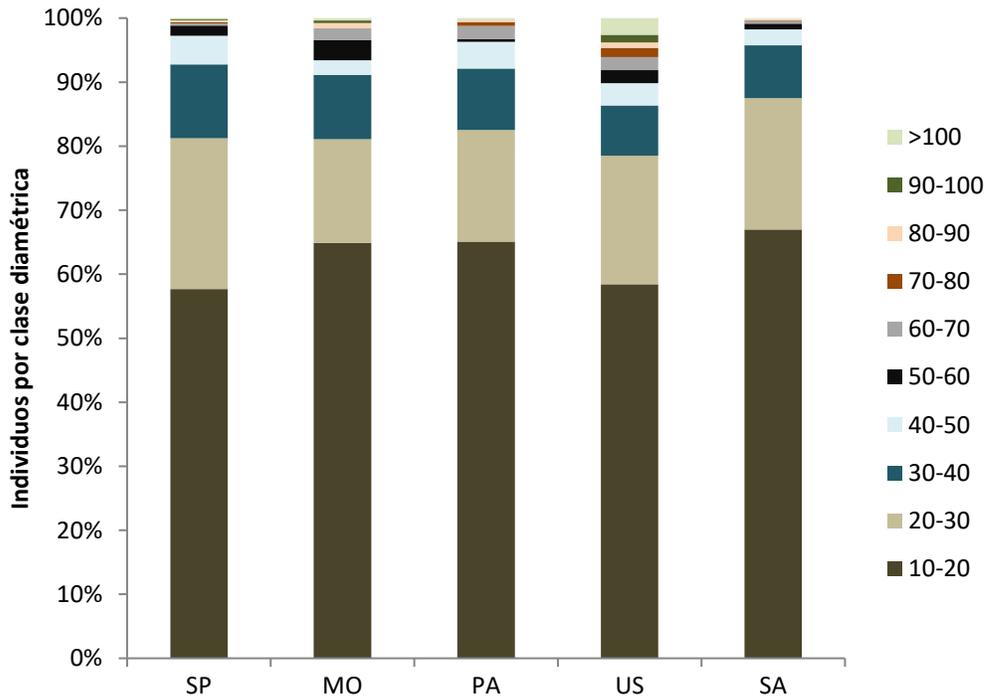


Figura 8-4 Distribución diamétrica del estrato arbóreo por río de estudio. En el eje x se muestra el río (SP= San Pedro, MO= Mopán, PA= La Pasión, US= Usumacinta, SA= Sarstún) y en el eje y el porcentaje de individuos censados para cada categoría de DAP (expresado en centímetros).

La altura promedio del estrato arbóreo en el área de estudio fue de 10.14 metros. Más de la mitad (57.9%) de los individuos comprenden árboles de alturas bajas (entre 5 y 10m), cerca de un tercio (33.5%) se sitúa en alturas intermedias (10-20 m), mientras que solamente el 2.2% superó los 20m de altura, siendo el valor más alto 36m (Figura 8-5, Anexo **Error! Reference source not found.**). Todos los ríos tuvieron la misma tendencia en su estructura vertical (Figura 8-6), aunque el río Usumacinta contiene mayor proporción de árboles mayores a 20m (9.3%) en relación con los demás sitios de estudio, que no superan el 2.1% de los individuos en dicho estrato. A su vez, el río que presentó una tendencia de árboles más bajos fue el sistema La Pasión, con un promedio de 9.00m y el 68.2% de sus individuos en el estrato de 5-10m.

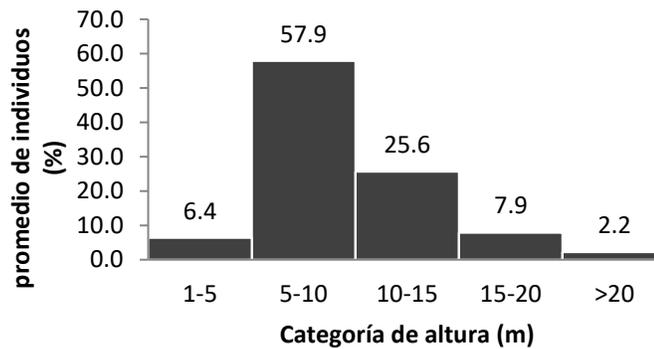


Figura 8-5 Distribución de altura del estrato arbóreo en las parcelas de estudio de los cinco ríos muestreados.

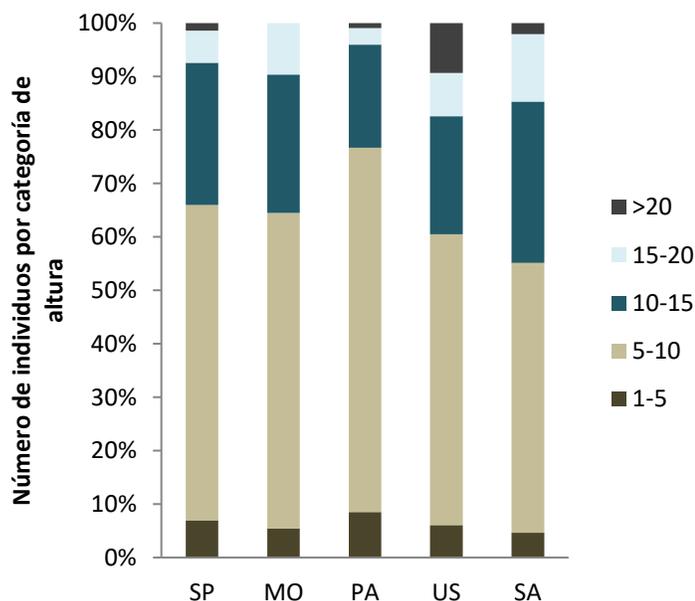
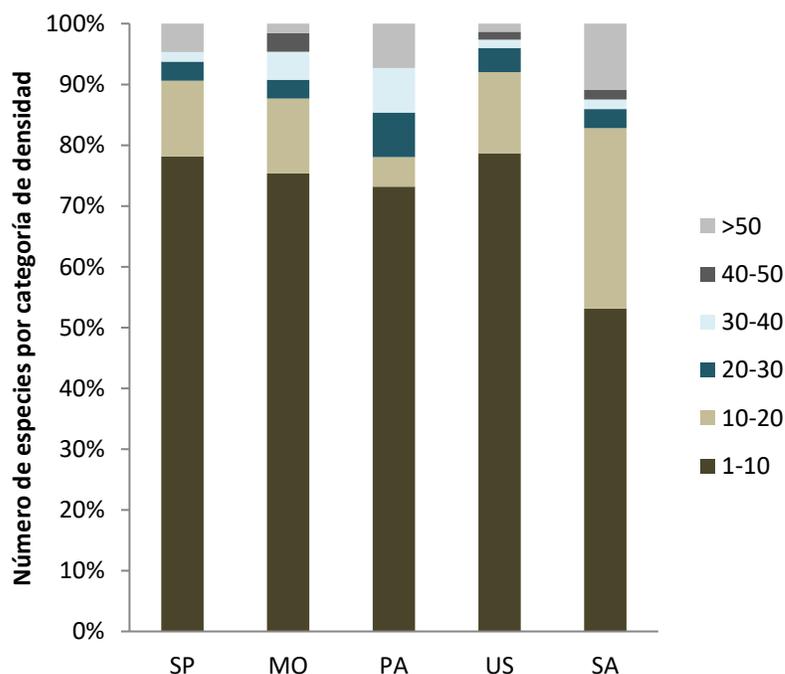


Figura 8-6 Distribución de altura del estrato arbóreo por cada río muestreado. En el eje x se muestra el río (SP= San Pedro, MO= Mopán, PA= La Pasión, US= Usumacinta, SA= Sarstún) y en el eje y el porcentaje de individuos censados para cada categoría de altura (expresada en metros).

La densidad promedio es de 919.4 (+/- 2.1) individuos por hectárea (Cuadro 8-5), siendo el Río Sarstún, el sitio con mayor densidad (1515.0 ind/ha) y el río Usumacinta el que presentó el dato menor (558.3 ind/ha). La gran mayoría de las especies (91%) a lo largo de toda el área de estudio presentaron densidades bajas (menos de 10 ind/ha) (Figura 8-7, Anexo **Error! Reference source not found.**), con promedio de 4.8 ind/ha. El 50.5% de las especies presentó densidades promedio menores a 1 ind/ha. Solamente una especie (*Pachira aquatica*) obtuvo un promedio de más de 100 ind/ha (154.7) (Cuadro 8-6). El río Sarstún, fue el sitio con mayor número de especies presentes en densidades mayores (Figura 8-7, Anexo **Error! Reference source not found.**).

**Cuadro 8-5 Densidad promedio en los ríos de estudio**

Río	Densidad (ind/ha)	Intervalo confianza (+/-)
San Pedro	1002.0	16.6
Mopán	625.0	5.3
La Pasión	787.5	20.9
Usumacinta	558.3	5.4
Sarstún	1515.0	15.5
Total	919.4	2.1



**Figura 8-7 Porcentaje de especies en relación con la densidad de individuos por hectárea.** En el eje x se muestra el río (SP= San Pedro, MO= Mopán, PA= La Pasión, US= Usumacinta, SA= Sarstún) y en el eje y el porcentaje de individuos censados para cada categoría de densidad (expresada en individuos/hectárea).

**Cuadro 8-6 Densidad de las especies principales en los ríos de estudio.** Se muestran las 10 especies con mayores datos de densidad (número de individuos por hectárea) para cada río de estudio. SP= San Pedro, MO= Mopán, PA =sistema del río La Pasión, US= Usumacinta y SA= Sarstún.

Especie	SP	MO	PA	US	SA	Promedio general
<i>Pachira aquatica</i>	477.0	65.0	12.5	16.7	43.3	154.7
<i>Haematoxylum campechianum</i>	64.0	na	386.0	na	na	75.6
<i>Dalbergia sp.</i>	na	na	na	na	406.7	71.8
<i>Bucida buceras</i>	127.8	42.5	44.0	50.0	16.7	54.1
Jojoba	na	na	193.8	na	na	45.6
<i>Pouteria campechiana</i>	na	30.0	na	42.5	280.0	30.6
<i>Andira inermis</i>	na	na	10.0	140.0	86.0	29.4
<i>Symphonia globulifera</i>	na	na	na	na	158.0	23.2
<i>Calophyllum brasiliense var. rekoi</i>	22.5	30.0	na	26.0	73.3	21.2
<i>Chrysobalanus icaco</i>	na	na	na	na	115.0	20.3
180 ESPECIES RESTANTES	29.3	23.1	32.1	23.1	24.8	26.5

### 8.2.2 IVI: Abundancia, frecuencia y área basal

17% de todos los tallos censados pertenecen a la especie *Pachira aquatica*, siendo ésta la más abundante para toda el área de estudio. *Bucida buceras* y *P. aquatica* son las especies más frecuentes en toda la región, aunque sus valores de frecuencia relativa son bastante bajos (4%). La especie con mayor área basal corresponde a *Bucida buceras* (19% de toda el área de estudio), seguida cercanamente por *P. aquatica* (17%) y *Haematoxylum campechianum* (10%) (Cuadro 8-7). Las tres especies mencionadas poseen los valores más altos de importancia (IVI).

**Cuadro 8-7 Abundancia, frecuencia, área basal y predominio ecológico para toda el área de estudio.** Ab%= abundancia relativa, f% = frecuencia relativa, d% = dominancia relativa (expresada con área basal), IVI= Índice de valor de importancia

Especie árbol	Ab%	f%	d%	IVI
<i>Pachira aquatica</i>	16.6	4.3	16.6	37.5
<i>Bucida buceras</i>	5.8	4.5	18.9	29.1
<i>Haematoxylum campechianum</i>	8.1	2.6	10.2	20.8
<i>Dalbergia sp.</i>	7.7	1.0	6.7	15.4
<i>Calophyllum brasiliense var. rekoi</i>	2.3	2.9	3.9	9.1
Jojoba	4.9	1.4	1.8	8.0
<i>Andira inermis</i>	3.1	1.7	1.7	6.5
<i>Pouteria campechiana</i>	3.3	1.4	1.4	6.1
<i>Sideroxylon portoricense</i>	1.6	2.4	1.7	5.8
<i>Matayba oppositifolia</i>	1.4	2.4	1.0	4.8

*B. buceras* y *Calophyllum brasiliense var. rekoi* son las únicas especies que resultan predominantes para cuatro de los cinco ríos de estudio (*B. buceras* para todos los sitios, excepto el río Sarstún, y *C. brasiliense* para todos los sitios exceptuando el Sistema del río La Pasión) (Cuadro

8-8, Anexo **Error! Reference source not found.**). *P. aquatica* y *Sideroxylon portoricense* predominan en tres de los cinco ríos estudiados (*P. aquatica*: SP, MO y SA; *S. portoricense*: SP, MO, PA). Aunque los niveles de importancia varían en cada sitio, se observa que las 10 especies predominantes abarcan al menos la mitad del valor total de importancia en todos los casos, siendo el río Mopán el más heterogéneo, con 10 especies que engloban el 49% del predominio ecológico y el sistema del Río La Pasión el que contiene el mayor porcentaje de predominio (75%). El valor más alto de IVI encontrado es el de *P. aquatica* en el río San Pedro (101.6), siendo esta especie la que abarca el 34% del valor de predominio para dicho río. Esto muestra un fuerte predominio de esta especie, ya que las siguientes dos especies obtuvieron valores mucho más bajos (*B. buceras*, 44.4 y *H. campechianum*, 19.8). En cuanto al Río Mopán, los valores de IVI se ven mucho más distribuidos en las especies, ya que la especie predominante (*B. buceras*) obtiene un valor de 31.3, seguido por *P. aquatica* con 17.9, *Calliandra sp.* con 15.3 y las siete especies restantes con valores cercanos entre sí (9.4-14.8). El sistema La Pasión presenta un fuerte predominio de *H. campechianum* (77.7), seguido de Jojoba (42.9) y *B. buceras* (24.7). El río Usumacinta presenta valores muy similares para las especies predominantes, aunque *B. buceras* muestra un valor considerablemente mayor (44.9), seguido de *Andira inermis* y *Ficus crocata*. El río Sarstún muestra predominio fuerte de una especie (*Dalbergia sp.*, 62.8), mientras que las demás especies poseen valores muy similares (6.0-19.1).

**Cuadro 8-8 Abundancia, frecuencia, área basal e índice de valor de importancia de las especies con predominio ecológico del estudio.** Ab%= abundancia relativa, f%= frecuencia relativa, d%= dominancia relativa (expresada con área basal), IVI= Índice de valor de importancia. SP= Río San Pedro, MO= Río Mopán, PA= Sistema del Río la Pasión, US= Río Usumacinta, SA= Río Sarstún.

Especie	Código sp.	Ab%	f%	d%	IVI
<b>Río San Pedro</b>					
<i>Pachira aquatica</i>	Pacaqu	47.6	7.0	47.0	<b>101.6</b>
<i>Bucida buceras</i>	Bucbuc	11.5	6.3	26.6	<b>44.4</b>
<i>Haematoxylum campechianum</i>	Haecam	6.4	7.0	6.4	<b>19.8</b>
<i>Sideroxylon portoricense</i>	Sidpor	3.7	4.2	1.9	9.8
<i>Calyptanthes sp. 2</i>	Calsp2	2.2	3.5	0.6	6.3
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Longua	1.8	2.8	0.6	5.2
<i>Platymiscium sp.</i>	Plasp	1.2	3.5	0.4	5.1
<i>Calophyllum brasiliense var. rekoi</i>	Calbra	0.9	2.8	1.1	4.8
<i>Simira salvadorensis</i>	Simsal	1.3	2.1	1.1	4.5
Palo blanco	Palbla	2.3	0.7	1.5	4.5
53 ESPECIES RESTANTES		21.2	60.1	12.6	93.9
<b>Río Mopán</b>					
<i>Bucida buceras</i>	Bucbuc	6.8	4.5	20.1	<b>31.3</b>
<i>Pachira aquatica</i>	Pacaqu	5.2	2.2	10.5	<b>17.9</b>
<i>Calliandra sp.</i>	Calsp	10.0	2.2	3.1	<b>15.3</b>
<i>Zanthoxylum sp.</i>	Zansp	7.2	3.4	4.2	14.8
<i>Calophyllum brasiliense var. rekoi</i>	Calbra	2.4	2.2	8.5	13.1
<i>Sideroxylon portoricense</i>	Sidpor	1.6	2.2	8.9	12.7
<i>Sebastiania longicuspis</i>	Seblon	6.4	3.4	2.8	12.6

<b>Especie</b>	<b>Código sp.</b>	<b>Ab%</b>	<b>f%</b>	<b>d%</b>	<b>IVI</b>
Huevo de rata	Huerat	2.4	3.4	5.2	11.0
<i>Pseudolmedia spuria</i>	Psespu	5.6	2.2	2.0	9.9
<i>Matayba oppositifolia</i>	Matopp	4.0	2.2	3.1	9.4
54 ESPECIES RESTANTES		48.4	71.9	31.7	152.0
<b>Sistema del río La Pasión</b>					
<i>Haematoxylum campechianum</i>	Haecam	30.6	6.0	41.1	<b>77.7</b>
Jojoba	Jojoba	24.6	9.5	8.8	<b>42.9</b>
<i>Bucida buceras</i>	Bucbuc	3.5	6.0	15.2	<b>24.7</b>
Palo negro	Palneg	6.8	3.6	7.7	18.1
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Longua	5.1	6.0	5.3	16.4
<i>Coccoloba belizensis</i>	Cocbel	4.8	7.1	2.1	14.0
<i>Chrysophyllum cainito</i>	Chrica	4.6	4.8	1.4	10.8
<i>Sideroxylon portoricense</i>	Sidpor	1.3	4.8	1.8	7.8
<i>Inga vera</i>	Ingver	2.9	2.4	1.8	7.0
<i>Astronium graveolens</i>	Astgra	1.3	3.6	1.7	6.5
30 ESPECIES RESTANTES		14.6	46.4	13.0	74.0
<b>Río Usumacinta</b>					
<i>Bucida buceras</i>	Bucbuc	7.5	4.4	33.0	<b>44.9</b>
<i>Andira inermis</i>	Andine	16.7	3.5	5.1	<b>25.4</b>
<i>Ficus crocata</i>	Ficcro	1.8	0.9	14.6	<b>17.2</b>
<i>Calophyllum brasiliense var. rekoi</i>	Calbra	3.9	4.4	4.1	12.4
<i>Pouteria reticulata</i>	Pouret	6.0	4.4	1.5	11.9
<i>Pouteria campechiana</i>	Poucam	5.1	3.5	1.8	10.4
<i>Matayba oppositifolia</i>	Matopp	3.6	4.4	1.6	9.6
Matapalo	Matapa	0.3	0.9	8.3	9.5
<i>Inga vera</i>	Ingver	3.3	1.8	1.7	6.8
<i>Calypttranthes sp. 1</i>	Calsp1	3.0	0.9	1.7	5.6
64 ESPECIES RESTANTES		49.0	70.8	26.4	146.2
<b>Río Sarstún</b>					
<i>Dalbergia sp.</i>	Dalsp1	26.8	3.9	32.0	<b>62.8</b>
<i>Calophyllum brasiliense var. rekoi</i>	Calbra	4.8	3.9	10.3	<b>19.1</b>
<i>Symphonia globulifera</i>	Symglo	8.7	3.3	6.3	<b>18.3</b>
<i>Chrysobalanus icaco</i>	Chrcai	7.6	3.9	5.4	16.9
<i>Pouteria campechiana</i>	Poucam	9.2	2.0	5.0	16.2
<i>Pachira aquatica</i>	Pacaqu	2.9	3.9	8.0	14.8
<i>Andira inermis</i>	Andine	4.7	3.3	3.3	11.3
Palo de ajo	Palajo	4.5	3.3	1.8	9.6
<i>Guettarda combsii</i>	Guecom	1.8	3.3	1.1	6.1
<i>Anona sp.</i>	Anosp	2.4	2.0	1.6	6.0
53 ESPECIES RESTANTES		26.5	67.1	25.4	119.0

### 8.3 RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL RÍO Y DIVERSIDAD

#### 8.3.1 Diversidad $\alpha$

Las parcelas presentaron valores de diversidad ( $E_{1/D}$ ) en un rango de 0.38 a 0.96 (Cuadro 8-9). Las parcelas más diversas, es decir, que presentan mayor heterogeneidad en su composición y abundancia son, en orden, MO13 (0.96), SA30 (0.95), MO14 (0.94), US23 (0.93), US25, US27 (0.91) y SA32 (0.90), y corresponden a valores bastante altos (el valor máximo de este índice es 1). Se encontraron pocas parcelas con mayor proporción de dominancia de pocas especies (D), siendo éstas SP1 (0.62), PA17 (0.50), PA21 (0.48), PA20 (0.43) y SP4 (0.41) (Cuadro 8-9).

El valor del estadístico de Shapiro-Wilk ( $W= 0.9344$ ,  $p= 0.04$ ) indica que la distribución de los datos utilizando el índice de diversidad ( $E_{1/D}$ ) para los ríos de estudio no cumple con normalidad, aunque sí con homogeneidad de varianzas (prueba de Levene basado en mediana,  $p= 0.32$ ). Por lo tanto, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ( $H= 15.38$ ,  $p= 0.0040$ ), indicando diferencias significativas entre los ríos estudiados. Para determinar esas diferencias, se realizó la prueba de Dunn (Cuadro 8-10), donde se muestra que no existe evidencia de diferencias significativas entre la diversidad de los ríos San Pedro y La Pasión, pero sí con todos los demás ríos. Los ríos Mopán, Sarstún y Usumacinta se agrupan al no existir evidencia de diferencias significativas entre ellos. En la Figura 8-8 se observa que los ríos Sarstún y Usumacinta presentan índices de diversidad altos y con poca variación entre parcelas. Los ríos San Pedro y La Pasión muestran los índices de diversidad más bajos, pero alta variación entre datos. El río San Pedro muestra una parcela (SP1) con un valor muy bajo de diversidad (0.38) (Cuadro 8-9), a diferencia de las demás parcelas de este río con valores entre 0.59 y 0.85. El río Mopán presenta valores de diversidad altos, pero con mucha variación, además de un N bajo (4).

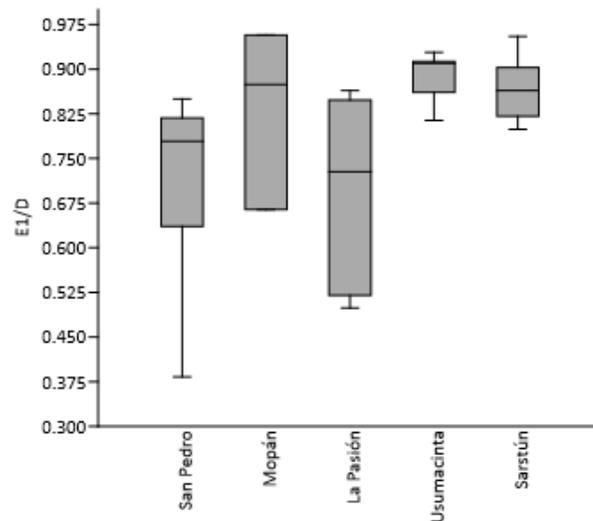
**Cuadro 8-9 Índices de dominancia y diversidad.** Se muestran los datos de código de parcela, vertiente, orden de río, índice de rugosidad, categoría de topografía, uso de suelo circundante, índice de dominancia de Simpson (D) e índice ajustado de Simpson (diversidad,  $E_{1/D}$ ). En vertiente, GM= Golfo de México, Orden de río 0= laguna, Uso de la tierra VS= vegetación secundaria.

Parcela	Vertiente	Orden	Rugosidad	Topografía	Uso circundante	D	$E_{1/D}$
SP1	GM	1	8.54	Ondulada	Potrero	0.617	0.383
SP2	GM	1	8.89	Plana	Cultivo	0.364	0.636
SP3	GM	2	--	Ondulada	Potrero	0.171	0.829
SP4	GM	2	14.11	Plana	Potrero	0.407	0.593
SP5	GM	2	5.92	Plana	Potrero	0.292	0.708
SP6	GM	2	12.77	Ondulada	Poblado	0.183	0.818
SP7	GM	2	8.19	Ondulada	VS	0.150	0.850
SP8	GM	2	12.81	Accidentada	Bosque	0.187	0.813
SP9	GM	2	8.37	Plana	Bosque	0.232	0.768
SP10	GM	2	7.28	Plana	Bosque	0.221	0.779
MO11	Caribe	1	11.09	Plana	VS	0.336	0.664
MO12	Caribe	1	5.92	Plana	Bosque	0.126	0.874

Parcela	Vertiente	Orden	Rugosidad	Topografía	Uso circundante	D	E1/D
MO13	Caribe	1	17.66	Quebrada	Bosque	0.043	0.957
MO14	Caribe	2	8.54	Quebrada	Potrero	0.062	0.938
PA15	GM	3	5.00	Ondulada	Potrero	0.270	0.731
PA16	GM	0	27.87	Accidentada	Bosque	0.209	0.791
PA17	GM	0	14.14	Plana	VS	0.502	0.499
PA18	GM	0	18.03	Accidentada	Potrero	0.272	0.728
PA19	GM	3	10.54	Ondulada	VS	0.152	0.848
PA20	GM	0	21.93	Plana	Potrero	0.432	0.568
PA21	GM	0	8.94	Plana	Bosque	0.480	0.520
PA22	GM	0	15.52	Quebrada	Bosque	0.137	0.864
US23	GM	4	70.05	Quebrada	Bosque	0.072	0.928
US24	GM	4	24.58	Quebrada	Bosque	0.186	0.814
US25	GM	4	48.94	Quebrada	Bosque	0.087	0.913
US26	GM	4	27.60	Quebrada	Bosque	0.118	0.882
US27	GM	4	19.31	Quebrada	Bosque	0.090	0.910
US28	GM	4	6.86	Ondulada	Potrero	0.139	0.861
SA29	Caribe	3	13.27	Plana	Bosque	0.158	0.842
SA30	Caribe	3	10.95	Plana	Potrero	0.045	0.955
SA31	Caribe	0	9.33	Plana	Bosque	0.136	0.864
SA32	Caribe	3	14.18	Plana	Bosque	0.097	0.903
SA33	Caribe	3	5.20	Plana	Bosque	0.179	0.821
SA34	Caribe	3	14.83	Plana	Bosque	0.201	0.799

**Cuadro 8-10 Valores p para la prueba de Dunn.** Se muestran los valores de probabilidad de la prueba de Dunn para determinar diferencias entre los valores de diversidad ( $E_{1/D}$ ) de los ríos estudiados. Se muestran resaltados los valores de p menores a 0.05.

	San Pedro	Mopán	La Pasión	Usumacinta	Sarstún
<b>San Pedro</b>		<b>0.0256</b>	0.8676	<b>0.0051</b>	<b>0.0276</b>
<b>Mopán</b>	<b>0.0256</b>		<b>0.0223</b>	0.8458	0.7755
<b>La Pasión</b>	0.8676	<b>0.0223</b>		<b>0.0047</b>	<b>0.0244</b>
<b>Usumacinta</b>	<b>0.0051</b>	0.8458	<b>0.0047</b>		0.5917
<b>Sarstún</b>	<b>0.0278</b>	0.7755	<b>0.0244</b>	0.5917	

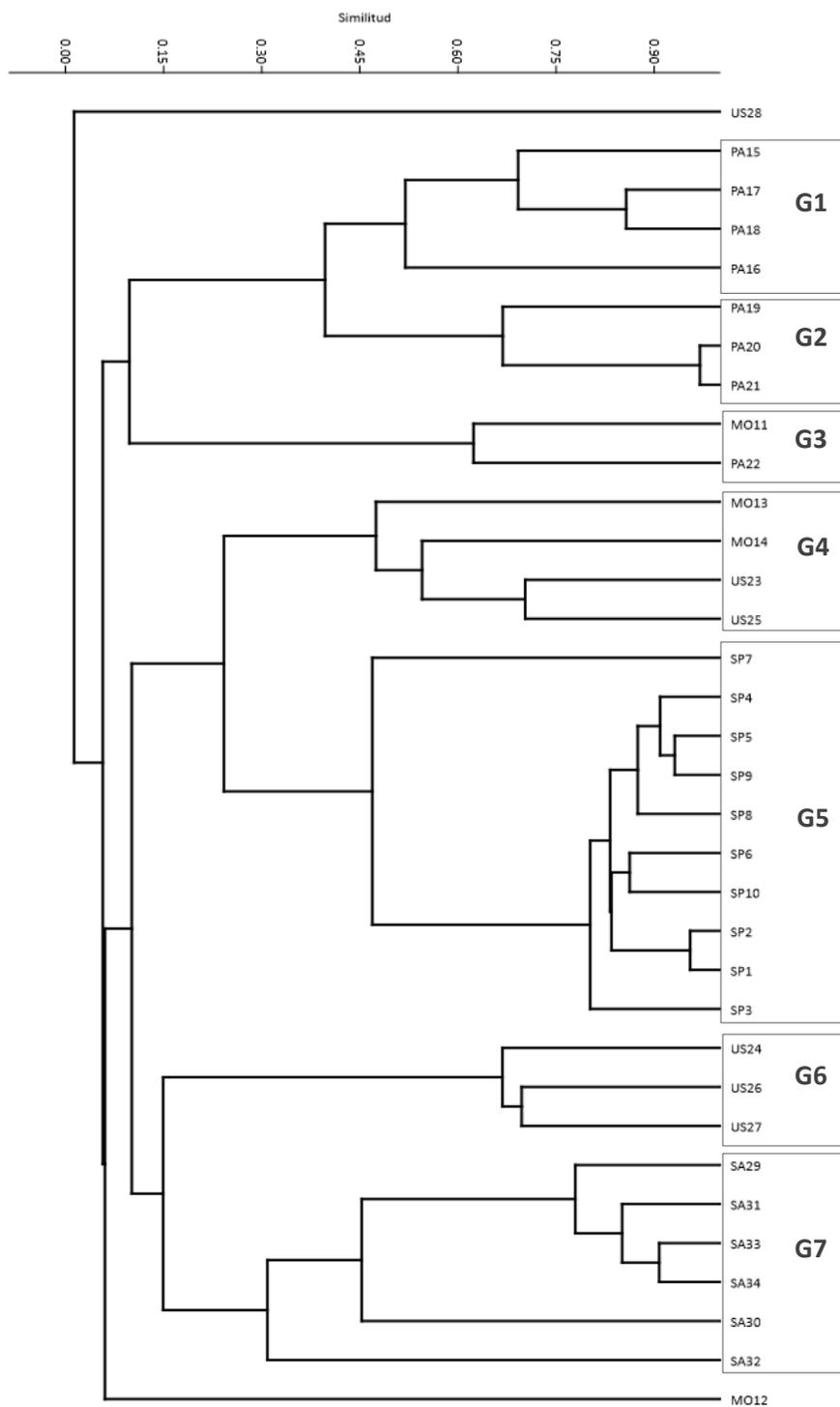


**Figura 8-8 Gráfica de cajas para el índice de diversidad en los ríos de estudio.** Se muestran los valores del índice de diversidad ajustado de Simpson ( $E_{1/D}$ ) para los ríos de estudio.

### 8.3.2 Análisis de agrupamiento

El dendograma resultante a partir del análisis de similitud de la composición de especies (Figura 8-9) no muestra una separación clara entre vertientes (Cuadro 8-9), y muestra separación evidente según río estudiado únicamente para San Pedro y Sarstún, con similitud de más del 45% en ambos casos. En cuanto al sistema La Pasión, el análisis muestra dos subgrupos, dejando fuera una parcela (PA22), que se agrupa con una parcela del río Mopán (MO11). Los ríos Mopán y Usumacinta se encuentran en diversos grupos, incluso con dos parcelas (US28 y MO12) casi totalmente disímiles y que no muestran relación clara con ningún grupo. En total se identificaron siete grupos:

- G1, compuesto por las parcelas ubicadas sobre el río La Pasión y laguna Manos Unidas;
- G2, con las parcelas del Sistema La Pasión ubicadas en la laguna Petexbatún, excepto la parcela PA22;
- G3, grupo mixto compuesto por la parcela MO11 y PA22;
- G4, grupo mixto formado por las parcelas US23, US25, MO13 y MO14;
- G5, que incluye todas las parcelas del río San Pedro;
- G6, con las parcelas US24, US26 y US27; y
- G7, con todas las parcelas del río Sarstún.

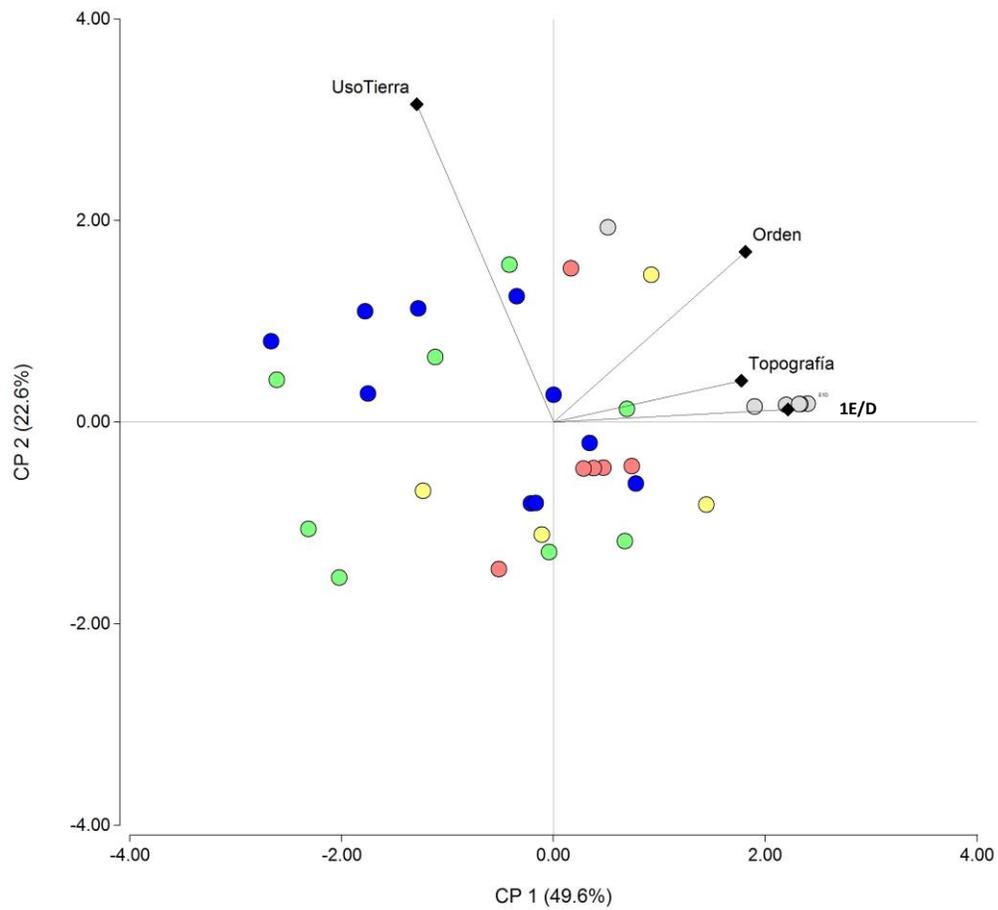


**Figura 8-9 Agrupamiento de las parcelas, índice de Morisita.** Dendograma de las parcelas de estudio utilizando el índice de similitud cuantitativo de Morisita, algoritmo UPGMA (agrupamiento por pares mediante ligamiento promedio).

### 8.3.3 Explicación de las variables: Análisis de componentes principales

Tras realizar el análisis de componentes principales (ACP) (Figura 8-10), se observa que el resultado de los dos primeros componentes explica el 72.2% de la varianza. El índice de diversidad de Simpson ( $E_{1/D}$ ) y la topografía (expresada por niveles) corresponden a las variables más significativas para el primer componente, ubicándose en el extremo positivo del eje I. En el extremo positivo del eje II se encuentra la intensidad de uso de suelo, que no presenta relación evidente con la diversidad, mientras que en un punto intermedio de los extremos positivos de los dos ejes se encuentra la categoría de orden de río, mostrando cierta relación con diversidad y topografía. La vertiente e índice de rugosidad fueron excluidos del análisis debido a que al correr el ACP no presentaron mayor relevancia.

Las parcelas del río Usumacinta son las que presentan una relación más notoria, ya que se encuentran en sitios de alta pendiente, en un río de categoría de orden alto, elevados índices de diversidad y el bosque como uso de la tierra circundante. La parcela US28 presenta una excepción, ya que se encontró en un sitio con poca pendiente, potrero como uso de la tierra circundante y un relativamente bajo índice de diversidad. Esta parcela fue agrupada por aparte en el análisis de agrupamiento (Figura 8-9). El río Sarstún presenta parcelas altamente diversas, con baja topografía, pero categoría de orden de río alta, las parcelas de este río se caracterizaron por estar inundadas. Las parcelas ubicadas en los ríos San Pedro y La Pasión se observan más dispersas en la gráfica, ya que presentaron condiciones más variables entre sí. Esto puede deberse a que el sistema de ramales de dichos ríos es más complejo, incluyendo incluso lagunas, como es el caso de La Pasión. El río Mopán presenta valores intermedios y variables, con parcelas por lo general más diversas en los sitios con mayor pendiente.



**Figura 8-10** Análisis de componentes principales para las variables de estudio (excluyendo vertiente y rugosidad). Orden= orden de río, UsoTierra= uso de la tierra circundante a la parcela de muestreo (medido en intensidad de uso), E1/D= índice de diversidad ajustado de Simpson. Los círculos representan las parcelas de estudio, siendo el azul= Río San Pedro, amarillo= Mopán, verde= sistema del río La Pasión, gris= Usumacinta y rojo= Sarstún.

## 9 DISCUSIÓN

Un total de 190 especies y morfoespecies arbóreas fueron registradas en los cinco ríos de estudio. Este número es cercano a las 221 especies reportadas para la Península de Yucatán (The Natural History Museum, ProNatura Península de Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán, Fundación ProPetén, & Universidad del Valle de Guatemala, 2007). Aunque algunos estudios han determinado que las riberas poseen un porcentaje elevado de especies restringido a este tipo de bosque (Slocum et al., 2000, p. 48), tan sólo el 16% (31spp.) de las especies registradas conocidas corresponde a especies asociadas a ambientes acuáticos<sup>14</sup>, aunque no necesariamente estrictas a éstos hábitats (Herbario CICY, 2010; León y Morales-Can, 2000, p. 130). Al menos el 32% (60spp.) de las especies registradas (para las cuales existe información en la literatura), se reportan como típicas de selva alta y media (Herbario CICY, 2010). Esto nos indica que la conservación de las riberas puede servir como estrategia para proveer hábitat e incluso servir como “reservorio genético” para especies comúnmente asociadas a bosques primarios (Pither & Kellman, 2002, p. 1632). La variedad de especies encontrada en el presente estudio explica el argumento de que los bosques de ribera son altamente diversos y heterogéneos. Los bosques de ribera suelen ocupar una franja angosta en cuerpos de agua y debido a que en dirección de tierra firme son sustituidos por asociaciones forestales, no existe una marcada delimitación entre éstos (Lamprecht, 1990, pp. 101-102). Esta adyacencia a hábitats terrestres y acuáticos provoca cierto efecto de borde, lo cual implica la presencia de especies restringidas a zonas ribereñas, especies que prefieren bordes, y especies asociadas a estados sucesionales primarios de las comunidades vegetales (Naiman *et al.*, 2000, p. 1006) tal y como pudo comprobarse en este estudio.

El río donde se registró mayor número de especies fue el Usumacinta, con una proporción del 39% de las especies (74 spp). En comparación con estudios florísticos previos en las riberas y zonas inundables del río Usumacinta, se notó la ausencia de cinco de las once especies catalogadas como dominantes, siendo éstas: *Terminalia amazonica*, *Vochysia guatemalensis*, *Tabebuia rosea*, *Dialium guianense* y *Alseis yucatanensis* (CONAP y FDN, 2005, p. 133). En cuanto al río San Pedro, se registraron 63 especies, en contraste con las 28 reportadas por León y Morales-Can (2000, pp. 196-198) en hábitats de ciénagas, bosques ribereños y bosques inundados. De este último listado, 11 de las 28 especies están en común con este estudio. Las especies dominantes reportadas por León y Morales-Can (2000, p. 130) se comparten, a excepción de *Phitecellobium sp.*, que no fue registrada en este estudio. Para el sistema del Río La Pasión, se encontraron cinco de las seis especies catalogadas como “características”. La especie que no se encontró en el presente estudio fue *Swartzia cubensis* (CONAP et al., 2008, p. 57). En cuanto al río Sarstún, se registraron la mayoría de las especies mencionadas en el plan maestro del área protegida, como *Tabebuia rosea*, *Callophyllum brasiliense*, *Vochysia guatemalensis*, *Andira*

---

<sup>14</sup> Éstos pueden ser: vegetación acuática de cenotes, lagunas o riberas; selva baja inundada, manglar, duna costera o matorral de duna costera.

*inermis*, *Platymiscium dimorphandrum*, *Dalbergia tucurensis*, *Symphonia globulifer*, *Virola koschnii*, *Terminalia amazonia*. Los que no se encontraron fueron: *Bombax ellipticum*, *Pouteria amigdalina* y *Sweetia panamensis*. Las dos especies consideradas como características de las riberas (San Juan - *Vochysia guatemalensis* y Santa María - *Callophyllum brasiliense*) fueron registradas para este estudio (Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 21). Estas comparaciones nos dan indicios que el área de estudio, en especial el Río Usumacinta, representa una zona muy heterogénea y que es necesario un mayor esfuerzo de recolecta para obtener un listado más completo de las especies que se encuentran en dicha zona.

El uso del modelo de Clench, que es recomendado para estudios en sitios de área extensa (Soberón M. & Llorente B., 1993, p. 483) en la determinación de acumulación de especies, muestra un buen ajuste a los datos, puesto que los valores del coeficiente de variación ( $R^2$ ) para todas las parcelas y ríos presentaron valores muy cercanos o iguales a 1 (el valor mínimo fue de 0.930). Jiménez-Valverde y Hortal (2003, p. 155) sugieren que un inventario puede considerarse exhaustivo cuando la pendiente al final de la curva ( $P_N$ ) alcanza un valor cercano o menor a 0.1. En este caso, los datos obtenidos muestran que, tanto el tamaño de las parcelas, como el número de estas no representan un muestreo exhaustivo de las especies del lugar. En el caso del número de parcelas por río, ningún valor se acercó a 0.1, mientras que el análisis por tamaño de parcela mostró solamente un valor menor a 0.1 (parcela PA17). Esta parcela fue establecida en las orillas de la laguna Manos Unidas (del Sistema del río La Pasión), donde solamente se encontraron dos especies. Cuatro parcelas presentaron valores mayores, pero cercanos a 0.1 (siendo éstas SP1, SP4, MO11 y PA20), mientras que el resto de las parcelas presentaron valores arriba de 0.2, siendo el valor más alto 0.7 (parcela SA30). El número de especies observadas en un conjunto de muestras es altamente sensible al número de individuos, muestras y el arreglo espacial de las réplicas (Colwell et al., 2012, p. 3; Gotelli & Colwell, 2011, p. 43 y 53). Si la distribución de la abundancia de especies es heterogénea, la curva se estabilizará más lentamente (Gotelli & Colwell, 2011, p. 42). El problema incrementa en los trópicos, donde la diversidad de especies es alta y la mayoría de especies son consideradas raras (Gotelli & Colwell, 2011, p. 43). Los resultados obtenidos, pueden implicar que existe una alta heterogeneidad en el ensamble de especies y/o un alto número de especies raras (Halffter & Moreno, 2005, p. 8; C. E. Moreno & Halffter, 2000, p. 156). Pither y Kellman (2002, p. 1628) demostraron que las unidades de muestreo colocadas en parches de bosque tienden a mostrar acumulación de especies de manera más rápida que las franjas angostas de bosque. Una situación similar podría ocurrir en la región estudiada, ya que la mayoría de los sitios muestreados se encontraban altamente fragmentados y algunos con una franja angosta de bosque remanente sólo en la ribera. Por lo tanto, para determinar la flora de una región comprendida de numerosas franjas pequeñas de bosque se necesitarían muchas más unidades de muestreo, que una zona con parches boscosos mayores (Pither & Kellman, 2002, p. 1632).

A pesar de que el tamaño y número de parcelas no fueron suficientes para permitir una estabilización de sus curvas de acumulación de especies, se observó que el 41% de las parcelas y uno de los sitios de muestro (Río Sarstún) alcanzaron o sobrepasaron el 70% de la proporción teórica de especies (el valor más alto se registró en la parcela PA17 con 93% y en el río Sarstún con el 70%), catalogado por Jiménez-Valverde y Hortal (2003, p. 154) como un número aceptable. Además de la heterogeneidad del paisaje, el no llegar a un porcentaje aceptable puede explicarse por un alto número de especies localmente raras, que pueden no ser detectadas (Colwell et al., 2012, p. 3; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003, p. 155).

El tamaño de parcela necesario para obtener el 70% de las especies presentes en la región de estudio oscila entre 0.1 y 5.2 hectáreas. El esfuerzo empleado para el estudio (0.1ha) fue suficiente para el 41% de las parcelas. Para poder realizar un inventario exhaustivo de las parcelas que no alcanzaron el porcentaje esperado, sería necesario diseñar parcelas con al menos una hectárea y en algunos casos hasta cinco (este último caso resulta inviable en campo). Suponer un esfuerzo de recolecta de esta magnitud complica la logística en campo por varias razones: 1) realizar parcelas más anchas se desvía del objetivo de recopilar información específica de riberas, 2) realizar parcelas tan largas resulta impráctico y 3) la mayoría de los bosques de ribera de la región están altamente fragmentados, o pertenecen a un paisaje heterogéneo, donde es poco probable encontrar continuos de bosque de tal longitud. En cuanto al número de parcelas por río, el río Sarstún, con 6 parcelas, obtuvo el esfuerzo necesario para cumplir con el porcentaje esperado. Se estima que para los cuatro ríos restantes se requiere de entre 15 y 23 parcelas para obtener una muestra más completa. Esta variación en el análisis por río puede deberse a la variedad de microhábitats muestreados, que podría explicarse por la toma de datos a distintas condiciones (Slocum et al., 2000, p. 44). P.e., en cada río se establecieron parcelas con distinta pendiente, orden de río y uso de suelo circundante. Otro factor que podría haber afectado el análisis es el bajo número de parcelas realizadas por río, debido, principalmente, porque hubo sitios altamente deforestados, por lo que no fue posible realizar más parcelas, tal es el caso de los ríos Mopán y La Pasión, o cuyo acceso era muy complicado, como en el río Usumacinta. Es necesario considerar que conforme la pendiente de la curva va disminuyendo, es necesario un esfuerzo cada vez mayor para añadir un número significativo de especies al inventario, lo cual vuelve menos favorable un balance entre esfuerzo y ganancias (número de especies nuevas) (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003, p. 155). El muestreo de la biodiversidad representa una actividad de esfuerzo intensiva y muchas veces es insuficiente para detectar todas o la mayoría de especies en un paisaje (Gotelli & Colwell, 2011, p. 53).

En relación a su estructura, los bosques de ribera estudiados tienen mayor número de árboles situados en la clase diamétrica inferior (10-20 cm), mostrando una tendencia de "J" invertida, lo cual es esperado para bosques tropicales (Cascante M., Alfredo Estrada Ch., 2001, p. s.p.; Freitas Alvarado, 1996, p. 24; García-Licona, Esparza-Olguín, y Martínez-Romero, 2014, p. s.p.; López-Pérez, Castillo-Acosta, Zavala-Cruz, y Hernández-Trejo, 2014, p. s.p.; Segura Clavijo, 2012, p. 54; Zamora-Crescencio, Mas, Jean-Francois, Rico-Gray, Víctor, Domínguez-Carrasco, Villegas,

Gutiérrez-Báez, y Barrientos-Medina, 2015, p. s.p.) y concuerda con otros estudios en riberas tropicales de América (Araujo-Murakami, Cardona-Peña, Quintana, Fuentes, Jørgensen, Maldonado, ... Seidel., 2005, p. 312; Díaz y Rosales, 2008, pp. 30-32; Freitas Alvarado, 1996, p. 16). A pesar de encontrarse entre los valores esperados, la presencia de señales de aprovechamiento de madera en algunas de las parcelas de estudio, puede explicar parcialmente la presencia de muy pocos árboles en las categorías diamétricas mayores (Díaz y Rosales, 2008, p. 35). Los valores promedio de DAP para los cinco ríos estudiados (19.58-26.37cm) se asemejan mucho al valor obtenido en bosques sin perturbación reciente (>50 años, DAP= 20.2cm) de zonas protegidas del norte del país (M. García, López, y Ramírez, 2015, p. 57). Los ríos San Pedro y el sistema del río La Pasión constan de árboles relativamente bajos en comparación con el resto. Esto quizá se deba a la gran cantidad de individuos de las especies *Pachira aquatica* (abundante en San Pedro) y *Haematoxylum campechianum* (abundante en La Pasión), que corresponden a especies de tamaño pequeño a mediano (The Natural History Museum et al., 2007). La altura de un bosque también es respuesta a la competencia (p.e., la cantidad de luz disponible), factor que puede relacionarse con la densidad, e intervalos de perturbación (p.e., fuegos, tormentas) (Cornelissen, Lavorel, Garnier, Díaz, Buchmann, Gurvich, ... Poorter, 2003, p. 342). Dado que la naturaleza de los bosques de ribera es muy dinámica (Naiman et al., 2000, p. 1002), es esperado que estos bosques presenten características de un bosque perturbado y por tal razón la altura se vea influenciada. El caso del sistema del Río La Pasión es particular, ya que se estableció la mayoría de las parcelas en bordes de lagunas, que son consideradas aún más variables y de alta inestabilidad (Brinson et al., 2002, p. 57). El río Usumacinta representa al bosque con árboles más grandes del estudio (tanto en altura como DAP), indicando que este bosque probablemente se encuentre en una etapa mayor de madurez y/o un mejor drenaje con menor impacto de inundaciones (Alvis, 2009, p. 19). El río Sarstún posee árboles altos, pero de bajo DAP, dato que puede deberse a un efecto de la alta densidad encontrada en la zona (1515 ind/ha). El río Mopán presentó una densidad relativamente baja, además de mayor cantidad de individuos en la clase diamétrica y de altura inferior. Esto puede deberse a mayor aprovechamiento local, ya que se observó mucha presencia humana en dicho río. La presencia de gran número de árboles altos puede resultar en una mejor adaptación a incendios (Cornelissen et al., 2003, p. 342), la cual constituye una amenaza en toda el área de estudio (CONAP et al., 2006, p. 69, 2008, p. 87; CONAP y FDN, 2005, p. 75; Consorcio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 79). En general, todos los bosques de ribera estudiados presentaron valores muy elevados de densidad (558.3-1515.0 ind/ha, promedio 919.4 ind/ha) en comparación con otros estudios en zonas tropicales donde se reportan 446 ind/ha (Estación la Selva, CR) (Lieberman & Lieberman, 1987, p. 350), 509 ind/ha (Valle Central, CR) (Cascante M., Alfredo Estrada Ch., 2001, p. s.p.), y más específicamente en bosques de ribera, como es el caso del río Orinoco, con 383-445 ind/ha (Díaz y Rosales, 2008, p. 35) y Amazonía peruana con 510 ind/ha (Freitas Alvarado, 1996, p. 16). Solamente dos estudios con valores similares a los obtenidos fueron encontrados: 493-842 ind/ha para diversos bosques del norte del Amazonas (Gentry, 1988, p. 157) y 938 ind/ha en bosques de la Reserva El Edén

(Península de Yucatán) (Schultz, 2003, p. 100). Otro estudio realizado para la Zona de Usos Múltiples de la RBM muestra un promedio de 464.73 ind/ha para árboles con DAP >25 cm (Segura Clavijo, 2012, p. 54), por lo que no resulta comparable<sup>15</sup> pero da una idea de la alta densidad en los bosques del norte de Guatemala. Existe un alto número de especies con densidades menores a 10 ind/ha (91%), tal como se ha demostrado en otros estudios de la región tropical (Cascante M., Alfredo Estrada Ch., 2001, p. s.p.; Pither & Kellman, 2002, p. 1628; Slocum et al., 2000, p. 44). Esta es una característica particular de los trópicos y está relacionada con la alta riqueza de especies (Gentry, 1988, p. 157; Pitman, Terborgh, Silman, Núñez, Neill, Cerón, ... Aulestia., 2001, p. 2101). El mismo patrón se observó con la frecuencia, donde casi la totalidad de las especies se presentaron en muy poca proporción de las parcelas censadas. Esto es prueba de la alta tasa de recambio de especies y se relaciona con la heterogeneidad del paisaje (Pither & Kellman, 2002, p. 1632).

En cuanto a las especies características para toda la región de estudio, se observó que la mayoría presentó valores de frecuencia muy bajos, indicando que su importancia ecológica es únicamente local, por lo que no puede generalizarse para toda la región. Sin embargo, *P. aquatica*, corresponde a la especie con el IVI más alto (37.5), mostrando alta densidad (16.7-477.0 ind/ha), abundancia (16% de los individuos censados pertenecen a esta especie) y área basal (16.6%). Esta especie es considerada característica de las riberas y terrenos inundados (Herbario CICY, 2010; The Natural History Museum et al., 2007). Otras especies con valores de predominancia considerables fueron *H. campechianum* y *Bucida buceras*, ambos con IVIs mayores a 20. Estas especies también son consideradas típicas de ribera (en especial *H. campechianum*, que incluso se asocia a manglares y duna costera), aunque no estrictas de ella (Herbario CICY, 2010; León y Morales-Can, 2000, p. 130; The Natural History Museum et al., 2007). Esto demuestra, que el bosque de ribera posee predominio de especies particulares de este hábitat, a diferencia de los hallazgos en zonas templadas, donde se demuestra que la distancia del río no representa una variable importante en términos de estructura y diversidad (Pabst & Spies, 1999, p. 1567). Estas especies se encontraron en casi todos los ríos estudiados, lo que sugiere que poseen características que les permiten dispersarse ampliamente y que poseen tolerancia a la heterogeneidad del paisaje (Pitman et al., 2001, p. 2115).

Fue posible determinar las asociaciones arbóreas para los cinco ríos de estudio, aunque en algunos, dichas asociaciones son más marcadas que en otros. El río San Pedro muestra una fuerte predominancia de *P. aquatica* (IVI 101.6) asociado a *B. buceras* y *H. campechianum* (esta última especie posee IVI considerablemente más bajo que las otras dos especies, particularmente en su área basal, lo que implica que dicha especie no representa individuos lo suficientemente grandes como para influenciar la distribución de las demás especies). Estos datos se sustentan con las asociaciones propuestas por León y Morales-Can (2000, p. 129), donde las tres especies son mencionadas como predominantes. El río Mopán presenta una asociación menos marcada de *B.*

---

<sup>15</sup> El presente estudio toma en cuenta individuos con DAP  $\geq$ 10 cm.

*buceras*- *P. aquatica*- *Calliandra sp.* (IVIs 31.3, 17.9 y 15.3, respectivamente), en la que *B. buceras* representa la especie con individuos de mayor tamaño (área basal), pero con baja densidad y frecuencia, mientras que *Calliandra sp.* posee alta densidad de individuos, pero de tamaño considerablemente menor. El sistema del Río La Pasión presenta una fuerte presencia de *H. campechianum* (IVI 77.7, especie que se encontró particularmente predominante en los márgenes de las lagunas Manos Unidas y Petexbatún), y menor proporción (con alta densidad, pero baja área basal) de jobo y *B. buceras* (con baja densidad, pero alta área basal) (IVIs 42.9 y 24.7, respectivamente). Sorprende que varias de las especies mencionadas como comunes en la ribera de dicho sistema, como *Spondias mombin*, *Inga leptoloba*, *Tabebuia rosea* y *Swartzia cubensis* (CONAP et al., 2008, p. 22), no muestran IVIs significativos e incluso algunas no fueron censadas por el presente estudio para dicho río. Para este sitio en particular fue difícil ubicar los puntos de muestreo, ya que el paisaje se encontraba bastante degradado y no se encontraban parches de bosque de ribera significativos que pudieran muestrearse. El río Usumacinta presenta una asociación menos marcada de *B. buceras*- *Andira inermis*- *Ficus crocata*, (IVIs 44.9, 25.4 y 17.2, respectivamente). Sin embargo, el IVI de *F. crocata* se ve fuertemente influenciado por pocos individuos de gran tamaño, ya que su abundancia y frecuencia fueron menores que otras especies. Según estudios publicados en el plan maestro de Sierra Lacandón (CONAP y FDN, 2005, p. 31), *Brosimum alicastrum* y *Pouteria reticulata* se consideran como especies características de la ribera. Sin embargo, solamente *P. reticulata* presentó valores significativos en este estudio como para considerarla predominante. Por último, el río Sarstún presenta una asociación con mayor predominio de *Dalbergia sp.* (IVI 62.8), asociado a *Calophyllum brasiliense var. rekoii* y *Symponia globulifera*, esta última con alta densidad, pero con baja frecuencia y área basal. Sin embargo, otras especies obtuvieron IVIs considerables también. *C. brasiliense var. rekoii* fue identificada por estudios para el plan maestro de la Reserva de Uso Múltiple Sarstún como predominante, lo cual concuerda con este estudio, además de *Vochysia guatemalensis* (Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 21), que no presentó valores significativos para este estudio. A excepción de los ríos San Pedro y el Sistema del Río La Pasión, se observaron IVIs muy cercanos sin definirse fuertemente las especies características. Esto es esperado en bosques tropicales, donde es frecuente que las comunidades estén dominadas por más de dos especies vegetales y que exista un alto número de especies compañeras y accidentales, debido a la alta heterogeneidad del paisaje (Lozada, 2010, p. 79). Las características estructurales particulares del río Usumacinta, aunado a los valores relativamente homogéneos de predominio de sus especies, pueden ser indicios de que este bosque se encuentra en un mayor grado de madurez (Norden, Cahzdon, Chao, Jiang, & Vílchez-Alvarado, 2009, p. 388).

En general, la mayoría de las parcelas de estudio presentaron altos valores de diversidad de especies. Los ríos Usumacinta, Sarstún y Mopán presentaron mayor diversidad (con valores de 0.7 a 1.0) que los ríos San Pedro y La Pasión, que presentaron mayor variabilidad en sus índices de diversidad, pero en general con datos menores. Las variables que podrían explicar de mejor

manera estas diferencias son la topografía y orden de río, ya que ambas presentaron una relación estrecha con la diversidad, como lo muestra el ACP. Los ríos Usumacinta y Sarstún poseen categoría alta de orden de río (4 y 3, respectivamente) y la mayoría de las parcelas ubicadas en Usumacinta y Mopán se encontraron en sitios con alta pendiente. Al analizar los datos de parcelas dentro de cada río, se encontró que mientras más accidentada era la topografía, mayor era el índice de diversidad, a excepción del río Sarstún, que solamente tuvo parcelas catalogadas como planas e inundadas, con altos índices de diversidad. Debido a este motivo, no puede saberse si al aumentar la pendiente en este río la diversidad aumentaría. Es probable que la alta diversidad de este sitio se deba más a factores climáticos, ya que Sarstún es una zona mucho más húmeda que los otros ríos de estudio ubicados en Petén, con precipitación anual de más de 1000mm que el resto de sitios (Climate-Data ORG, s. f.), perteneciendo a la zona de vida “bosque muy húmedo subtropical cálido” (Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún, 2009, p. 13). En los casos en que dentro del mismo sistema se ubicaron parcelas en distintos ramales (La Pasión y San Pedro), se observa cierta tendencia a mayor diversidad con respecto al aumento de orden de río. Las lagunas presentaron casos muy notorios, ya que los índices de diversidad en las parcelas de estos sitios son menores y casi dominados en su totalidad por la especie *Haematoxylum campechianum*, o tinto, como se conoce localmente. Estudios en riberas de latitudes mayores han demostrado que los procesos geomorfológicos, como la pendiente y procesos fluviales influyen en la estructura, composición y distribución espacial de los bosques de ribera (Fetherston, Naiman, & Bilby, 1995, p. 142; Pabst & Spies, 1999, p. 1558). La variabilidad espacial y la combinación de variables como patrones de inundación, caudal, elevación, entre otros, tiene una influencia importante en los procesos ecológicos (Pabst & Spies, 1999, p. 1558). La influencia de estos factores incluso ha sido detectada a una escala más fina, p.e., entre la composición de especies del borde inundable y el bosque más alejado de la ribera que se encuentra a mayor pendiente (Hupp, 1982, p. 493). Esta situación se observó durante el estudio en ríos con alta pendiente, como el Usumacinta y Mopán, donde la primera fila de árboles que seguía a la ribera solía tener especies encontrados en otros ríos, mientras que conforme se alejaba del río pendiente arriba, se encontraron especies de bosque primario, no necesariamente presentes en otros ríos. Este gradiente altitudinal conforme al borde del río podría explicar la alta diversidad de estos sitios. En cuanto a estudios en la región, León y Morales (2000, p. 132), describen que la vegetación en ríos poco profundos de los ramales del río San Pedro difiere de los ramales con mayor longitud y profundidad. Aunque el uso de suelo circundante a las parcelas no pareciera presentar una relación con la diversidad dentro de la parcela, se observó que alrededor de las riberas del San Pedro y La Pasión había mayor diversidad de usos, como potreros y cultivos, además de bosque y vegetación secundaria. Esto quizá explique la variabilidad en los datos y la heterogeneidad de dichos sitios.

El análisis de agrupamiento (que se basó en la composición florística) mostró siete grupos, además de dos parcelas con alta disimilitud al resto. Los ríos San Pedro y Sarstún resultaron en un

agrupamiento total de sus parcelas (grupos G5 y G7, respectivamente), indicando que la composición de sus especies es muy particular en comparación con los demás ríos. El río La Pasión se separó en dos grupos, el primero (G1), compuesto por las parcelas ubicadas en orden de río 3 (afluente principal) y Laguna Manos Unidas, presentando más alta diversidad que el segundo grupo (G2), donde se ubicaron las parcelas de la laguna Petexbatún y que poseen los índices más bajos de diversidad de dicho río. Resulta inesperado que, a pesar de que se encuentran dentro del mismo sistema fluvial y sus índices de diversidad son similares, ambas lagunas mostraron suficiente diferencia en cuanto su composición como para ser separadas en distintos grupos. El río Mopán se agrupó de manera mixta, presentándose en tres grupos, el primero (G3) con una parcela plana y de baja diversidad junto con otra parcela del río La Pasión, ubicada en la laguna Petexbatún y que obtuvo mayor diversidad que el resto de parcelas en esta laguna; el segundo (G4) con dos parcelas de alta pendiente y diversidad del río Mopán y dos parcelas del río Usumacinta, estas cuatro parcelas presentan los índices más altos de diversidad, con alta presencia de especies de bosque primario. Por último, el grupo G6, compuesto por tres parcelas del río Usumacinta, todas con alta pendiente y diversidad. Las parcelas MO12 y US28 fueron lo suficientemente disímiles en su composición como para ser excluidas de los grupos mencionados. Ambas parcelas poseen baja pendiente. Era de esperarse que la parcela US28 se separara del resto, ya que se ubicó cerca de un potrero y su composición fue totalmente distinta al resto de parcelas, ya que se encontraron especies introducidas y comunes en potreros, como amates y limón. Este análisis, demuestra que a pesar de que los bosques de ribera estudiados tienen muchas características en común y se encuentran ubicados a una escala relativamente pequeña, presentan diferencias entre su composición, conformando un sistema heterogéneo y único para ciertos sitios, p.e., el río Sarstún, cuya composición de especies resultó distinta a los demás sitios. Estas evidencias demuestran la necesidad de enfatizar más la protección de dichos bosques a nivel local y la importancia de los bosques de ribera para mantener la diversidad arbórea regional (Pither & Kellman, 2002, p. 1633).

## 10. CONCLUSIONES

- El ensamble de especies registrado en los bosques de ribera del presente estudio comprende tanto a especies características de las riberas, como especies de bordes y de bosque primario, demostrando la heterogeneidad de este tipo de bosque y la importancia de su conservación para mantener la biodiversidad arbórea local.
- La mayoría de las especies registradas para el estudio concuerdan con los inventarios disponibles para la región, aunque algunas especies catalogadas como características de dichos inventarios no fueron registradas para este estudio. Esto puede significar que la composición de los bosques ha sido modificada por actividades antropogénicas, que los bosques ribereños constituyen hábitats muy heterogéneos y/o que es necesario un mayor esfuerzo de recolecta para obtener listados más completos de la riqueza de especies arbóreas.
- El modelo empleado en el análisis de acumulación de especies (Clench) se ajustó bien a los datos. Sin embargo, éstos estuvieron lejos de alcanzar la asíntota de la curva, por lo que no representan un inventario exhaustivo, al menos con base en las predicciones de dicho modelo. Estos resultados dan indicios de que la región es muy heterogénea (además de encontrarse fragmentada) y quizá posea una gran proporción de especies raras, que hacen más difícil el establecer inventarios completos de la flora del lugar.
- El 41% de las parcelas se mantuvo por encima del 70% de la proporción teórica de especies del sitio estudiado. De los cinco ríos considerados, solamente el río Sarstún alcanzó este valor.
- El modelo sugiere un esfuerzo de recolecta variable para cada sitio de muestreo. Sin embargo, los datos muestran que sería recomendable un tamaño de parcela cercano a 1ha y 15 parcelas por sitio de muestreo para acercarse a valores de 70% de la proporción teórica de especies. Esto implica el replanteamiento de la ubicación de unidades de muestreo, considerando la heterogeneidad del paisaje, además del grado de aislamiento y fragmentación de los bosques a estudiar.
- Los bosques de ribera del norte de Guatemala presentan las características estructurales esperadas para bosques tropicales: mayor proporción de individuos en las clases diamétricas inferiores, densidades altas de individuos, baja densidad por especie y baja frecuencia. Estas características en conjunto se asocian con la alta tasa de recambio de especies y heterogeneidad del paisaje.
- *Pachira aquatica*, *Bucida buceras* y *Haematoxylum campechianum*, todas consideradas especies típicas de ribera, corresponden a las especies predominantes de los bosques de

ribera de la región estudiada. Estas especies cuentan con una distribución relativamente amplia y aparentemente alta tolerancia a la heterogeneidad característica del paisaje.

- Los ríos de estudio presentaron ciertas diferencias en sus asociaciones arbóreas, como era esperado. Se observó cierta equidad en los valores de importancia para la mayoría de los sitios, característica comúnmente asociada a la heterogeneidad de los bosques tropicales.
- Los ríos Usumacinta, Sarstún y Mopán presentaron mayores niveles de diversidad de especies que los ríos San Pedro y La Pasión.
- Las variables que mostraron mayor relación con la diversidad de especies fueron la topografía y orden de río, a modo que mientras más aumentaba el orden y pendiente, mayor era la diversidad de especies. La vertiente, índice de rugosidad y uso del suelo circundante no parecen influir de manera significativa en la diversidad de especies de estos bosques.
- Los bosques de los ríos San Pedro y Sarstún presentaron, cada uno, un ensamble característico de especies a diferencia de los ríos Usumacinta y Mopán, que tuvieron muchas especies compartidas, y el sistema La Pasión, que fue altamente variable.

## 11. RECOMENDACIONES

- Tomar más muestras de las morfoespecies con nombre local en su época de floración, para poder determinarlas hasta nivel de especie y así corroborar si corresponden a las especies reportadas por los inventarios locales que no fueron registradas en este estudio.
- Para obtener un inventario completo de las especies arbóreas de la región, es importante considerar aspectos como la disposición de las unidades de muestreo y heterogeneidad del paisaje, además del grado de fragmentación y variables que pueden influir directamente en la distribución de las especies y, por lo tanto, en la representatividad de las muestras.
- Realizar mayor intensidad de muestreo en todos los ríos, ya que en algunos casos (p.e., en el río Usumacinta), los valores de IVI se vieron influenciados por pocos individuos con muy alta área basal.
- Replicar la misma metodología comparando con parches de bosque a diferentes distancias de la ribera, para determinar si existe una diferencia significativa en la estructura y especies características de la ribera y sus alrededores de tierra firme.
- Analizar otras variables que podrían influenciar diferencias en la composición y estructura de los bosques de ribera, como el caudal, precipitación y temperatura. Incluir la variable de incidencia de incendios forestales, ya que la región se ha visto muy fuertemente afectada por este fenómeno y podría ser determinante para comprender la dinámica de estos bosques bajo un contexto de amenazas antropogénicas.

## 12. REFERENCIAS

- Alvis, J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayan. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Grupo de Investigación TULL. Universidad del Cauca, 7(1), 8.
- Araujo-Murakami, A., Cardona-Peña, V., Quintana, D. D. la, Fuentes, A., Jørgensen, P. M., Maldonado, C., ... Seidel, R. (2005). Estructura y diversidad de plantas leñosas en un bosque amazónico preandino en el sector del Río Quendeque, Parque Nacional Madidi, Bolivia, 40(3), 304-324.
- Arcos, I., Jiménez, F., y León, J. (2005). Percepción local acerca del papel de los bosques ribereños en la conservación de los recursos naturales en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras. Recursos Naturales y Ambiente, (48), 118-122. Recuperado a partir de <http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev48/Pag.118-122.pdf>
- Basterrechea, M., y Del Valle, J. M. (1988). Estudio diagnóstico de las cuencas hidrográficas y las acciones ejecutadas o por ejecutar en manejo de cuencas en Guatemala. Guatemala: Comisión Nacional Asesora para el Manejo de Cuencas Hidrográficas. Recuperado a partir de [https://books.google.co.cr/books?id=YNoOAQAIAAJ&pg=PA9&lpg=PA9&dq=caudal+promedio+río+mopán&source=bl&ots=TN9LjHvssu&sig=R0afb\\_jDs1aubd8\\_kUpy7BovCpo&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=caudal+promedio+río+mopán&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=YNoOAQAIAAJ&pg=PA9&lpg=PA9&dq=caudal+promedio+río+mopán&source=bl&ots=TN9LjHvssu&sig=R0afb_jDs1aubd8_kUpy7BovCpo&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=caudal+promedio+río+mopán&f=false)
- Bennet, A. F. (2003). Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. UK: International Unit for Conservation of Nature, Gland, Switzerland and Cambridge.
- Bestelmeyer, B. T., y Alonso, L. E. (2000). Evaluación Biológica de los Sistemas Acuáticos del Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén, Guatemala. Boletín RAP de Evaluación Biológica 16, 221. Recuperado a partir de [http://www.academia.edu/1347846/A\\_Biological\\_Assessment\\_of\\_Laguna\\_del\\_Tigre\\_National\\_Park\\_Pet%C3%A9n\\_Guatemala](http://www.academia.edu/1347846/A_Biological_Assessment_of_Laguna_del_Tigre_National_Park_Pet%C3%A9n_Guatemala)
- Binford, M. W., & Buchenau, M. J. (1993). Riparian Greenways and Water Resources. En D. S. Smith & P. C. Hellmund (Eds.), Ecology of Greenways (pp. 69-104). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Brinson, M. M., MacDonnell, L. J., Austen, D. J., Beschta, R. L., Dillaha, T. A., Donahue, D. L., ... Speer. (2002). Riparian Areas: Functions and Strategies for Management. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Bruce, D., & Schumacher, F. X. (1935). Forest mensuration. New York, USA: McGraw-Hill.
- Cascante M., Alfredo Estrada Ch., A. (2001). Composición florística y estructura de un bosque húmedo premontano en el Valle Central de Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 49(1), Recuperado a partir de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442001000100020](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000100020)

- Causton, D. R. (1988). *Introduction to Vegetation Analysis: Principles, practice and interpretation*. London, UK: Unwin Hyman.
- Ceccon, E. (2003). Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. *Ciencias*, 72, 46-53. Recuperado a partir de <http://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/viewFile/11921/11243>
- Clench, H. K. (1979). How to make regional lists of butterflies: some thoughts. *Journal of the Lepidopterist's Society*, 33(4), 216-231
- Climate-Data ORG. (s. f.). Climate-Data ORG. Recuperado 17 de octubre de 2015, a partir de <http://es.climate-data.org/>
- Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages, 5(1), 3-21. <http://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, (345), 101-118.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP]. (2001). *Plan Maestro de la Reseva de Biosfera Maya 2001-2006*. Guatemala.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP]. (2014). *Monitoreo de Áreas Protegidas del Nor-Oriente: Utilización de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT's) y Sistemas de Información Geográfica*. Igarss 2014. Guatemala.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], AlianzaKanteel, y Wildlife Conservation Society [WCS]. (2006). *Plan Maestro 2007-2011. Parque Nacional Laguna del Tigre y Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido*. Petén.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], Dirección General de Patrimonio Cultural y Natural [DGPCN], y The Nature Conservancy [TNC]. (2008). *Plan Maestro 2008-2012 Áreas Protegidas del Suroeste de Petén*. Guatemala.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], y Fundación Defensores de la Naturaleza [FDN]. (2005). *Plan Maestro 2006-2010 Parque Nacional Sierra Del Lacandón*. Guatemala.
- Consortio para la Coadministración la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de los pueblos indígenas del Área Protegida —Área de Uso Múltiple Río Sarstún. (2009). *Plan Maestro 2010-2014 Área de Uso Múltiple Río Sarstun (Multiple Use Area Río Sarstun master plan 2010-2014*. Guatemala. Recuperado a partir de [http://www.conap.gob.gt/phocadownload/Centro\\_Documentacion/planes\\_maestros/plan\\_maestro\\_rio\\_sarstun\\_200709.pdf](http://www.conap.gob.gt/phocadownload/Centro_Documentacion/planes_maestros/plan_maestro_rio_sarstun_200709.pdf)
- Constitución Política de la República de Guatemala (1993). Guatemala.
- Cornelissen, J. H. C. A., Lavorel, S. B., Garnier, E. B., Díaz, S. C., Buchmann, N. D., Gurrich, D. E. C., ... Poorter, H. I. (2003). *A handbook of protocols for standardised and easy measurement of*

- plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51, 335-380.
- Cortés-S, S. P. (2003). Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia*, 25(1), 119-137. Recuperado a partir de [http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia/25\(1\)/ecologia3.pdf](http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia/25(1)/ecologia3.pdf)
- Curtis, J., & McIntosh, R. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32, 476-496. Recuperado a partir de [http://biosurvey.ou.edu/rice\\_and\\_penfound/1931725.pdf](http://biosurvey.ou.edu/rice_and_penfound/1931725.pdf)
- Decreto 90-97 Código de Salud (1997). Guatemala: Diario de Centro América.
- Díaz, W., y Rosales, J. (2008). Análisis fitosociológico y estructural del bosque inundable de verzea de las riberas del bajo río Orinoco. *Revista arbitrada del Departamento Hombre y Ambiente*, 1(1), 13-39. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fetherston, K. L., Naiman, R. J., & Bilby, R. E. (1995). Large woody debris, physical process, and riparian forest development in montane river networks of the Pacific Northwest. *Geomorphology*, 13(1-4), 133-144. [http://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00033-2](http://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00033-2)
- Freitas Alvarado, L. (1996). Caracterización florística y estructural de cuatro comunidades boscosas de la llanura aluvial inundable en la zona de Jenaro Herrera, Amazonia Peruana. Documento Técnico No. 21. Iquitos.
- García, E. (2004). Modificaciones sistema de clasificación climática de Köppen (5.ed). México, D.F.: Instituto de Geografía, UNAM.
- García, M., López, J., y Ramírez, M. (2015). Regeneración natural de la vegetación como base para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en tres Biotopos protegidos en la Reserva de Biosfera Maya, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 2(1), 53-64.
- García-Licona, J., Esparza-Olguín, L. G., y Martínez-Romero, E. (2014). Estructura y composición de la vegetación leñosa de selvas de diferentes estadios sucesionales en el ejido El Carmen II, Calakmul, México. *Polibotánica*, (38). Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682014000200001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682014000200001)
- Gauch, H. (1982). *Multivariate analysis in community ecology*. USA: Cambridge University Press.
- Gentry, A. H. (1988). Tree species richness of upper Amazonian forests. *Ecology*, 85(January), 156-159.
- Goerlich Gisbert, F. J., y Martí, I. C. (2010). Rugosidad del terreno: una característica del paisaje poco estudiada. *Documentos de trabajo Fundación BBVA*, (10), 3-27.
- Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2011). Estimating species richness. En A. E. Magurran & B. J. McGill (Eds.), *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment* (pp. 39-54). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Gray, C. L., Slade, E. M., Mann, D. J., & Lewis, O. T. (2014). Do riparian reserves support dung

beetle biodiversity and ecosystem services in oil palm-dominated tropical landscapes? *Ecology and Evolution*, 4(7), 1049-1060. <http://doi.org/10.1002/ece3.1003>

Greig-Smith, P. (1983). *Quantitative Plant Ecology*. (D. J. Anderson, P. Greig-Smith, & F. Pitelka, Eds.) (3rd ed.). Los Angeles, USA: University of California Press.

Gutiérrez, Y. (2009). *Uso del suelo, vegetación ribereña y calidad del agua de la microcuenca del río Gaira, Santa Marta, Colombia (Tesis de Maestría)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Halffter, G., y Moreno, C. E. (2005). Significado Biológico De Las Diversidades Alfa, Beta Y Gamma. En G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff, y A. Melic (Eds.), *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. (pp. 5-18). Zaragoza, España: Sociedad Entomológica Aragonesa, Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, Grupo Diversitas, México y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.

Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*. Recuperado a partir de <http://folk.uio.no/ohammer/past>

Herbario CICY. (2010). *Flora de la Península de Yucatán*. Recuperado a partir de [http://www.cicy.mx/sitios/flora digital/](http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/)

Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. San José, Costa Rica: s.n.

Hupp, C. R. (1982). Stream-grade variation and riparian-forest ecology along Passage Creek, Virginia. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 109(4), 488-499.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar [IARNA-URL]. (2012). *Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH]. (s. f.). Programa de Hidrología. Recuperado 15 de octubre de 2015, a partir de [http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios de guate.htm#CONTENIDO](http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios%20de%20guate.htm#CONTENIDO)

Jáimez-Cuéllar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., ... Alba-Tercedor, J. (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica*, 21(3-4), 187-204. <http://doi.org/10.1007/s00203-006-0174-9>

Jiménez-Valverde, A., y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151-161.

Krebs, C. (1999). *Ecological Methodology* (2nd. ed.). British Columbia, USA: Addison-Wesley Educational Publishers Inc.

Kutschker, A., Brand, C., y Miserendino, M. L. (2009). Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral*, 19(1), Ver. online. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667->

782X2009000100002&script=sci\_arttext&tlng=pt

- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas -posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. República Federal Alemana: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- León, B., y Morales-Can, J. (2000). Las comunidades acuáticas de macrófitas del Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén, Guatemala. En B. T. Bestelmeyer y L. E. Alonso (Eds.), *Evaluación biológica de los sistemas acuáticos del Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén, Guatemala* (pp. 128-133). Washington D.C., USA: Boletín RAP de Evaluación Biológica 16, Conservation International.
- Ley reguladora de las áreas de reservas territoriales del Estado de Guatemala (1997). *Diario de Centro América*.
- Lieberman, D., & Lieberman, M. (1987). Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology*, 3(4), 347-358.  
<http://doi.org/10.1017/S0266467400002327>
- López-Pérez, D., Castillo-Acosta, O., Zavala-Cruz, J., y Hernández-Trejo, H. (2014). Estructura y composición florística de la vegetación secundaria en tres regiones de la Sierra Norte de Chiapas, México. *Polibotánica*, (37). Recuperado a partir de  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682014000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682014000100001)
- Lowrance, R., Todd, R., Fail, J., Hendrickson, O., Asmussen, L., Lowrance, R., ... Asmussen, L. (1984). Riparian Filters in Watersheds Agricultural. *BioScience*, 34(6), 374-377.
- Lozada, R. (2010). Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana*, 54(1), 77-88.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Science.
- Medellín, R. A., & Bárcenas, H. V. (2010). Estimación de la densidad y dieta del linco (*Lynx rufus*) en seis localidades de México. Informe final SNIB-CONABIO proyectos No. ES003 y ES009. México, D.F.
- Monzón-Alvarado, C., Cortina-Villar, S., Schmook, B., Flamenco-Sandoval, A., Christman, Z., & Arriola, L. (2012). Land-use decision-making after large-scale forest fires: Analyzing fires as a driver of deforestation in Laguna del Tigre National Park, Guatemala. *Applied Geography*, 35, 43-52. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.04.008>
- Moreno, C. E., & Halffter, G. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37(1), 149-158.
- Moreno, M., Levachkine, S., Torres, M., & Quintero, R. (2003). Geomorphometric analysis of raster image data to detect terrain ruggedness and drainage density. En A. Sanfeliu & J. Ruiz-Schulcloper (Eds.), *Progress in pattern recognition, speech and image analysis* (pp. 643-650).

Springer Berlin Heidelberg. [http://doi.org/10.1007/978-3-540-24586-5\\_79](http://doi.org/10.1007/978-3-540-24586-5_79)

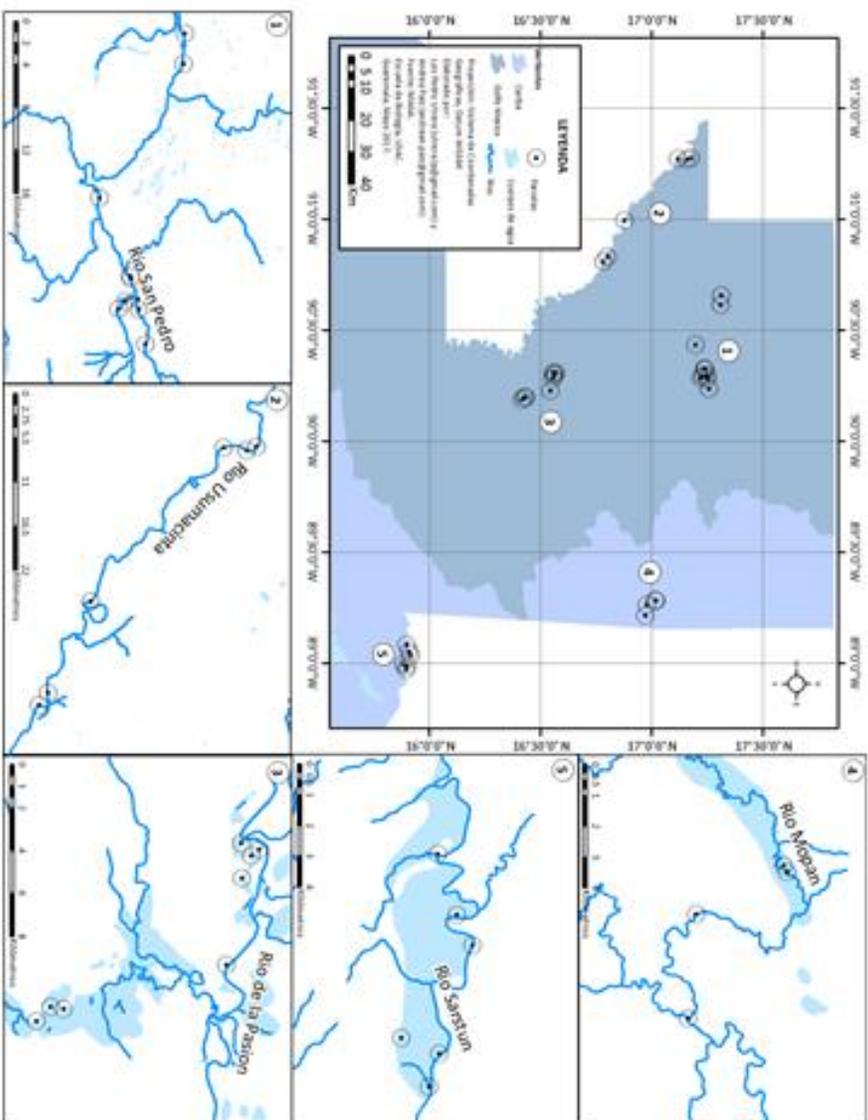
- Naiman, R. J., Bilby, R. E., & Bisson, P. A. (2000). Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest. *BioScience*, 50(11), 996-1011. [http://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0996:REAMIT\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0996:REAMIT]2.0.CO;2)
- Norden, N., Cahzdon, R. L., Chao, A., Jiang, Y.-H., & Vílchez-Alvarado, B. (2009). Resilience of tropical rain forests: tree community reassembly in secondary forests. *Ecology Letters*, 12, 385-394. <http://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01292.x>
- Odum, E. P. (1959). *Fundamentals of ecology* (2nd. ed.). Philadelphia, USA: W.B. Saunders Company.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO]. (2003). Situación de los bosques del mundo, Utilización y ordenación sostenibles de los recursos de agua dulce: papel de los bosques, 74-85.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO]. (2015). Evaluación de los recursos forestales (FRA). Roma. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/documents/card/en/c/a3123f84-0340-42e4-a048-8247481fd450/>
- Pabst, R., & Spies, T. (1999). Structure and composition of unmanaged riparian forests in the coastal mountains of Oregon, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 1557-1573. <http://doi.org/10.1139/cjfr-29-10-1557>
- Pinelo Morales, G. I. (2004). Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Costa Rica: World Wildlife Fund Centroamérica Fondo Mundial para la Naturaleza.
- Pither, R., & Kellman, M. (2002). Tree species diversity in small, tropical riparian forest fragments in Belize, Central America. *Biodiversity and Conservation*, 11, 1623-1636.
- Pitman, N. C. A., Terborgh, J. W., Silman, M. R., Núñez V., P., Neill, D. A., Cerón, C. E., ... Aulestia, M. (2001). Dominance and distribution of tree species in upper amazonian terra firme forests. *Ecology*, 82(8), 2101-2117.
- Press, O. U. (s. f.). Oxford dictionaries, language matters. Recuperado 20 de noviembre de 2015, a partir de <http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/colmatacion>
- Radachowsky, J., Ramos, V. H., McNab, R., Baur, E. H., & Kazakov, N. (2012). Forest concessions in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala: A decade later. *Forest Ecology and Management*, 268, 18-28. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.043>
- Rangel-Ch, J., y Velásquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En O. Rangel-Ch., P. Lowy, M. Aguilar-P, y A. Garzón-C (Eds.), Colombia. Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia. (pp. 59-87). Santafé de Bogotá, Colombia: Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

- Riley, S. J., DeGloria, S. D., & Elliot, R. (1999). A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. *International Journal of Sciences*, 5(1-4), 23-27.
- Schultz, G. P. (2003). Structure and diversity of the forests at the El Edén Ecological Reserve. En A. Gómez-Pompa, M. F. Allen, F. Scott L., & J. J. M. Jiménez Osornio (Eds.), *The lowland maya area: three millennia at the human-wildland interface* (pp. 91-114). New York: Food Products Press.
- Secretaría General de Planificación [SEGEPLAN]. (2013). *Diagnóstico Territorial de Petén. Guatemala*.
- Segura Clavijo, G. A. (2012). Identificación y caracterización de tipos de bosques en la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de Biosfera Maya, impactos en el manejo forestal y propuesta de una red de parcelas permanentes de muestreo para su monitoreo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Slocum, M., Mitchell Aide, T., Zimmerman, J. K., y Navarro, L. (2000). La vegetación leñosa en helechales y bosque de ribera en la reserva científica Ébano Verde, República Dominicana. *Moscosa*, 11, 38-56.
- Soberón M., J., & Llorente B., J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7(3), 480-488.  
<http://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.07030480.x>
- Southwood, T. R. E., & Henderson, P.A. (2000). *Ecological Methods*, Third Edition. Blackwell Science Ltd. (3rd. ed.). Oxford: Blackwell Science. <http://doi.org/10.1038/278674a0>
- StatSoft. (2015). *STATISTICA (Data analysis software system and computer program manual)*. Tulsa, OK: Dell Inc.
- The Natural History Museum, ProNatura Península de Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán, Fundación ProPetén, y Universidad del Valle de Guatemala. (2007). *Árboles del Mundo Maya*.
- Wildlife Conservation Society [WCS], y Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP]. (2007). *Monitoreo de Incendios Forestales en la Reserva de Biósfera Maya, temporada 2007. Petén*.
- Whittaker, R. H. (1970). *Communities and Ecosystems*. London, UK: The Macmillan Company.
- Zamora-Crescencio, P., Mas, Jean-Francois, Rico-Gray, Víctor, Domínguez-Carrasco, M. del R., Villegas, P., Gutiérrez-Báez, C., y Barrientos-Medina, R. C. (2015). Composición y estructura arbórea de petenes en la Reserva de la Biosfera de Los Petenes, Campeche, México. *Polibotánica*, (39). Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682015000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682015000100001)
- Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J., Ángeles-Pérez, G., y Castillo.Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo*, 26(1), 1-17.

## 13 ANEXOS

## 13.1 UBICACIÓN DE PARCELAS DE ESTUDIO

Se muestran en puntos de color negro las parcelas de estudio. Los cuerpos de agua se refieren a lagunas, lagunetas o zonas inundables.



## Vertiente Golfo de México

Parcela	Latitud	Longitud
SP1	17.22819	-90.29147
SP2	17.21874	-90.28113
SP3	17.19356	-90.43201
SP4	17.30696	-90.61270
SP5	17.30861	-90.65450
SP6	17.25557	-90.23400
SP7	17.24622	-90.28036
SP8	17.24599	-90.29511
SP9	17.23656	-90.32273
SP10	17.23450	-90.32615
PA15	16.54354	-90.22408
PA16	16.55387	-90.28223
PA17	16.55339	-90.30631
PA18	16.56005	-90.29738
PA19	16.56558	-90.30227
PA20	16.41542	-90.18604
PA21	16.42524	-90.19583
PA22	16.43354	-90.19436
US23	17.17373	-91.27180
US24	17.15561	-91.26512
US25	17.11372	-91.26912
US26	16.87485	-90.99220
US27	16.79747	-90.82769
US28	16.78095	-90.80605

## Vertiente Caribe

Parcela	Latitud	Longitud
MO11	17.01674	-89.28092
MO12	17.01505	-89.28422
MO13	16.97401	-89.26123
MO14	16.96992	-89.21197
SA29	15.90687	-89.05252
SA30	15.89776	-89.08109
SA31	15.88075	-88.99441
SA32	15.89371	-88.97138
SA33	15.89848	-88.98706
SA34	15.91399	-89.03819

### 13.2 LISTADO DE ESPECIES ARBÓREAS DEL ESTUDIO

Se muestra el nombre completo con el que se distingue la especie en la base de datos (especie), nombres comunes con los que se conoce localmente, nombre científico, familia y abreviatura empleada en cuadros y figuras a lo largo del análisis (código). NA= Dato desconocido.

Especie	Nombre común local	Nombre científico	Familia	Código
<i>Acacia collinsii</i>	Subín, Xcanan	<i>Acacia collinsii</i> Saff.	Fabaceae	Acacol
<i>Acacia</i> sp.	NA	<i>Acacia</i> sp.	Fabaceae	Acasp
<i>Acosmium panamense</i>	Chichipate	<i>Acosmium panamense</i> (Benth.) Yakovlev	Fabaceae	Acopan
<i>Allophylus</i> sp.	NA	<i>Allophylus</i> sp.	Sapindaceae	Allsp
<i>Ampelocera hottlei</i>	Luín	<i>Ampelocera hottlei</i> (Standl.) Standl.	Ulmaceae	Amphot
<i>Amphitecno</i> sp.	Guacalillo	<i>Amphitecno</i> sp.	Bignoniaceae	Ampsp
<i>Andira inermis</i>	Chaperno, Guacamaya	<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	Fabaceae	Andine
<i>Anono</i> sp.	Bastamajay	<i>Anono</i> sp.	Annonaceae	Anosp
<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Malerio colorado	<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Müll.Arg.	Apocynaceae	Aspdes
<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	Malerio blanco, Chichique	<i>Aspidosperma megalocarpum</i> Müll.Arg.	Apocynaceae	Aspmeg
<i>Aspidosperma</i> sp.	NA	<i>Aspidosperma</i> sp.	Apocynaceae	Aspsp
<i>Astronium graveolens</i>	Jocote fraile, Jobillo	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	Astgra
<i>Attolea cohune</i>	Corozo	<i>Attolea cohune</i> Mart.	Arecaeae	Attoch
<i>Bonellia macrocarpa</i>	Piñe	<i>Bonellia macrocarpa</i> (Cov.) B.Stahl & Källersjö	Primulaceae	Bonmac
<i>Bourreria mollis</i>	Roble, Sacuché, Palo duro	<i>Bourreria mollis</i> Standl.	Boraginaceae	Boumol
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón, Ujuste, Ramón oreja de mico	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	Broali
<i>Brosimum</i> sp.	NA	<i>Brosimum</i> sp.	Moraceae	Brosp
<i>Bucida buceros</i>	Pucté	<i>Bucida buceros</i> L.	Combretaceae	Bucbuc
<i>Bursera simaruba</i>	Chacaj	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	Bursim
<i>Caesalpinia velutina</i>	Chaltecoco	<i>Caesalpinia velutina</i> (Britton & Rose)	Fabaceae	Caavel
<i>Caesalpinia vesicaria</i>	Jesmo	<i>Caesalpinia vesicaria</i> L.	Fabaceae	Caeves
<i>Calliandra</i> sp.	Paterna	<i>Calliandra</i> sp.	Fabaceae	Calsp
<i>Calophyllum brasiliense</i> var. <i>rekoi</i>	Santa María, Mario	<i>Calophyllum brasiliense</i> var. <i>rekoi</i> (Standl.) Standl.	Calophyllaceae	Calbra

Especie	Nombre común local	Nombre científico	Familia	Código
<i>Calyptranthes sp. 1</i>	Lagarto, Sars	<i>Calyptranthes sp. 1</i>	Myrtaceae	Calsp1
<i>Calyptranthes sp. 2</i>	NA	<i>Calyptranthes sp. 2</i>	Myrtaceae	Calsp2
<i>Calyptranthes sp. 3</i>	NA	<i>Calyptranthes sp. 3</i>	Myrtaceae	Calsp3
<i>Calyptranthes sp. 4</i>	NA	<i>Calyptranthes sp. 4</i>	Myrtaceae	Calsp4
<i>Calyptranthes sp. 5</i>	Pimientillo	<i>Calyptranthes sp. 5</i>	Myrtaceae	Calsp5
<i>Calyptranthes sp. 6</i>	Yema de huevo	<i>Calyptranthes sp. 6</i>	Myrtaceae	Calsp6
<i>Casearia corymbosa</i>	Café de monte	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Salicaceae	Casacor
<i>Castilla elástica</i>	Hule	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	Moraceae	Casela
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i> L.	Urticaceae	Cecpel
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedodo
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) P. Gaertn.	Malvaceae	Ceipen
<i>Celtis trinervia</i>	Capulín de montaña	<i>Celtis trinervia</i> Lam.	Cannabaceae	Celtri
<i>Chrysophyllum cainito</i>	lcaco	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Chrysobalanaceae	Chrica
<i>Chrysobalanus icaco</i>	Calimito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Sapotaceae	Chrcal
<i>Citrus aurantiifolia</i>	Limón	<i>Citrus x limon</i>	Rutaceae	Citlim
<i>Citrus x limón</i>	Lima	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	Rutaceae	Citaur
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	NA	<i>Coccoloba acapulcensis</i> Standl.	Polygonaceae	Cocaca
<i>Coccoloba belizensis</i>	Papaturre, Carnero, Pockic	<i>Coccoloba belizensis</i> Standl.	Polygonaceae	Cocbel
<i>Coccoloba sp.</i>	NA	<i>Coccoloba sp.</i>	Polygonaceae	Cocsp
<i>Cojoba arborea</i>	Cola de coche	<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	Fabaceae	Cojarb
<i>Combretum laxum</i>	NA	<i>Combretum laxum</i> Jacq.	Combretaceae	Comlax
<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i> L.	Combretaceae	Conere
<i>Cordia sp.</i>	Laurel	<i>Cordia sp.</i>	Boraginaceae	Corsp
<i>Croton glabellus</i>	NA	<i>Croton glabellus</i> L.	Euphorbiaceae	Crogla
<i>Cuponia sp.</i>	Naranjillo SA	<i>Cuponia sp.</i>	Sapindaceae	Cupsp
<i>Dalbergia sp.</i>	Cahué	<i>Dalbergia sp. 1</i>	Fabaceae	Dalisp1
<i>Dalbergia sp. 2</i>	NA	<i>Dalbergia sp. 2</i>	Fabaceae	Dalisp2

Especie	Nombre común local	Nombre científico	Familia	Código
<i>Dalbergia stevensonii</i>	Rosúli	<i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.	Fabaceae	Dalste
<i>Dendropanox arboreus</i>	Mano de león	<i>Dendropanox arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Araliaceae	Denarb
<i>Dialium guianense</i>	Tamarindo, Tamarindo de montaña	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Fabaceae	Diagu1
<i>Diospyros sp. 1</i>	NA	<i>Diospyros sp. 1</i>	Ebenaceae	Diosp1
<i>Diospyros sp. 2</i>	NA	<i>Diospyros sp. 2</i>	Ebenaceae	Diosp2
<i>Diospyros sp. 3</i>	NA	<i>Diospyros sp. 3</i>	Ebenaceae	Diosp3
<i>Diospyros sp. 4</i>	Saaq'xoq	<i>Diospyros sp. 4</i>	Ebenaceae	Diosp4
<i>Diphasia sp.</i>	Guachipilin	<i>Diphasia sp.</i>	Rutaceae	Dipsp
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Orejón	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabaceae	Entcyc
<i>Erythroxylum sp.</i>	Pito de montaña	<i>Erythrina standleyana</i> Krukoff	Fabaceae	Erysta
<i>Erythrina standleyana</i>	Limoncillo	<i>Erythroxylum sp.</i>	Erythroxylaceae	Erysp
<i>Eugenia sp.</i>	NA	<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae	Eugsp
<i>Euterpe precatoria</i>	Termera	<i>Euterpe precatoria</i> var. <i>longiligulata</i> (Mart.) A.J.Hend.	Areaceae	Eutpre
<i>longiligulata</i>				
<i>Ficus crocata</i>	Amate	<i>Ficus crocata</i> (Miq.) Mart. ex Miq.	Moraceae	Ficcro
<i>Ficus sp.</i>	NA	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	Ficsp
<i>Garcinia intermedia</i>	Naranjillo US	<i>Garcinia intermedia</i> (Pittier) Hammel	Clusiaceae	Garint
<i>Guarea glabra</i>	Carboncillo, Cedrillo, Cedrillo blanco	<i>Guarea glabra</i> Vahl	Meliaceae	Guagla
<i>Guettarda combsii</i>	Testap	<i>Guettarda combsii</i> Urb.	Rubiaceae	Gueco
<i>Guettarda sp.</i>	NA	<i>Guettarda sp.</i>	Rubiaceae	Guesp
<i>Gymnanthes lucida</i>	Pije	<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	Euphorbiaceae	Gymluc
<i>Haematoxylum compechianum</i>	Tinto	<i>Haematoxylum compechianum</i> L.	Caesalpiniaceae	Haecam
<i>Inga vera</i>	Chalum, Bitz, Cuje	<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	Ingver
<i>Krugiodendron ferreum</i>	Quebracho	<i>Krugiodendron ferreum</i> (Vahl) Urb.	Rhamnaceae	Krufer
<i>Liconia plotypus</i>	Sunza, Moxpin	<i>Liconia plotypus</i> (Hemsl.) Fritsch	Chrysobalanaceae	Licpla
<i>Licaria compechiana</i>	Aguacatillo	<i>Licaria compechiana</i> (Standl.) Kosterm.	Lauraceae	Liccama

Especie	Nombre común local	Nombre científico	Familia	Código
<i>Licaria peckii</i>	Laurel	<del><i>Licaria peckii</i></del> ( <i>M. Johnston</i> ) <i>Kosterom.</i>	Lauraceae	Licpec
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	Manchiché	<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standl.	Fabaceae	Loncas
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Palo gusano, Pixoy, Yaxmujiñ	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	Fabaceae	Longua
<i>Lonchocarpus rugosus</i> var. <i>opricus</i>	NA	<i>Lonchocarpus rugosus</i> var. <i>opricus</i> (Lundell) M. Sousa	Fabaceae	Lonrug
<i>Lonchocarpus</i> sp. 1	NA	<i>Lonchocarpus</i> sp. 1	Fabaceae	Lonsp1
<i>Lonchocarpus</i> sp. 2	NA	<i>Lonchocarpus</i> sp. 2	Fabaceae	Lonsp2
<i>Lonchocarpus</i> sp. 3	NA	<i>Lonchocarpus</i> sp. 3	Fabaceae	Lonsp3
<i>Lonchocarpus velizii</i>	NA	<i>Lonchocarpus velizii</i> M. Sousa	Fabaceae	Lonvel
<i>Luehea speciosa</i>	Majahua, Cahulote	<i>Luehea speciosa</i> Willd.	Malvaceae	Luespe
<i>Maclura tinctoria</i>	Palo mora	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Moraceae	Mactin
<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote, Chiquibul	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Sapotaceae	Manzap
<i>Motaybo oppositifolia</i>	Tzol, Zacuayún	<i>Motaybo oppositifolia</i> (A. Rich) Britton	Sapindaceae	Matopp
<i>Melicoccus oliviformis</i>	Toloc	<i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth	Sapindaceae	Meloli
<i>Metopium brownei</i>	Chechén negro	<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urb.	Anacardiaceae	Metbro
<i>Ourotea lucens</i>	Cedrillo macho	<i>Ourotea lucens</i> (Kunth) Engl.	Ochnaceae	Ourluc
<i>Ourotea luteo</i>	Yaya	<i>Ourotea luteo</i> F. Gérard	Ochnaceae	Ourlut
<i>Pachira aquatica</i>	Zapote bobo, Zapotón, Amapola	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Malvaceae	Pacaqu
<i>Parmentiera aculeata</i>	Cujilote US	<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem	Bigoniaceae	Paracu
<i>Pimenta dioica</i>	Pimienta	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Myrtaceae	Pimdio
<i>Piscidia piscipula</i>	Jabin	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sorg.	Fabaceae	Pispis
<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	Hormigo	<i>Platymiscium dimorphandrum</i> Donn.Sm.	Fabaceae	Pladim
<i>Platymiscium</i> sp.	NA	<i>Platymiscium</i> sp.	Fabaceae	Plasp
<i>Pouteria amigdalina</i>	Sillón, Avelón	<i>Pouteria amigdalina</i> (Standl.) Boehni	Sapotaceae	Pouamy
<i>Pouteria campechiana</i>	Jabuya, Zapotillo hoja ancha	<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Boehni	Sapotaceae	Poucam
<i>Pouteria reticulata</i>	Zapotillo hoja fina	<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma	Sapotaceae	Pouret
<i>Pouteria</i> sp.	NA	<i>Pouteria</i> sp.	Sapotaceae	Pousp
<i>Protium copal</i>	Copal pom	<i>Protium copal</i> (Schubl. & Cham.) Engl.	Burseraceae	Procop

Especie	Nombre común local	Nombre científico	Familia	Código
<i>Pseudolmedia spuria</i>	Manax	<i>Pseudolmedia spuria</i> (Sw.) Griseb	Moraceae	Psespu
<i>Psychotria</i> sp.	Café de montaña	<i>Psychotria</i> sp.	Rubiaceae	Psyssp
<i>Rehdera penninervia</i>	Nance blanco	<i>Rehdera penninervia</i> Standl. & Moldenke	Verbenaceae	Rehpen
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Rhizophoraceae	Rhiman
<i>Rinorea</i> sp.	Panecillo	<i>Rinorea</i> sp.	Violaceae	Rinsp
<i>Sabal mauritiformis</i>	Botán	<i>Sabal mauritiformis</i> (H. Karst.) Griseb. & H. Wendl.	Araceae	Sabmau
<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Sapsap
<i>Schizolobium parahyba</i>	Plumajillo	<i>Schizolobium parahyba</i> (Nell.) S. F. Blake	Fabaceae	Schpar
<i>Sebastiania longicuspis</i>	Chechén blanco	<i>Sebastiania longicuspis</i> Standl.	Euphorbiaceae	Seblon
<i>Sideroxylon portoricense</i>	Ávalo	<i>Sideroxylon portoricense</i> Urb.	Sapotaceae	Sidpor
<i>Simarouba amara</i>	Acetituno	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	Simama
<i>Simira salvadorensis</i>	Puntero, Sac te m' ooch, Palo colorado	<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerf.	Rubiaceae	Simsal
<i>Spondias mombin</i>	Jocote, Jocote jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	Spomo m
<i>Styrax</i> sp.	NA	<i>Styrax</i> sp.	Styracaceae	Styssp
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	Swimac
<i>Symphonia globulifera</i>	Barrillo	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Cusciaceae	Symglo
<i>Tabebuia rosea</i>	Matlisuante	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Berrero ex A. DC.	Bignoniaceae	Tabros
<i>Talisia oliviformis</i>	NA	<i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk.	Sapindaceae	Taloli
<i>Terminalia amazonia</i>	Canxan	<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gamel.) Exell	Combretaceae	Terama
<i>Trichilia</i> sp.	NA	<i>Trichilia</i> sp.	Meliaceae	Trichi
<i>Trichospermum</i> sp.	Majahua blanco	<i>Trichospermum</i> sp.	Malvaceae	Tricho
<i>Trophis racemosa</i>	Ramón colorado	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Moraceae	Trotrac
<i>Vatairea lundellii</i>	Danto, Medallo	<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Record	Fabaceae	Vatun
<i>Virola koschnyi</i>	Sangre	<i>Virola koschnyi</i> Warb.	Myristicaceae	Virkos
<i>Vochysia guatemalensis</i>	San Juan	<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. Sm.	Vochysiaceae	Vocgua
<i>Zanthoxylum</i> sp.	Costilla, San Pedro	<i>Zanthoxylum</i> sp.	Rutaceae	Zansp
<i>Zuelania guidonia</i>	Tamay	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.	Salicaceae	Zuegui

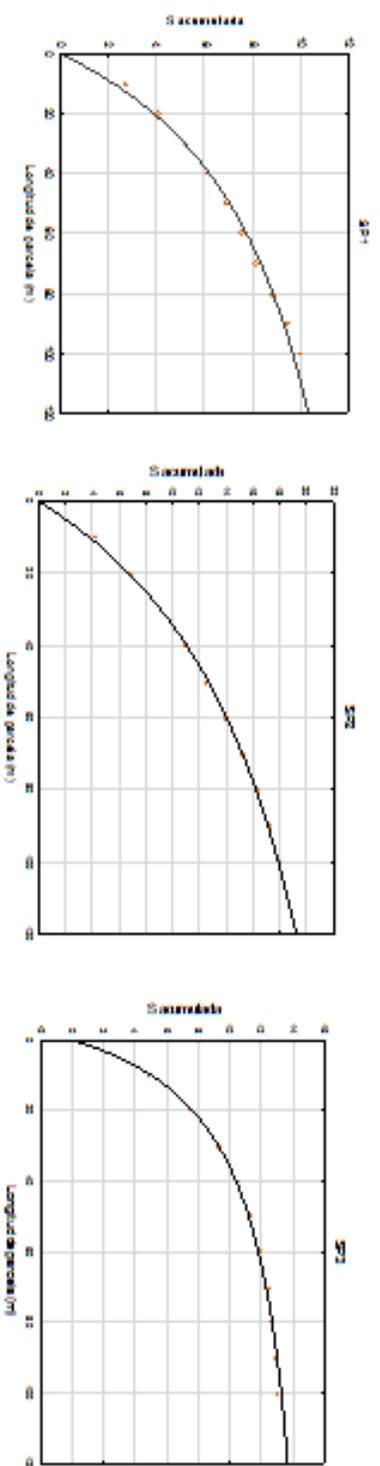
Especie	Nombre común local	Nombre científico	Familia	Código
<i>Zygia</i> sp. 1	NA	<i>Zygia</i> sp. 1	Fabaceae	Zygspp1
<i>Zygia</i> sp. 2	Sacuché	<i>Zygia</i> sp. 2	Fabaceae	Zygspp2
<i>Zygia</i> sp. 3	NA	<i>Zygia</i> sp. 3	Fabaceae	Zygspp3
<i>Zygia</i> sp. 4	NA	<i>Zygia</i> sp. 4	Fabaceae	Zygspp4
<i>Zygia</i> sp. 5	NA	<i>Zygia</i> sp. 5	Fabaceae	Zygspp5
Anona	Anona	NA	NA	Anona1
Baco	Baco	NA	NA	Baco
Caribe	Caribe	NA	NA	Caribe
Cataloch	Cataloch	NA	NA	Catalo
Ch'eer	Ch'eer	NA	NA	Cheer
Chechén de suampo	Chechén de suampo	NA	NA	Chesua
Chilomché blanco	Chilomché blanco	NA	NA	Chibla
Clavillo	Clavillo	NA	NA	Clavil
Copó	Copó	NA	NA	Copo
Cuajilote SP	Cuajilote SP	NA	NA	Cuajil
Cuero de sapo	Cuero de sapo	NA	NA	Cuesap
Guayabillo	Guayabillo	NA	NA	Guabil
Guayabillo de hoja ancha	Guayabillo de hoja ancha	NA	NA	Guahan
Guayabo	Guayabo	NA	NA	Guayab
Huele de noche	Huele de noche	NA	NA	Huenoc
Huevo de rata	Huevo de rata, Yaxniq	NA	NA	Huerat
Icaco colorado	Icaco colorado	NA	NA	Icacol
Jojoba	Jojoba	NA	NA	Jojoba
Luchuy	Luchuy	NA	NA	Luchuy
Manzanillo	Manzanillo	NA	NA	Manill
Manzana	Manzana	NA	NA	Manzan
Matapalo	Matapalo	NA	NA	Matapa
Molinillo	Molinillo	NA	NA	Molini

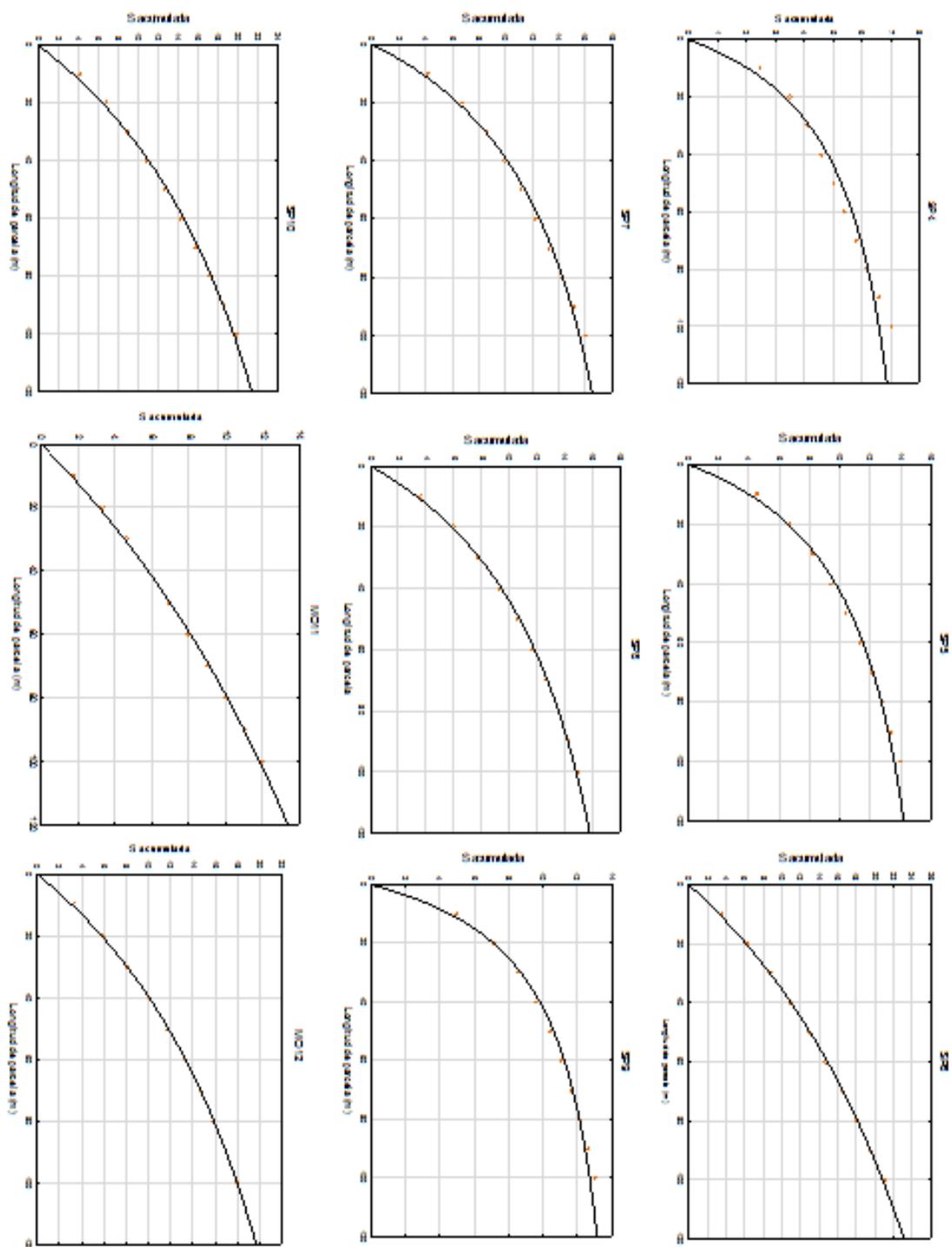
Especie	Nombre común local	Nombre científico	Familia	Código
Morfoespecie 18	NA	NA	NA	Mor18
Morfoespecie 20	NA	NA	NA	Mor20
Morfoespecie 22	NA	NA	NA	Mor22
Morfoespecie 24	NA	NA	NA	Mor24
Morfoespecie 29	NA	NA	NA	Mor29
Morfoespecie 30	NA	NA	NA	Mor30
Morfoespecie 32	NA	NA	NA	Mor32
Morfoespecie 33	NA	NA	NA	Mor33
Morfoespecie 34	NA	NA	NA	Mor34
Morfoespecie 35	NA	NA	NA	Mor35
Morfoespecie 39	NA	NA	NA	Mor39
Morfoespecie 4	NA	NA	NA	Mor4
Morfoespecie 5	NA	NA	NA	Mor5
Morfoespecie 50	NA	NA	NA	Mor50
Morfoespecie 52	NA	NA	NA	Mor52
Morfoespecie 54	NA	NA	NA	Mor54
Morfoespecie 56	NA	NA	NA	Mor56
Morfoespecie 74	NA	NA	NA	Mor74
Morfoespecie 75	NA	NA	NA	Mor75
Morfoespecie 88	NA	NA	NA	Mor88
Morfoespecie 89	NA	NA	NA	Mor89
Morfoespecie 90	NA	NA	NA	Mor90
Nance de montaña	Nance de montaña	NA	NA	Nanmo n
Pachen	Pachen	NA	NA	Pachen
Palo de agua	Palo de agua	NA	NA	Palagu
Palo de ajo	Palo de ajo	NA	NA	Palajo
Palo blanco	Palo blanco	NA	NA	Palbia

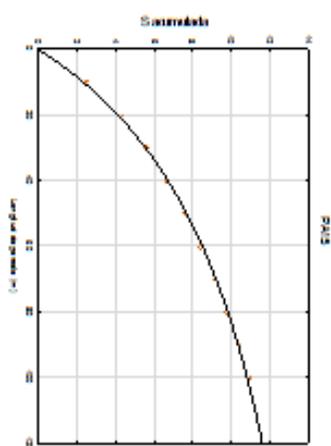
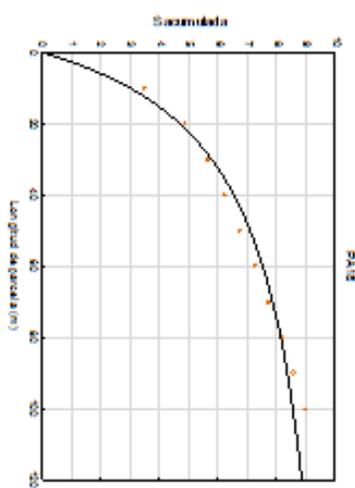
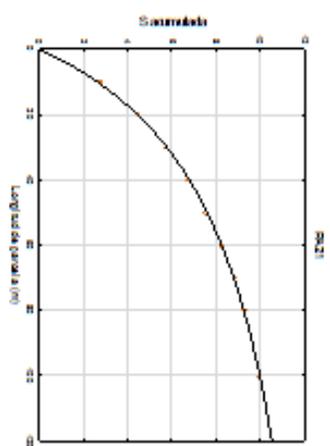
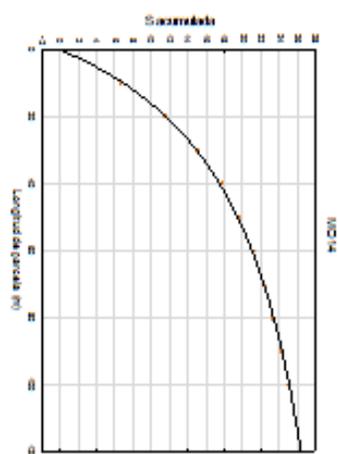
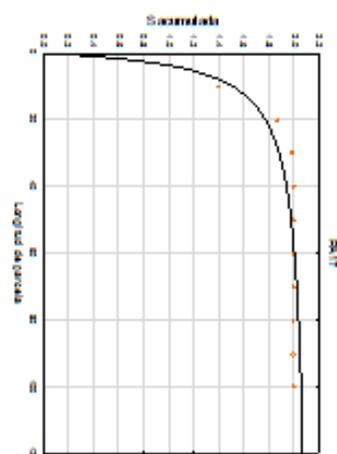
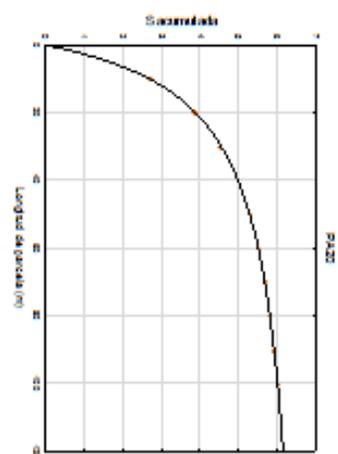
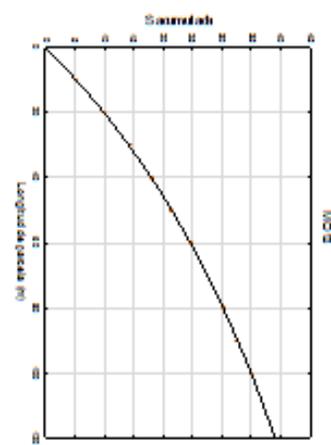
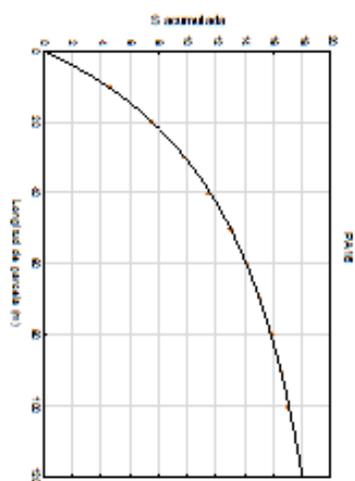
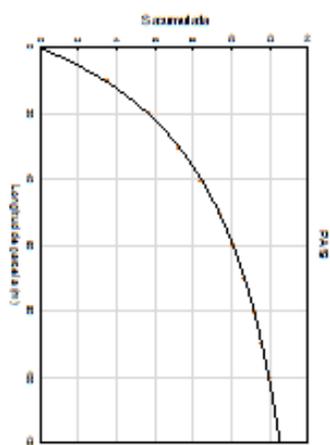
Especie	Nombre común local	Nombre científico	Familia	Código
Palo negro	Palo negro	NA	NA	Palneg
Popxic	Popxic	NA	NA	Popxic
Saq'si	Saq'si	NA	NA	Saqsi
Tango	Tango	NA	NA	Tango
Tempisque	Tempisque	NA	NA	Tempis
Ulubal	Ulubal	NA	NA	Ulubal

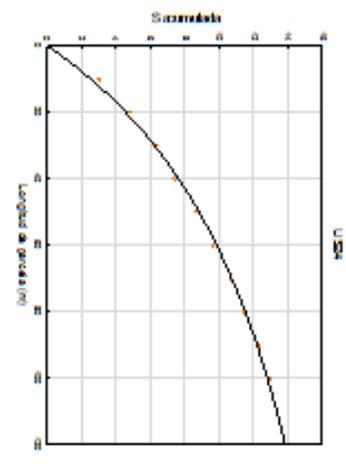
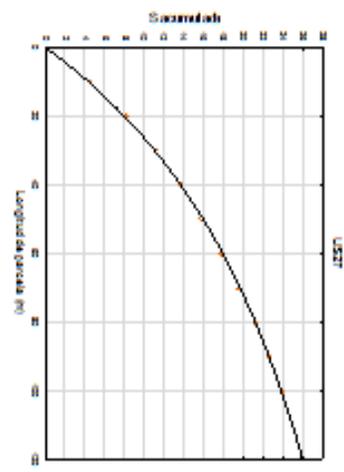
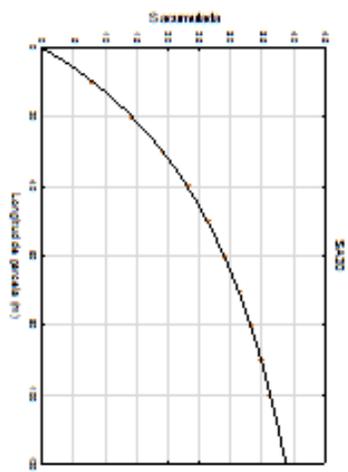
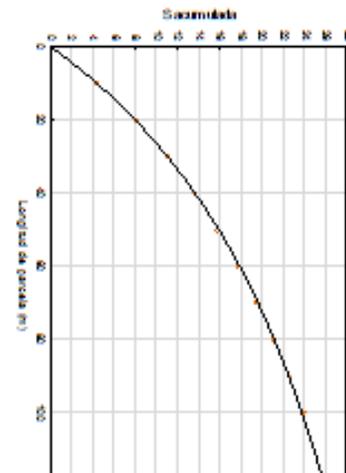
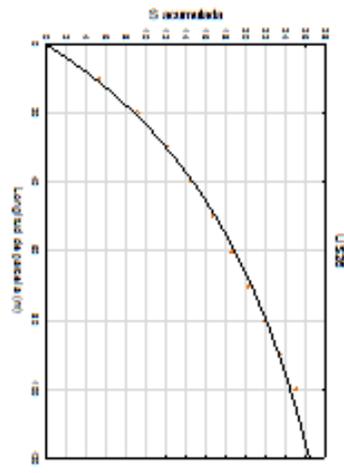
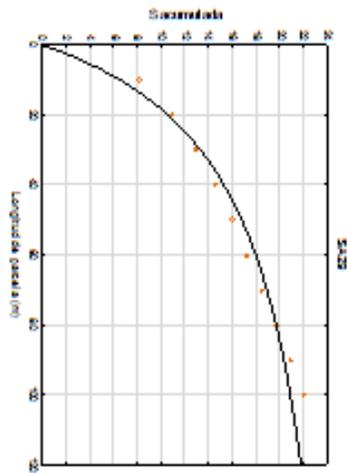
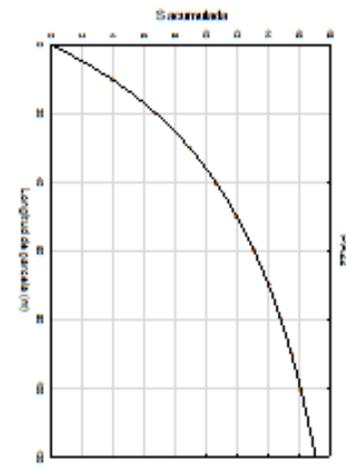
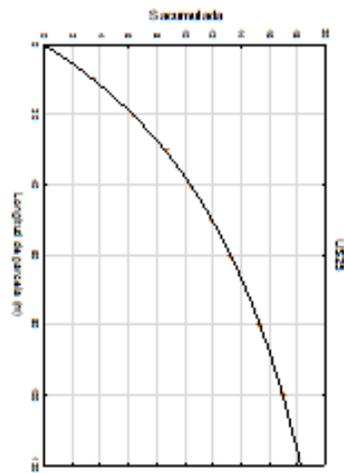
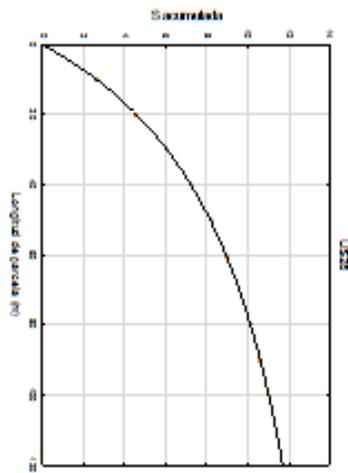
### 13.3 CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES A NIVEL DE PARCELA

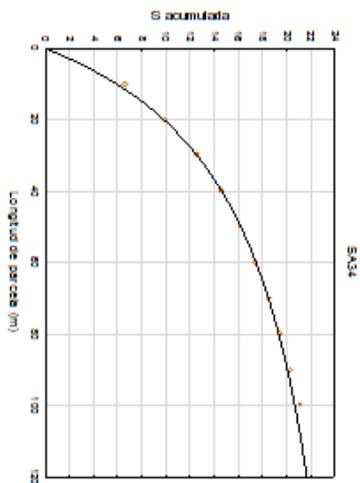
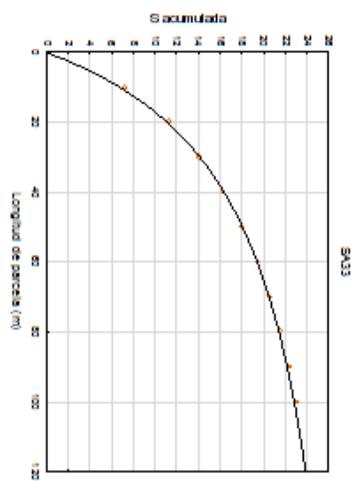
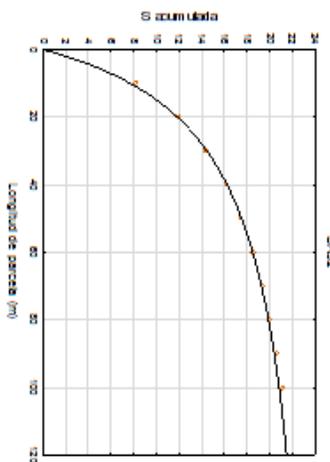
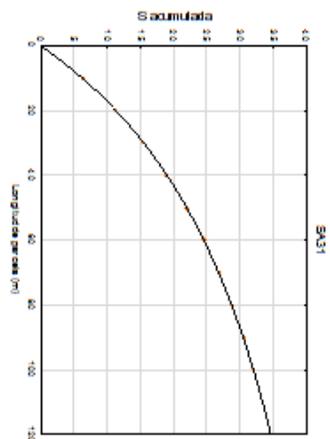
Se muestran las curvas de acumulación de especie de las 34 parcelas estudiadas. En el eje y se observa la riqueza acumulada de especies (S acumulada) y en el eje x la longitud (en metros) de la parcela medida.











### 12.1 DISTRIBUCIÓN DEL ESTRATO ARBÓREO POR CLASE DIAMÉTRICA

Se muestran las categorías de clase diamétrica (con medidas de diámetro a la altura del pecho –DAP), número de individuos (F) y proporción de individuos pertenecientes a cada clase diamétrica (F%). SP= San Pedro, MO= Mopán, PA= sistema del río La Pasión, US= Usumacinta y SA= Sarstún.

DAP (cm)	SP		MO		PA		US		SA		Total área de estudio	
	F	F%	F	F%								
10-20	581	57.7	168	64.9	421	65.1	201	58.4	616	67.0	1987	62.5
20-30	237	23.5	42	16.2	113	17.5	69	20.1	189	20.5	650	20.5
30-40	116	11.5	26	10.0	62	9.6	27	7.8	76	8.3	307	9.7
40-50	45	4.5	6	2.3	27	4.2	12	3.5	23	2.5	113	3.6
50-60	16	1.6	8	3.1	3	0.5	7	2.0	8	0.9	42	1.3
60-70	4	0.4	5	1.9	13	2.0	7	2.0	4	0.4	33	1.0
70-80	2	0.2	0	0.0	4	0.6	5	1.5	1	0.1	12	0.4
80-90	3	0.3	2	0.8	2	0.3	3	0.9	2	0.2	12	0.4
90-100	2	0.2	1	0.4	0	0.0	4	1.2	0	0.0	7	0.2
>100	1	0.1	1	0.4	2	0.3	9	2.6	1	0.1	14	0.4
<b>Total general</b>	<b>1007</b>	<b>100</b>	<b>259</b>	<b>100</b>	<b>647</b>	<b>100</b>	<b>344</b>	<b>100</b>	<b>920</b>	<b>100</b>	<b>3177</b>	<b>100</b>
<b>Promedio</b>	<b>21.92 cm</b>		<b>22.15 cm</b>		<b>21.25 cm</b>		<b>26.37 cm</b>		<b>19.58 cm</b>		<b>21.61 cm</b>	

### 12.2 DISTRIBUCIÓN DE ALTURA DEL ESTRATO ARBÓREO EN LOS RÍOS ESTUDIADOS

Se muestran las categorías de altura aproximada, número de individuos por categoría (F) y proporción de individuos pertenecientes a cada categoría (F%). SP = San Pedro, MO = Mopán, PA = sistema del río La Pasión, US = Usumacinta y SA = Sarstún.

Altura aprox. (m)	SP		MO		PA		US		SA		Total general	
	F	F%	F	F%	F	F%	F	F%	F	F%	F	F%
1-5	70	7.0	14	5.4	55	8.5	21	6.1	43	4.7	203	6.4
5-10	594	59.0	153	59.1	441	68.2	187	54.4	464	50.4	1839	57.9
10-15	268	26.6	67	25.9	125	19.3	76	22.1	278	30.2	814	25.6
15-20	61	6.1	25	9.7	20	3.1	28	8.1	116	12.6	250	7.9
>20	14	1.4	0	0.0	6	0.9	32	9.3	19	2.1	71	2.2
<b>Total general</b>	<b>1007</b>	<b>100.0</b>	<b>259</b>	<b>100.0</b>	<b>647</b>	<b>100.0</b>	<b>344</b>	<b>100.0</b>	<b>920</b>	<b>100.0</b>	<b>3177</b>	<b>100.0</b>
<b>Promedio</b>	<b>9.96m</b>		<b>10.14 m</b>		<b>9.00 m</b>		<b>11.05 m</b>		<b>10.79 m</b>		<b>10.14 m</b>	

### 12.3 PORCENTAJE DE ESPECIES POR DENSIDAD DE INDIVIDUOS EN LOS RÍOS DE ESTUDIO

Se muestran las categorías de densidad (número de individuos por hectárea), y los datos de la proporción (%) de especies que presentan las densidades de cada categoría. SP = San Pedro, MO = Mopán, PA = sistema del río La Pasión, US = Usumacinta y SA = Sarstún.

Densidad (ind/ha)	Ab%					f%					d%					Total				
	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA					
1-10	79	77	75	80	54	2.8	1.1	2.4	0.9	3.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.4	3.7	2.1	3.2	1.2	4.8
10-20	13	13	5	14	30	na	1.1	na	na	na	0.2	na	na	na	na	na	1.7	na	na	na
20-30	3	3	8	4	3	0.7	na	na	1.3	0.1	na	na	na	0.6	0.9	na	na	na	2.7	na
30-40	2	5	8	1	2	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	1.7	na	na	na	na
40-50	0	3	0	1	2	na	na	1.2	1.8	na	na	0.2	0.2	na	na	na	na	1.6	2.5	na
>50	5	2	8	1	11	na	na	na	2.0	na	na	na	0.1	5.1	3.3	na	na	1.4	25.4	11.3
									2.0	na	na	na	na	0.8	na	na	na	na	na	3.7

### 12.4 ABUNDANCIA RELATIVA, FRECUENCIA RELATIVA, ÁREA BASAL E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN EL ESTUDIO

Se muestran los datos de abundancia relativa (Ab%), frecuencia relativa (f%), dominancia relativa expresada con área basal (d%) e índice de valor de importancia (IVI) para las 190 especies encontradas en el estudio. SP= Río San Pedro, MO= Río Mopán, PA= Sistema del Río La Pasión, US= Río Usumacinta, SA= Río Sarstún. NA = especies no presentes en el sitio de estudio (la presencia de datos en 0 se debe a valores que al aproximar a un decimal aparecen como 0, aunque no necesariamente lo son) Las especies se presentan de manera abreviada (ver en Anexo 13.1 para referencia de especie).

Código sp.	Ab%					f%					d%					IVI				
	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA
Acacoli	0.7	0.8	0.6	0.3	1.1	2.8	1.1	2.4	0.9	3.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.4	3.7	2.1	3.2	1.2	4.8
Acasp	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	0.2	na	na	na	na	na	1.7	na	na	na
Acopan	0.1	na	na	na	0.8	0.7	na	na	1.3	0.1	na	na	na	0.6	0.9	na	na	na	na	2.7
Allsp	0.2	na	na	na	na	1.4	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	1.7	na	na	na	na
Amphot	Na	na	0.2	0.6	na	na	na	1.2	1.8	na	na	0.2	0.2	na	na	na	na	1.6	2.5	na
Ampsp	Na	na	na	na	0.6	na	na	na	2.0	na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	na	2.8
Andine	Na	na	0.2	16.7	4.7	na	na	1.2	3.5	3.3	na	na	0.1	5.1	3.3	na	na	1.4	25.4	11.3
Anona1	Na	na	na	na	0.9	na	na	na	2.0	na	na	na	na	0.8	na	na	na	na	na	3.7

Código sp.	Ab%					f%					d%					IMI					
	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	
Anosp	Na	na	na	na	2.4	na	na	na	na	2.0	na	6.0									
Aspdes	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.4	na	na	na	na	0.4	na	1.5
Aspmieg	0.1	na	na	0.3	0.1	0.7	na	na	0.9	0.7	0.1	na	na	0.6	0.3	0.9	na	na	1.8	1.0	
Aspdp	Na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.3	
Astgra	Na	0.4	1.3	0.6	na	na	na	1.1	3.6	0.9	na	na	0.5	1.7	0.2	na	na	2.1	6.5	1.7	
Attcoh	Na	na	0.5	na	na	na	na	na	2.4	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	3.5	na	
Baco	Na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.9	
Bonmac	0.4	na	0.2	na	na	2.1	na	1.2	na	na	0.2	na	0.0	na	na	na	2.7	na	1.4	na	
Boumol	0.3	na	na	0.3	na	1.4	na	na	0.9	na	0.9	na	na	0.2	na	na	2.6	na	1.4	na	
Broali	0.1	1.6	0.3	1.2	na	0.7	2.2	1.2	2.7	na	0.0	1.3	2.0	0.3	na	0.8	5.2	3.5	4.2	na	
Brosp	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.2	na	
Bucbuc	11.5	6.8	3.5	7.5	0.6	6.3	4.5	6.0	4.4	2.0	26.6	20.1	15.2	33.0	0.7	44.4	31.3	24.7	44.9	3.2	
Bursim	Na	1.2	na	1.2	0.2	na	1.1	na	1.8	0.7	na	0.8	na	1.4	0.5	na	3.2	na	4.4	1.4	
Caewel	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.4	na	na	na	na	1.9	na	na	na	
Caeves	Na	na	na	0.9	na	na	na	na	1.8	na	na	na	na	1.6	na	na	na	4.3	na	na	
Calcp	Na	10.0	2.5	na	1.0	na	2.2	2.4	na	2.0	na	3.1	1.2	na	0.5	na	15.3	6.1	na	3.5	
Calbra	0.9	2.4	na	3.9	4.8	2.8	2.2	na	4.4	3.9	1.1	8.5	na	4.1	10.3	4.8	13.1	na	12.4	19.1	
Calcp1	Na	na	na	3.0	1.0	na	na	na	0.9	2.0	na	na	na	1.7	0.6	na	na	na	5.6	3.6	
Calcp2	2.2	na	na	na	na	3.5	na	na	na	0.6	na	na	na	na	na	6.3	na	na	na	na	
Calcp3	Na	na	na	2.7	na	na	na	na	1.8	na	na	na	na	0.4	na	na	na	4.8	na	na	
Calcp4	Na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.1	na	na	na	1.9	na	na	
Calcp5	Na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	2.0	na	na	na	na	0.1	na	na	na	2.4	na	
Calcp6	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	
Caribe	Na	na	na	na	1.0	na	na	na	na	2.6	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	4.2	
Cascor	Na	1.6	0.5	0.3	na	na	1.1	1.2	0.9	na	na	0.5	0.1	0.1	na	na	3.3	1.8	1.2	na	
Casela	Na	na	na	0.6	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.6	na	
Catalo	Na	na	0.2	na	na	na	na	1.2	na	na	na	1.5	na	na	na	na	na	2.9	na	na	
Cecpel	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	1.6	na	na	na	
Cadodo	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.3	na	na	na	1.5	na	na	
Ceipen	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	1.7	na	na	na	na	3.2	na	na	na	
Celtri	Na	0.8	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	1.0	na	na	na	na	2.9	na	na	na	
Cheer	Na	na	na	na	1.5	na	na	na	na	2.6	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	5.1	

Código sp.	Ab%					f%					d%					IVI				
	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA
Chesua	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na
Chiblia	0.2	na	0.8	0.3	na	0.7	na	3.6	0.9	na	0.1	na	0.4	0.4	na	1.0	na	4.8	1.6	na
Chrcal	Na	na	na	na	7.6	na	na	na	3.9	na	na	na	na	5.4	na	na	na	na	na	16.9
Chrica	0.5	na	4.6	1.5	0.3	0.7	na	4.8	0.9	1.3	0.2	na	1.4	0.6	0.1	1.4	na	10.8	3.0	1.8
Citaur	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	1.2	na
Citirm	Na	na	na	0.6	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	1.5	na	na
Clavil	Na	2.8	na	1.8	na	na	2.2	na	1.8	na	na	1.5	na	1.8	na	na	6.5	na	5.4	na
Cocaca	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	1.8	na	na	na
Cochel	0.6	0.8	4.8	0.3	na	1.4	1.1	7.1	0.9	na	0.5	0.3	2.1	0.0	na	2.5	2.2	14.0	1.2	na
Cocsp	1.6	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	3.6	na	na	na	na
Cojarb	Na	na	na	0.3	0.1	na	na	na	0.9	0.7	na	na	na	0.0	0.6	na	na	1.2	1.4	na
Comlax	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	0.8	na	na	na	na
Conere	Na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	0.7	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.9	na
Copo	Na	na	0.2	0.6	na	na	na	1.2	0.9	na	na	na	0.5	0.3	na	na	1.8	1.8	na	na
Corsp	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	1.2	na	na
Crogla	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	1.6	na	na	na
Cuajil	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na
Cuesap	0.2	0.8	0.2	na	na	1.4	2.2	1.2	na	na	0.2	0.1	0.2	na	na	1.8	3.2	1.6	na	na
Cupsp	Na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	1.3	na	na	na	0.1	na	na	0.1	na	na	1.7
Dalstp1	Na	na	na	na	26.8	na	na	na	3.9	na	na	na	na	32.0	na	na	na	na	na	62.8
Dalstp2	Na	na	na	na	0.1	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	1.4	na
Dalste	Na	na	na	na	1.1	na	na	na	2.0	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	3.7	na
Denarb	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	1.6	na	na	na
Diagui	Na	na	0.2	na	0.2	na	na	1.2	na	1.3	na	na	0.4	na	0.2	na	na	1.7	na	1.8
Diosp1	0.4	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	2.0	na	na	na	na
Diosp2	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.6	na	na	na
Diosp3	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	1.2	na	na
Diosp4	Na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	1.3	na	na	na	0.2	na	na	na	na	1.8	na
Dipsp	Na	0.4	0.6	na	na	na	1.1	1.2	na	na	0.1	0.3	na	na	na	na	1.6	2.1	na	na
EntcyC	Na	na	na	na	0.7	na	na	na	2.0	na	na	na	na	0.8	na	na	na	na	3.5	na
EnySp	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	1.2	na	na
Enysta	Na	na	na	na	0.2	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	0.9	na

Código sp.	Ab%					f%					d%					IVI				
	SP	MIO	PA	US	SA	SP	MIO	PA	US	SA	SP	MIO	PA	US	SA	SP	MIO	PA	US	SA
Eugsp	Na	na	na	2.1	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	na	3.8	na
Eutpre	Na	1.6	na	na	na	na	1.1	na	na	na	0.3	na	na	na	na	na	3.1	na	na	na
Ficcro	0.2	1.2	na	1.8	na	1.4	1.1	na	0.9	na	0.5	3.3	na	14.6	na	2.1	5.6	na	17.2	na
Ficsp	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na
Garint	Na	na	0.3	1.2	na	na	na	1.2	1.8	na	na	na	0.2	0.1	na	na	na	1.7	3.1	na
Guagla	0.6	na	na	0.6	na	2.1	na	na	0.9	na	0.3	na	na	0.2	na	3.0	na	na	1.7	na
Guabil	Na	na	0.2	na	0.1	na	na	1.2	na	0.7	na	na	0.0	na	na	na	na	1.4	na	0.8
Guahan	Na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	0.8
Guayab	Na	na	na	0.3	na	na	na	0.9	na	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.3	na
Guecom	Na	0.4	na	na	1.8	na	1.1	na	na	3.3	na	0.3	na	na	1.1	na	1.8	na	na	6.1
Guesp	Na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.4	na	na	na	na	2.2	na
Gymfluc	Na	1.2	na	na	na	na	1.1	na	na	na	0.7	na	na	na	na	na	3.0	na	na	na
Haecam	6.4	na	30.6	na	na	7.0	na	6.0	na	na	6.4	na	41.1	na	na	19.8	na	77.7	na	na
Huenoc	Na	na	0.2	na	na	na	na	1.2	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	1.4	na	na
Huerat	0.1	2.4	na	0.3	na	0.7	3.4	na	0.9	na	0.1	5.2	na	0.0	na	0.9	11.0	na	1.2	na
Iccacol	Na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	1.3	na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	1.7
Ingver	0.2	na	2.9	3.3	na	0.7	na	2.4	1.8	na	0.1	na	1.8	1.7	na	1.0	na	7.0	6.8	na
Jojoba	Na	na	24.6	na	na	na	na	9.5	na	na	na	na	8.8	na	na	na	42.9	na	na	na
Krifer	Na	0.8	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.4	na	na	na	na	2.3	na	na	na
Licpla	Na	0.4	0.3	0.3	0.3	na	1.1	1.2	0.9	0.7	na	0.1	0.2	2.9	0.5	na	1.7	1.7	4.1	1.5
Liccam	Na	na	na	na	0.4	na	na	na	na	1.3	na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	2.0
Licpec	Na	0.4	na	0.3	na	na	1.1	na	0.9	na	na	0.8	na	0.1	na	na	2.3	na	1.3	na
Loncas	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	1.0	na	na	na	na
Longua	1.8	na	5.1	0.3	na	2.8	na	6.0	0.9	na	0.6	na	5.3	0.5	na	5.2	na	16.4	1.7	na
Lonrug	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	1.2	na
Lonsp1	0.5	na	na	0.9	na	1.4	na	na	0.9	na	0.2	na	na	0.1	na	2.1	na	na	1.9	na
Lonsp2	0.1	0.8	na	na	na	0.7	1.1	na	na	na	0.0	0.4	na	na	na	0.8	2.3	na	na	na
Lonsp3	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	2.1	na	na	na
Lonvel	0.9	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	2.6	na	na	na	na
Luchuy	Na	0.8	na	na	na	na	2.2	na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	3.3	na	na	na
Luespe	Na	3.2	0.2	na	na	na	1.1	1.2	na	na	na	1.3	0.1	na	na	na	5.6	1.4	na	na
Mactin	0.1	na	na	0.9	na	0.7	na	na	1.8	na	0.2	na	na	0.2	na	1.0	na	na	2.9	na

Código sp.	Ab%					f%					d%					IVI				
	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA
Manzap	0.4	0.8	na	1.2	1.1	1.4	1.1	na	0.9	2.6	0.5	0.2	na	0.6	1.3	2.3	2.1	na	2.7	5.0
Manzan	Na	na	na	na	1.0	na	na	na	na	1.3	na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	2.6
Manill	Na	na	na	na	0.1	na	na	na	0.7	na	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	0.8
Matapa	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	8.3	na	na	na	na	9.5	na
Matopp	1.1	4.0	0.5	3.6	0.9	1.4	2.2	1.2	4.4	2.6	0.3	3.1	0.4	1.6	1.2	2.8	9.4	2.0	9.6	4.7
Melolli	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.3	na
Metbro	0.2	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.0	na	na	na	na
Molini	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	1.2	na
Mor18	0.3	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.8	na	na	na	na
Mor20	0.3	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na
Mor22	Na	1.2	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	2.6	na	na	na
Mor24	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	2.1	na	na	na
Mor29	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.6	na	na	na
Mor30	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	1.8	na	na	na
Mor32	Na	2.0	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.8	na	na	na	na	3.9	na	na	na
Mor33	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	1.8	na	na	na
Mor34	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	1.7	na	na	na
Mor35	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.6	na	na	na
Mor39	Na	na	0.3	na	na	na	na	1.2	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	1.6	na	na
Mor4	0.2	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na
Mor5	0.3	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	2.0	na	na	na	na
Mor50	Na	na	na	1.8	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	1.0	na	na	na	na	3.7	na
Mor52	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	1.2	na
Mor54	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	1.2	na
Mor56	Na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.9	na
Mor74	Na	na	na	na	0.2	na	na	na	0.7	na	na	na	na	na	2.5	na	na	na	na	3.4
Mor75	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	0.2	na	na	na	na	na	1.7	na	na	na
Mor88	Na	na	1.1	na	na	na	na	1.2	na	na	na	0.3	na	na	na	na	na	2.6	na	na
Mor89	Na	na	0.6	na	na	na	na	1.2	na	na	na	1.1	na	na	na	na	na	2.9	na	na
Mor90	Na	na	0.8	na	na	na	na	1.2	na	na	na	0.3	na	na	na	na	na	2.3	na	na
Nannon	Na	na	na	na	1.0	na	na	na	na	2.0	na	na	na	na	1.7	na	na	na	na	4.6
Ourluc	0.2	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.7	na	na	na	na

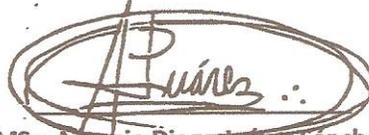
Código sp.	Ab%					f%					d%					IVI				
	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA
Ourlut	0.2	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	1.6	na	na	na	na
Pachen	Na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.9
Pacagu	47.6	5.2	0.8	1.5	2.9	7.0	2.2	4.8	2.7	3.9	47.0	10.5	1.0	1.1	8.0	101.6	17.9	6.5	5.3	14.8
Palbia	2.3	na	na	na	0.1	0.7	na	na	na	0.7	1.5	na	na	na	0.0	4.5	na	na	na	0.8
Palagu	Na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	0.8
Palajo	Na	na	na	na	4.5	na	na	na	na	3.3	na	na	na	na	1.8	na	na	na	na	9.6
Palneg	Na	na	6.8	na	na	na	na	3.6	na	na	na	na	7.7	na	na	na	na	18.1	na	na
Paracu	Na	na	na	1.5	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	na	0.5	na	na	na	2.9	na
Pimdio	Na	0.8	na	1.5	na	na	1.1	na	1.8	na	na	0.2	na	0.3	na	na	2.1	na	3.5	na
Pispis	0.6	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.4	na	na	na	na	1.6	na	na	na	na
Pladim	Na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.8
Plasp	1.2	na	na	na	na	3.5	na	na	na	na	0.4	na	na	na	na	5.1	na	na	na	na
Popxic	1.3	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	1.2	na	na	na	na	3.2	na	na	na	na
Pouamy	0.1	2.0	na	0.9	na	0.7	2.2	na	0.9	na	0.2	1.5	na	0.3	na	1.0	5.8	na	2.1	na
Poucam	Na	1.2	na	5.1	9.2	na	1.1	na	3.5	2.0	na	0.3	na	1.8	5.0	na	2.7	na	10.4	16.2
Pouret	0.1	2.4	na	6.0	na	0.7	2.2	na	4.4	na	0.0	0.8	na	1.5	na	0.8	5.5	na	11.9	na
Pousp	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	1.2	na
Procop	Na	0.4	0.2	1.5	0.2	na	1.1	1.2	1.8	0.7	na	0.1	0.3	0.2	0.2	na	1.6	1.6	3.5	1.0
Psespu	Na	5.6	na	1.2	na	na	2.2	na	1.8	na	na	2.0	na	0.2	na	na	9.9	na	3.2	na
Psyyp	Na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	1.0
Rehpen	Na	0.4	na	na	0.2	na	1.1	na	na	1.3	na	0.3	na	na	0.2	na	1.8	na	na	1.8
Rhiman	Na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	0.8
Rinsp	Na	na	na	na	0.8	na	na	na	na	1.3	na	na	na	na	0.3	na	na	na	na	2.4
Sabmau	Na	0.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	1.7	na	na	na
Sapsap	1.5	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	0.8	na	na	na	na	3.7	na	na	na	na
Saqsi	0.3	0.4	na	0.6	na	0.7	1.1	na	1.8	na	0.1	0.1	na	0.7	na	1.1	1.6	na	3.0	na
Schpar	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	1.8	na
Seblon	0.3	6.4	na	1.5	na	2.1	3.4	na	1.8	na	0.1	2.8	na	0.9	na	2.5	12.6	na	4.1	na
Sidpor	3.7	1.6	1.3	0.3	0.2	4.2	2.2	4.8	0.9	0.7	1.9	8.9	1.8	0.2	0.1	9.8	12.7	7.8	1.4	1.0
Simama	Na	na	0.2	0.3	na	na	na	1.2	0.9	na	na	na	0.0	0.2	na	na	na	1.4	1.3	na
Simsal	1.3	0.8	na	na	na	2.1	2.2	na	na	na	1.1	0.4	na	na	na	4.5	3.5	na	na	na
Spomom	Na	1.6	0.2	na	0.2	na	2.2	1.2	na	0.7	na	1.0	0.4	na	0.3	na	4.9	1.7	na	1.2

Código sp.	Ab%					f%					d%					IVI					
	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	SP	MO	PA	US	SA	
Stysp	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	na	1.2	na
Swimac	0.1	na	na	0.3	na	0.7	na	na	0.9	na	0.1	na	na	2.4	na	0.9	na	na	na	3.5	na
Symglo	Na	na	na	na	8.7	na	na	na	3.3	na	na	na	na	na	6.3	na	na	na	na	18.3	na
Tabros	0.9	0.8	0.2	na	na	2.1	2.2	1.2	na	0.9	3.8	0.4	na	na	3.9	6.9	1.8	na	na	na	na
Taloli	Na	na	na	1.5	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.6	na	na	na	na	na	3.0	na
Tango	Na	na	na	na	0.2	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	1.0
Tempis	Na	na	na	na	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	1.4	na	na	na	na	na	2.1
Terama	Na	na	na	na	0.8	na	na	na	1.3	na	na	na	na	na	0.7	na	na	na	na	na	2.8
Trichi	Na	na	na	2.4	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.5	na	na	na	na	na	3.7	na
Tricho	Na	na	na	0.3	na	na	na	na	0.9	na	na	na	na	0.0	na	na	na	na	na	1.2	na
Trorrac	0.3	1.6	na	na	na	1.4	2.2	na	na	0.2	0.5	na	na	na	na	1.9	4.4	na	na	na	na
Ulubal	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	0.0	na	na	na	na	na	0.8	na	na	na	na	na
Vatlun	Na	0.4	na	1.8	na	na	1.1	na	0.9	na	0.3	na	0.4	na	na	1.8	na	3.1	na	na	na
Virkos	0.2	na	na	na	0.8	0.7	na	na	1.3	0.1	na	na	na	na	0.8	1.0	na	na	na	2.9	na
Vocgua	Na	na	na	na	1.2	na	na	na	2.0	na	na	na	na	na	1.2	na	na	na	na	4.4	na
Zansp	1.7	7.2	1.7	na	1.1	1.4	3.4	2.4	na	1.3	1.0	4.2	0.6	na	0.8	4.1	14.8	4.7	na	3.2	na
Zuegui	Na	0.4	na	0.3	1.0	na	1.1	na	0.9	0.7	na	0.2	na	0.5	1.1	na	1.7	na	1.6	2.7	na
Zygspp1	0.9	na	na	na	na	2.8	na	na	na	0.2	na	na	na	na	na	3.9	na	na	na	na	na
Zygspp2	0.1	na	na	na	na	0.7	na	na	na	0.0	na	na	na	na	na	0.8	na	na	na	na	na
Zygspp3	0.3	na	na	na	na	0.7	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	na
Zygspp4	0.5	na	na	na	na	1.4	na	na	na	0.1	na	na	na	na	na	2.0	na	na	na	na	na
Zygspp5	Na	2.4	na	na	na	na	1.1	na	na	na	na	1.2	na	na	na	na	4.7	na	na	na	na



---

Andrea Noelle Paiz Estévez  
Estudiante



MSc. Antonio Diego Juárez Sánchez

Asesor



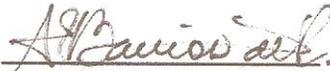
---

Ing. Jorge Mario Vargas Ponce  
Asesor



---

Licda. Ana Rosalito Barrios  
Revisora



---

Licda. Ana Rosalito Barrios  
Directora de Escuela



---

PhD. Rubén Dariel Velásquez Miranda  
Decano