



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ESTRUCTURA DE TRES ESPECIES
ARBÓREAS EN RELACIÓN CON EL RELIEVE EN LA RESERVA
ECOLÓGICA LAGUNA DE LAS ILUSIONES, CENTRO, TABASCO,
MÉXICO**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**PRESENTA
MÓNICA ALEJANDRA ALAMILLA LANDERO**

**DIRECTORA
DRA. CAROLINA ZEQUEIRA LARIOS**

**CODIRECTORA
M. EN C. OFELIA CASTILLO ACOSTA**

VILLAHERMOSA, TABASCO

JUNIO 2018



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

JUNIO 20 DE 2018

**C. MÓNICA ALEJANDRA ALAMILLA LANDERO
PAS. DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle, que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ESTRUCTURA DE TRES ESPECIES ARBOREAS EN RELACIÓN CON EL RELIEVE EN LA RESERVA ECOLÓGICA LAGUNA DE LAS ILUSIONES, CENTRO, TABASCO, MÉXICO”**, asesorado por la Dra. Carolina Zequeira Larios y M. en C. Ofelia Castillo Acosta sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por el Dr. Humberto Hernández Trejo, Dr. Juan Ignacio Valdés Hernández, M. en C. Ofelia Castillo Acosta y Dr. José Luis Martínez Sánchez

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ
DIRECTORA**

C.c.p.- Expediente del Alumno.
C.c.p.- Archivo



CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ESTRUCTURA DE TRES ESPECIES ARBOREAS EN RELACIÓN CON EL RELIEVE EN LA RESERVA ECOLÓGICA LAGUNA DE LAS ILUSIONES, CENTRO, TABASCO, MÉXICO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 20 de Junio de 2018.

AUTORIZO



MÓNICA ALEJANDRA ALAMILLA LANDERO

DEDICATORIA

Dedicado a Dios porque es mi fortaleza en la vida.

A mis padres que me enseñaron que hay que trabajar mucho para lograr lo que se quiere.

A mis hermanos por su apoyo Francisco, Gabriela, Cristina y a mi sobrinita Isabella.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Carolina Zequeira Larios y M. en C. Ofelia Castillo Acosta por creer en mí, por su apoyo moral en este trayecto y haberme acercado a nuevas experiencias académicas.

A los proyectos: Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Laguna de Las Ilusiones y Restauración de la vegetación de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones con especies nativas.

Al CONACYT por la beca otorgada para realizar estudios de Maestría. A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por los apoyos otorgados durante la realización de este estudio y a la Beca pisa por el recurso brindado.

Al Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández y Dr. Joel Zavala Cruz del Colegios Postgraduados por aceptarme en las estancias realizadas en esa institución de la cual pude obtener excelentes conocimientos y por sus valiosas aportaciones hechas a este trabajo. A los Profesores Investigadores en la revisión de este trabajo Dr. Humberto Hernández Trejo y Dr. José Luis Martínez Sánchez.

Agradecimiento al Biol. German López Hidalgo de la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección al Ambiente por el apoyo de campo para la realización de está investigación y al operador de la lancha Don Carmen por acompañarnos en todo el recorrido de campo.

Al Maestro Israel Contreras, Ing. Edgar Shirma, Biol. José Luis Gómez y Fredy por su valioso apoyo en las salidas de campo. Al Maestro Victorio Moreno por su importante apoyo en este trabajo. A las Maestras Blanca, Diana y Miguelina por los consejos que en algunos momentos he necesitado. Eliana y Marcela que las conocí cuando llegué al Laboratorio de Ecofisiología y me brindaron su amistad.

A mis compañeros y amigos de la Maestría quienes desde el momento que nos conocimos nos apoyamos para lograr nuestra meta especialmente Lizbeth, Luisa y Yareni.

ÍNDICE

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	2
Distribución espacial y estructura de árboles en relieves de un humedal urbano, Centro, Tabasco, México.....	6
Resumen.....	6
Palabras clave:	7
Abstract.....	7
Keywords	8
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVO	10
MATERIALES Y MÉTODOS	10
RESULTADOS	14
DISCUSIÓN.....	23
CONCLUSIÓN	27
RECONOCIMIENTOS.....	27
CONSIDERACIONES FINALES	36
LITERATURA CITADA.....	37
ANEXO	39
ANEXO. FORMATOS DE CAMPO	40
ANEXO FOTOGRÁFICO.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Paisajes geomorfológicos y relieves en torno a la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones (RELI).....	14
Tabla 2. Distribución espacial de tres especies en la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones.	15
Tabla 3. Especies de árboles con índice de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF) en relieves de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco.	18
Tabla 4. Comparación de medias de diámetro, altura y abundancia de las especies de árboles en diferentes relieves de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio	13
Figura 2. Análisis de componentes principales de la distribución de las especies en la RELI. Ag = <i>Andira galeottiana</i> , Ig = <i>Inga vera</i> y Pa= <i>Pachira aquatica</i>	16
Figura 3. Distribución de las tres especies en la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones.	17
Figura 4. Estructura vertical de <i>A. galeottiana</i> , <i>I. vera</i> y <i>P. aquatica</i> en relieves de la RELI.	20
Figura 5. Estructura diamétrica de <i>A. galeottiana</i> , <i>I. vera</i> y <i>P. aquatica</i> en relieves de la RELI.....	21

Figura 6. Comparación de medias de altura, diámetro y abundancia de tres especies de árboles en diferentes relieves de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$). Relieves: Ls= Lomerío suave, Li= Lomerío inclinado, Lu= Lomerío urbanizado..... 22

Figura 7. Formato de campo de tamaño de transecto de 2 x 50 m para individuos ≥ 2.5 cm de DN.40

Figura 8. Formato de campo cuadros de 1 x 1 m para plántulas.41

Figura 9. A. Árbol adulto de macayo (*Andira galeottiana*), B. Almacigo de fruto de *A. galeottiana* y C. Plántulas de macayo.....42

Figura 10. A. Árbol adulto de chelele (*Inga vera*), B. Fruto y semillas de *I. vera* y C. Copa de árbol de *I. vera* con inclinamiento al cuerpo de agua.43

Figura 11. A. Árbol de zapote de agua (*Pachira aquatica*), B. Árboles de *P. aquatica* y C. Plántulas de *P. aquatica*.44

RESUMEN

La distribución espacial es el área geográfica que ocupa una especie y se pueden distinguir tres tipos aleatoria, uniforme y agregada. El objetivo de este estudio fue analizar la distribución espacial, estructura y abundancia de los árboles *Andira galeottiana* Standley, *Inga vera* Willd. y *Pachira aquatica* Aubl. en relieves de la Reserva Ecológica Laguna de la Ilusiones. La zonificación del relieve se identificó con el modelo lidar. En cada relieve se realizó un muestro sistemático, consistió en colocar transectos de 2 m x 50 m (100 m²) paralelo a la orilla de la laguna. En cada transecto fueron censados los individuos ≥ 2.5 cm de DN a 1.30 m del suelo. A cada individuo se le midieron datos dasométricos de altura, diámetro y copa. La distribución espacial se analizó con los índices de Morisita e índice Varianza-Media. La estructura fue analizada mediante la altura y diámetro, índice de valor de importancia y valor forestal. La relación del relieve con la altura, el diámetro y la abundancia se realizó con un análisis de componentes principales, ANOVA y comparación de medias. La distribución espacial en *I. vera* fue agregada en todo el margen de los lomeríos, *A. galeottiana* fue uniforme en el lomerío suave y *P. aquatica* fue agregado en los lomeríos inclinado y urbanizado. La estructura vertical en *A. galeottiana* fue de 15 a 20 m y mostró diferencias significativas entre relieves. Las clases diamétricas pequeñas mostraron una mayor abundancia. La especie *I. vera* no mostro diferencias significativas entre relieves y obtuvo los valores más altos de IVI e IVF. Es necesario la protección eficiente de este humedal. Las especies estudiadas se consideran adecuadas para la recuperación de ecosistemas ribereños.

INTRODUCCIÓN GENERAL

La distribución espacial es el área geográfica que ocupa una especie y se distinguen tres tipos aleatoria, uniforme y agregada (Smith y Smith, 2007), la cual esta asociada a factores ambientales como el climático, edáfico, geomorfológico y por las interacciones entre los mismos organismos (Begon, Harper y Townsend, 1999; Smith y Smith, 2007). La distribución espacial de especies de árboles en zonas tropicales, son de relevancia porque permiten conocer e interpretar aspectos de la biología, ecología y abundancia de las especies. Además de proporcionar información sobre el efecto que tienen las perturbaciones naturales y antropogénicas sobre determinados hábitats (Barreto *et al.*, 2014; Gras *et al.*, 2002). En las poblaciones de plantas dos procesos principales se presentan: la dispersión y el aumento o disminución de la densidad pueden variar en la estructura espacial (Clark *et al.*, 2017).

Antecedentes

Algunos estudios sobre distribución espacial a nivel mundial se encuentran los de He *et al.*, (1997) determinaron la distribución espacial de especies de una comunidad vegetal en la selva tropical encontraron 745 especies 80% tenían una distribución agregada lo cual fue influenciado por la dispersión de las semillas, 19.5 % estuvieron distribuidos aleatoriamente que suele atribuirse a las condiciones de heterogeneidad ambiental. Hai *et al.* (2014) analizaron los patrones espaciales y asociaciones de seis especies de árboles dominantes en un bosque tropical con características geomorfológicas diferentes de colina y ladera. En la parcela uno (homogénea) encontraron 17 especies, en la parcela dos (heterogénea) reportaron 26 especies, en las dos parcelas coincidieron 14 especies. Las especies dominantes *H.Kurzzi*, *D.*

sylvatica, *T. ilicifolia*, *S. macrophyllus* y *S. wightianum* mostraron una J- invertida y *B. hsienmu*. Las diferencias en las distribuciones de diámetro a la altura del pecho entre los individuos de las especies del sitio homogéneo y el heterogéneo indican que la distribución espacial de las especies depende de los procesos de dispersión en ambos sitios. Las especies dominantes presentaron una distribución agrupada en la parcela homogénea y en la heterogénea, excepto *B. hsienmu* con distribución aleatoria en el sitio heterogéneo. En México Cortés-Castelán e Islebe (2005) examinaron la influencia de factores ambientales de microtopografía y edáfico en relación con la distribución de las especies de árboles y arbustos en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quinta Roo en México. Se registraron 84 especies de las cuales 30 fueron de forma biológica arbórea y las demás arbustivas; obtuvieron un registro de 4433 individuos. Las especies que se distribuyen en las zonas altas con altos porcentajes de MO y arena, son de forma biológica arbórea y alcanzan alturas de 12 a 15 m dentro de las que se encuentran *Bursera simaruba*, *Byrsinomia bucidaefolia*, *Coccoloba cozumelensis*, *C. spicata*, *Gliricidia sepium*, *Manilkara zapota*. En las zonas bajas con suelos inundables profundos con altos porcentajes de arcilla y limo encontraron que había un menor número de especies y de individuos donde dominaron los arbustos con alturas. En Tabasco Ortiz *et al.*, (2005) atribuyen factores como el relieve, clima, altitud o tipo de suelo a la conformación o la forma de distribución de la biota.

En el estado de Tabasco son escasos los estudios realizados sobre distribución espacial relacionados con su ambiente físico como el relieve sobre todo en zonas de humedales, por lo que el presente estudio pretende dar ese enfoque. La investigación se realizó en la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones que se encuentra en el

municipio del Centro en el estado de Tabasco, considerada un humedal urbano que provee servicios ambientales como hábitat de distintas especies, mitigación del efecto del calor y belleza escénica. Esta reserva se enfrenta con problemas ambientales como contaminación del agua, deforestación, rellenos y urbanización principalmente (Zequeira *et al.*, 2015).

Objetivo

El objetivo de este estudio fue analizar la distribución espacial, estructura vertical, estructura diamétrica y abundancia de las especies *A. galeottiana* Standley, *I. vera* Willd. y *P. aquatica* Aubl. y su relación con el relieve en la Reserva Ecológica Laguna de la Ilusiones, Centro, Tabasco, México.

Estructura de tesis

Esta tesis está estructurada por el capítulo uno, el cual contiene los resultados sobre los tipos de distribución espacial de tres especies *Andira galeottiana* Standley, *Inga vera* Willd. y *Pachira aquatica* Aubl. en la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. Además de contener anexos al final del documento.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

CAPÍTULO 1

ARTÍCULO

CIENTÍFICO

**Distribución espacial y estructura de árboles en relieves de un humedal urbano, Centro,
Tabasco, México**

**Spatial distribution and structure of trees in reliefs of an urban wetland, central,
Tabasco, Mexico**

Mónica Alejandra Alamilla Landero¹, Carolina Zequeira Larios¹, Ofelia Castillo Acosta¹ Juan
Ignacio Valdez Hernández² y Joel Zavala Cruz³

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas,
Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya, CP 86150,
Villahermosa, Tabasco,² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de
México, México y ³ Colegio Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina
s/n, CP 86500, Cárdenas, Tabasco.

Resumen: La distribución espacial es el área geográfica que ocupa una especie. Se analizó la distribución espacial, estructura y abundancia de los árboles *Andira galeottiana* Standley, *Inga vera* Willd. y *Pachira aquatica* Aubl. en relieves de la Reserva Ecológica Laguna de la Ilusiones. La zonificación del relieve se identificó con el modelo lidar. En cada relieve se realizó un muestro sistemático, consistió en colocar transectos de 2 m x 50 m (100 m²) paralelo a la orilla de la laguna. En cada transecto fueron censados los individuos ≥ 2.5 cm de DN a 1.30 m del suelo. A cada individuo se le midieron datos dasométricos de altura, diámetro y copa. La distribución espacial se analizó con los índices de Morisita e índice Varianza-Media. La estructura fue analizada mediante la altura y diámetro, índice de valor de importancia y valor forestal. La relación del relieve con la altura, el diámetro y la abundancia se realizó con un análisis de componentes principales, ANOVA y comparación de medias. La

distribución espacial en *I. vera* fue agregada en todo el margen de los lomeríos, *A. galeottiana* fue uniforme en el lomerío suave y *P. aquatica* fue agregado en los lomeríos inclinado y urbanizado. La estructura vertical en *A. galeottiana* fue de 15 a 20 m y mostró diferencias significativas entre relieves. Las clases diamétricas pequeñas mostraron una mayor abundancia. La especie *I. vera* no mostro diferencias significativas entre relieves y obtuvo los valores más altos de IVI e IVF.

Palabras clave: *Andira galeottiana*; *Inga vera*; *Pachira aquatica*; Reserva ecológica; Laguna de las ilusiones.

Abstract: Spatial distribution is the geographic area that occupies a species. We analyzed the spatial distribution, structure and abundance of the trees *Andia galeottiana* Standley, *Inga vera* Willd. and *Pachira aquatica* Aubl. in reliefs of the Lagoon de la Illusions Ecological Reserve. The zoning of the relief was identified with the LIDAR model. In each relief a systematic show was carried out, consisted of placing transects of 2 m x 50 m (100 m²) parallel to the shore of the lagoon. In each transect were registered individuals ≥ 2.5 cm from DN to 1.30 m from the soil. Each individual was measured dasométricos data of height, diameter and cup. The spatial distribution was analyzed with Morisita index and variance-mean index. The structure was analyzed by height and diameter, importance value index and forest value. The relationship of relief with height, diameter and abundance was performed with a component analysis, ANOVA and mean comparison. Spatial distribution *I. vera* was aggregated on all margin of the hills, *A. galeottiana* was uniform in the soft hill and *P. aquatica* was aggregated in the inclined and urbanized hills. The vertical structure in *A. galeottiana* was 15 to 20 m and showed significant differences between reliefs. The small diameter classes showed greater

abundance. Species *I. vera* showed no significant difference between reliefs and obtained the highest values of IVI and IVF.

Keywords: *Andira galeottiana*; *Inga vera*; *Pachira aquatica*; Ecological Reserve; Lagoon of illusions.

INTRODUCCIÓN

La distribución espacial es el área geográfica que ocupa una especie y se distinguen tres tipos aleatoria, uniforme y agregada (Smith y Smith, 2007), la cual está asociada a factores ambientales como el climático, edáfico, geomorfológico y por las interacciones entre los mismos organismos (Begon, Harper y Townsend, 1999; Smith y Smith, 2007). Las diferencias de microclimas y microsítios fomentan la distribución de las especies (Richards, 1952).

Algunos autores como He, Legendre y LaFrankie (1997); Hai, Wiegand y Getzin (2014); Fibich *et al.* (2016) y Clark *et al.* (2017) concuerdan que la distribución espacial de árboles en zonas tropicales se presenta principalmente de forma agregada y aleatoria, atribuidos a la dispersión de semillas a distancias cortas, a condiciones climáticas y a la heterogeneidad ambiental (relieve y topografía). La microtopografía es influyente en la distribución de especies arbóreas y arbustivas (Cortés-Castelán e Islebe, 2005).

El agua es un factor que también determina la distribución espacial en los humedales (Hernández, 2010; Ramsar, 2013). Los estudios de distribución espacial de árboles en humedales tropicales son considerados relevantes, ya permiten conocer e interpretar aspectos de su biología, ecología y proporcionan información del efecto de perturbaciones naturales y antropogénicas (Gras, Raventós, Bonet y Ramírez, 2002; Barreto-Silva, Cárdenas y Duque, 2014).

Algunos géneros de plantas arbóreas como *Inga* se distribuyen asociadas a bosques siempre verde, ribereño y en áreas intervenidas (Soto, Pacheco, Ortega y Zambrano 2013). *Pachira* se distribuye en selvas inundables, aunque se le encuentra en diferentes tipos de ambiente (Infante-Mata, Moreno-Casasola y Madero-Vega, 2014; Hernández-Montero y Sosa, 2016). En Tabasco Ortiz-Pérez, Siebe y Cram (2005) atribuyen factores de relieve, clima y suelo en la distribución de la biota, en tanto que Vázquez, López, Montalvo, Méndez y Castillo (2010) reportan vegetación secundaria dominando en zonas bajas en torno a Villahermosa.

Los humedales urbanos tienen un efecto benéfico en la calidad del aire, elimina contaminantes en la atmosfera, mitiga el efecto invernadero e influyen en los microclimas urbanos, reduciendo las temperaturas por la sombra y evapotranspiración (Escobedo y Nowak, 2009). Esta investigación se realizó en la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones (RELI), la cual es considerada un humedal urbano (Castillo *et al.*, 2015). La RELI alberga 316 especies de plantas vasculares (Magaña, 1990; Castillo *et al.*, 2015), reptiles y mamíferos (López, Hidalgo y Aguirre, 2011; Rodríguez y Olivera, 2012) además de peces y aves (Zequeira *et al.*, 2015) algunas especies se encuentran en estatus de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. No obstante, la RELI presenta problemas ambientales como contaminación del agua, rellenos y deforestación de vegetación riparia para la ampliación urbana principalmente (Castillo *et al.*, 2015; Zequeira *et al.*, 2015). Ante esta situación, es necesario la generación de conocimiento del estado actual de este humedal, toda vez que no existen reportes de la distribución espacial y estructura de las especies de plantas relacionadas con su ambiente físico. En esta investigación se seleccionaron las especies macayo (*Andira galeottiana* Standley), Chelele (*Inga vera* Willd.) y zapote de agua (*Pachira aquatica* Aubl.), por la importancia ecológica que representan en el sitio. Particularmente *A. galeottiana* es endémica de México (Pennington, 2003), además de encontrarse en el libro rojo IUCN (WCMC, 1998),

como especie vulnerable. La información de esta investigación contribuirá en el manejo de esta área natural protegida.

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue analizar la distribución espacial, estructura vertical, estructura diamétrica y abundancia de las especies *A. galeottiana* Standley, *I. vera* Willd. y *P. aquatica* Aubl. y su relación con el relieve en la Reserva Ecológica Laguna de la Ilusiones, Centro, Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La RELI se localiza en la zona centro-norte de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. Sus coordenadas geográficas son 17° 59' 27" y 18° 01' 25" de latitud Norte y 92° 55' 14" y 92° 56' 40" de longitud Oeste (Fig. 1). Tiene una superficie de 259.2 ha (Periódico Oficial del Estado, 1995). Se ubica en la provincia fisiográfica Planicie Costera del Golfo Sur (PCGS) y la subprovincia llanuras y pantanos tabasqueños (SLLPT) (Zavala *et al.*, 2009). Su clima es cálido húmedo Am (f) w (i) g con abundantes lluvias en verano, temperatura media anual de 27°C y precipitación anual de 2,168 mm; los meses más lluviosos son septiembre y octubre y los más secos son abril y mayo (García, 1988). Se sitúa a 10 metros sobre el nivel del mar (msnm), en la cuenca del Río Grijalva-Villahermosa RH30D, y en la subcuenca Río Grijalva (RHD30Da), vierte sus aguas al Río Carrizal (RH30Dw) (CONABIO, 1998; INEGI, 2005). La vegetación de la franja de 10 m alrededor de la RELI es hidrófita (12.10 %), riparia (5.30 %), secundaria (2.21 %), pastizales (14.24 %) y palmar (0.04 %), suelo desnudo (0.12 %), urbano (1.89%) y laguna (74.06%) (Castillo *et al.*, 2015).

Zonificación de relieves: Las formas del relieve se identificaron en un mapa de pendientes generando con el modelo digital de elevación Lidar, con tamaño de pixel de 5x5 m escala 1:10000 (INEGI, 2008 y 2009). El mapa se mejoró mediante fotointerpretación de ortofotomapas escala 1:10000 (INEGI, 2008), asociando el tono, la textura y la vegetación con los relieves (Zavala-Cruz, Jiménez, Palma-López, Bautista y Gavi, 2016). En cada relieve se visitaron tres sitios, se ubicaron con GPS, y se recabó información morfométrica sobre forma, proceso geomorfológico, altitud, pendiente, tipo de roca, drenaje superficial y uso del suelo (Servicio Geológico Mexicano, 2004; Zinck, 2012; Zavala *et al.*, 2016). El mapa final se diseñó en el programa Arcgis 10.3 a escala 1:10000.

Establecimiento de los sitios de muestreo y medición de variables: Se seleccionaron tres especies *A. galeottiana* Standley, *I. vera* Willd. y *P. aquatica* Aubl. En cada relieve, siguiendo la orilla del cuerpo lagunar se realizó un muestreo sistemático (Gamarra, Montoya, Eneque, Chuquilín y Ñique, 2012), el cual consistió en establecer transectos de 2 x 50 m (100 m²) (Gentry, 1988) dejando un espacio de 50 m entre cada transecto. Se establecieron 151 transectos en total, en 1.21 ha. Por relieve se establecieron 28 transectos en lomerío suave, 48 en lomerío inclinado y 75 en lomerío urbanizado. En cada transecto se censo el diámetro de tallo de árboles ≥ 2.5 cm de DN a 1.30 m del suelo, altura total (con flexómetro en individuos ≤ 3 m y con clinómetro para aquellos > 3 m) (Mendoza-Cruz, Sánchez-Gutiérrez y Valdez-Hernández, 2017). También se midió el diámetro máximo y mínimo de copa (Dawkins, 1958) y cada individuo se ubicó con un GPS.

Distribución espacial: Se analizó utilizando dos índices de dispersión:

Índice de Morisita (Morisita, 1959):

$$I\delta = \frac{\sum ni (ni-1)}{N(N-1)} \times Q$$

Dónde: $I\delta$ = Índice de distribución espacial, ni = número de individuos en cada muestra, N = Número total de individuos en todos los transectos, Q = Número total de transectos. Valores < 1 indican distribución uniforme, $= 1$ indican distribución al azar o aleatoria y > 1 indican distribución agregada.

Índice de Razón varianza-media (Badii, Guillen, Cerna y Landeros, 2011):

$$I = v/m.$$

Donde: v = varianza, m = media. Valores de I menor, igual y mayor a 1 indican patrones de dispersión de tipo uniforme, azar y agregada respectivamente.

Estructura vertical, estructura diamétrica y abundancia: La estructura vertical se determinó por cada relieve a partir de las inflexiones de una curva generada entre el número de individuos por su altura (García-Mayoral, Valdez-Hernández, Luna-Cavazos y López-Morgado, 2015; Mendoza *et al.*, 2017; Ortega-Baranda, Valdez Hernández; García-Moya y Rodríguez- Trejo, 2017). La estructura diamétrica se obtuvo utilizando la regla de Sturges (Milton, 2007). La abundancia se obtuvo a partir del conteo del número de individuos en las unidades de muestreo.

Índices de importancia estructural: Se obtuvieron dos índices de importancia estructural: índice de valor de importancia (IVI) y el índice de valor forestal (IVF) mediante las siguientes fórmulas: $IVI = \text{Densidad relativa} + \text{dominancia relativa} + \text{frecuencia relativa}$ (Curtis y McIntosh, 1951), $IVF = \text{Diámetro relativo} + \text{Altura relativa} + \text{Cobertura relativa}$ (Corella *et al.*, 2001; Zarco, Valdez, Ángeles y Castillo, 2010; García- Mayoral *et al.*, 2015; Ortega *et al.*, 2017).

Relación entre las variables de altura, diámetro, abundancia y el relieve: Se realizó una ANOVA y comparación de medias (Tukey, $P= 0.05$) (SPSS, 2012) de las variables de altura, diámetro y abundancia con el fin de conocer si hay efecto de los tipos de relieves en la zona riparia. Además de un análisis de componentes principales.

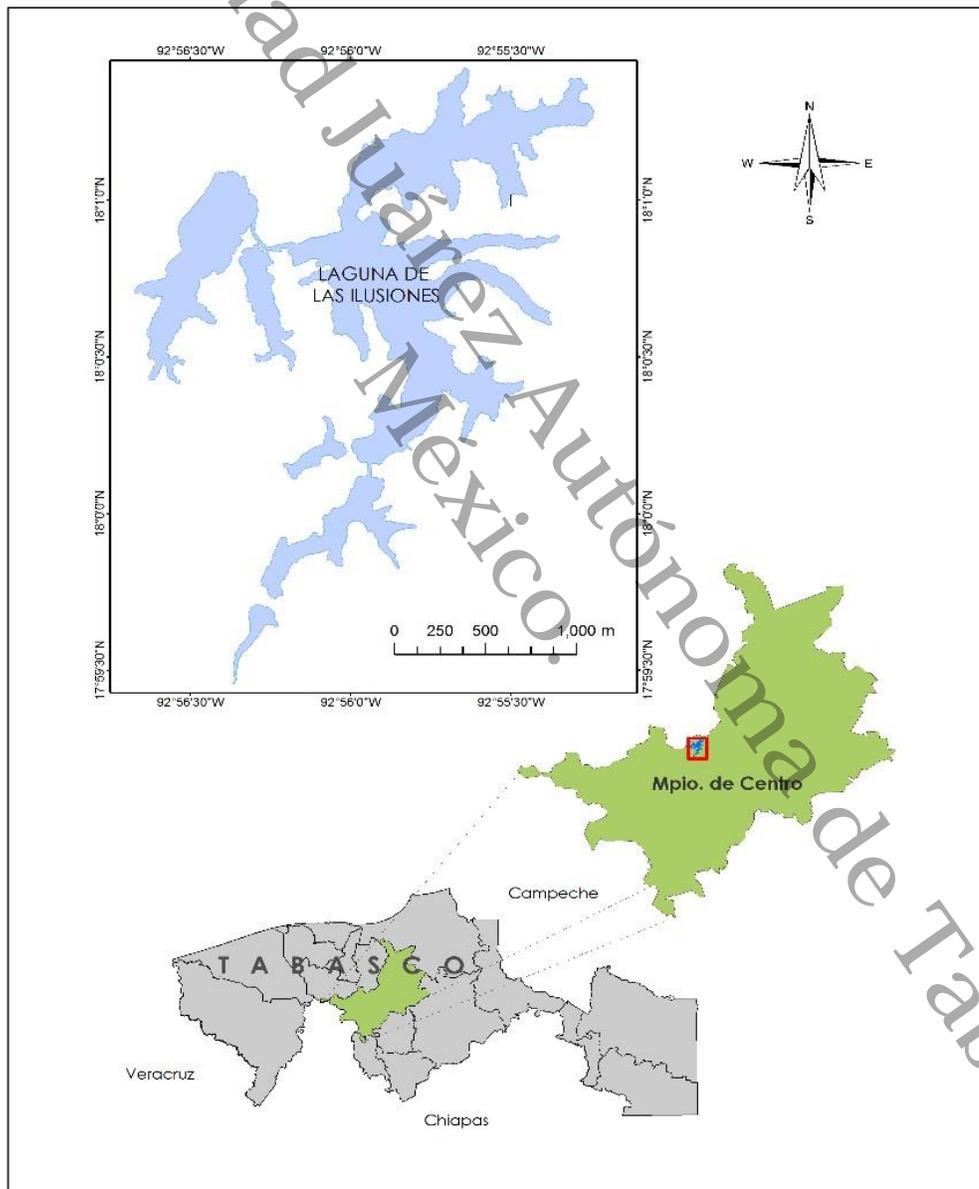


Figura 1. Localización del área de estudio

RESULTADOS

Zonificación de relieves: En la RELI se distinguen dos paisajes geomorfológicos, el primero de Terraza costera localizada en la zona noreste, este, sur y oeste. El tipo de roca son areniscas y lutitas del Terciario Mioceno al Cuaternario Pleistoceno (TmQptAr-Lu), con pendiente suave a inclinada y drenaje superficial de inundaciones intermitentes. El segundo es la Planicie fluvial activa se encuentra al noroeste con menor superficie, sobre sedimentos Aluviales del Cuaternario Holoceno (Qhal), de posición baja y con inundación casi todo el año. Los relieves se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Paisajes geomorfológicos y relieves en torno a la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones (RELI).

Paisaje geomorfológico	Relieves	Altura relativa	Pendiente (%)	Proceso *	Roca ⁺	Superficie (ha)
Planicie lacustre de contacto	Planicie de inundación lagunar	<0.5	<1	A	Al, la	33.5
	Laguna	0		A	la	189.6
Terraza costera	Lomerío suave	1	0-6	I, E, A	Ar, Lu	0.28
	Lomerío inclinado	2	6-25	E, I	Ar, Lu	0.48
	Lomerío urbanizado	3	1-25	E, I, A	Ar, Lu, e	0.45

*Procesos geomorfológicos: A Acumulación, I, Intemperización, E Erosión;

⁺Roca o material no consolidado: Ar Areniscas, Lu Lutita, Al Aluvial, la Lagunar, e Escombro

Este estudio se concentró en el paisaje de terraza costera dentro de los relieves de lomerío suave, lomerío inclinado y lomerío urbanizado.

Distribución espacial: En total fueron censados 749 individuos en los tres relieves en 1.21 ha. Encontrándose 165 individuos en lomerío suave, 280 en lomerío inclinado y 304 en lomerío urbanizado. La distribución espacial de las especies en el lomerío suave (Ls) fue de tipo uniforme para la especie *Andira galeottiana*, para *Inga vera* y *Pachira aquatica* su distribución fue agregada. En el lomerío inclinado (Li) y urbanizado (Lu) *A. galeottiana*, *I. vera* y *P. aquatica* mostraron distribución agregada (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución espacial de tres especies en la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones.

Relieves	Especie	Índice de Morisita	Índice de razón varianza-media
Lomerío suave	<i>Andira galeottiana</i> Standley	0.77	0.82
	<i>Inga vera</i> Willd.	1.94	4.37
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	5.45	8.08
Lomerío inclinado	<i>Andira galeottiana</i> Standley	1.52	1.73
	<i>Inga vera</i> Willd.	1.67	2.70
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	3.55	5.95
Lomerío urbanizado	<i>Andira galeottiana</i> Standley	4.49	3.55
	<i>Inga vera</i> Willd.	2.38	4.47
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	2.10	1.97

En el Lu se concentró la mayor cantidad de individuos, este lomerío se caracteriza por tener materiales de relleno derivados de la construcción de viviendas, *I. vera* presento la mayor abundancia con 187 individuos (Fig. 2).

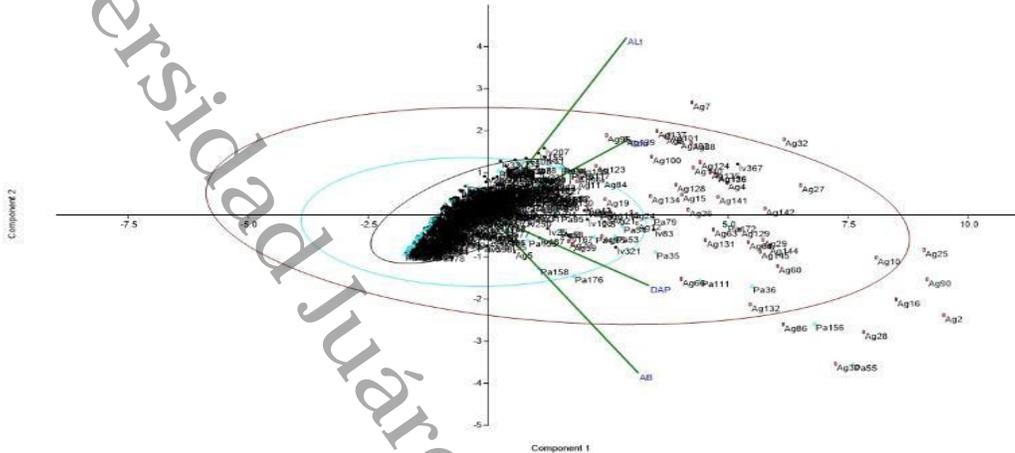


Figura 2. Análisis de componentes principales de la distribución de las especies en la RELI.

Ag = *Andira galeottiana*, *Ig* = *Inga vera* y *Pa* = *Pachira aquatica*.

La distribución espacial de *I. vera* fue constante en los tres lomeríos de la RELI, seguida de *P. aquatica* en zonas de Ls con pendientes de 0 a 6%, en las partes bajas del Li y algunos sitios de Lu, además esta especie se concentra en las zonas de penínsulas caracterizados por ser entradas donde el movimiento de agua es lento, *P. aquatica* se encontró en contacto directo con la laguna y *A. galeottiana* se observa con una menor abundancia alrededor del cuerpo de agua. Ninguna de las especies fue observada en la llanura de inundación lagunar (Fig.3).

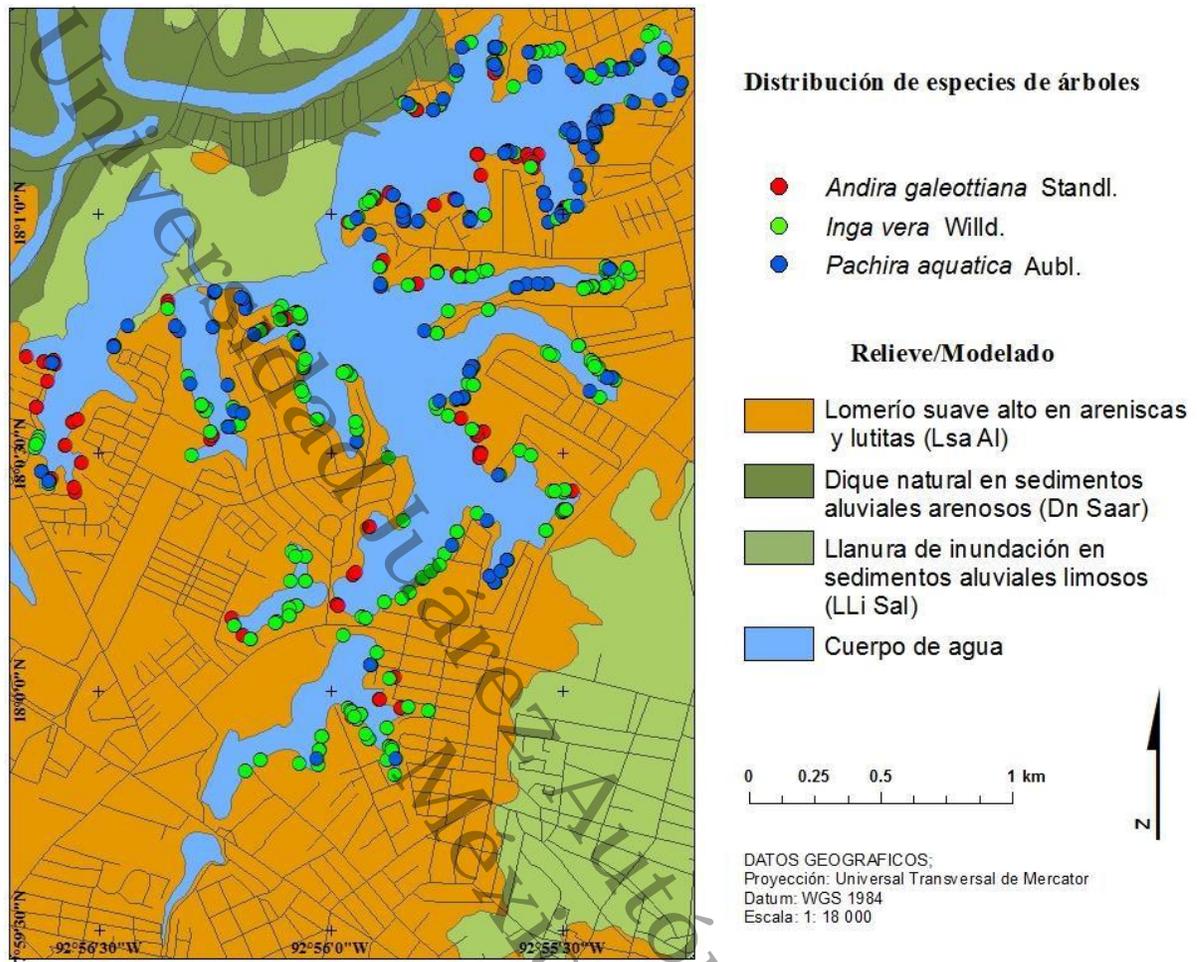


Figura 3. Distribución de las tres especies en la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones.

Estructura vertical: En los tres relieves *A. galeottiana* mostró una altura mayor entre los 15 a 20 m, *I. vera* de 12 a 13 m y *P. aquatica* se encontró de 12 a 15 m. La estratificación vertical se representó en ocho estratos (Fig. 4). En Ls *A. galeottiana* midió en promedio 11.1 ± 8.6 , *I. vera* 7.0 ± 6.0 y *P. aquatica* 8.6 ± 7.0 , las alturas totales obtenidas en el Li fueron de *A. galeottiana* con 8.3 ± 6.5 , para *I. vera* 7.2 ± 6.3 y *P. aquatica* 6.5 ± 5.2 . En el Lu las alturas en promedio fueron de 9.9 ± 8.1 en *A. galeottiana*, *I. vera* 7.2 ± 6.3 y *P. aquatica* 6.0 ± 4.9 (Fig. 4).

Estructura diamétrica: El Ls fue el relieve de diámetros mayores con promedios de 62.3 ± 34.1 en *A. galeottiana*. La mayor abundancia de individuos se concentró en la primera categoría diamétrica en los Ls, Li y Lu. La especie *A. galeottiana* y *P. aquatica* observaron diámetros mayores a los 100 cm en Ls y Li con muy pocos individuos (Fig. 5). Las categorías diamétricas no llegaron a los 100 cm en el lomerío urbanizado en ninguna especie. La especie *I. vera* solo presentó diámetros máximos de 70 cm. En los tres lomeríos *A. galeottiana* presentó un patrón tipo I y *I. vera* y *P. aquatica* un patrón tipo III (Fig. 5).

Índices estructurales: En cuanto al índice estructural de valor de importancia, los mayores valores se presentaron en los relieves de lomerío suave y lomerío urbanizado para la especie *I. vera* y en el lomerío inclinado se observó que el mayor valor fue para la especie *A. galeottiana* siendo la *P. aquatica* la de menor valor en los tres relieves. Los mayores valores registrados en el IVF fueron para la especie *I. vera* (Tabla 3).

Tabla 3. Especies de árboles con índice de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF) en relieves de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco.

Relieves	Especies	IVI	IVF
Lomerío suave	<i>Andira galeottiana</i> Standley	107.70	99.63
	<i>Inga vera</i> Willd.	127.29	129.06
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	65.02	71.31
Lomerío inclinado	<i>Andira galeottiana</i> Standley	113.06	113.99
	<i>Inga vera</i> Willd.	98.89	115.47
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	88.06	70.54
Lomerío urbanizado	<i>Andira galeottiana</i> Standley	87.59	106.30
	<i>Inga vera</i> Willd.	143.31	148.30
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	69.10	45.40

Relación entre las variables de altura, diámetro, abundancia y relieve: El análisis de comparación de medias indica diferencias significativas ($P < 0.05$) de *A. galeottiana* en el relieve de Li respecto a los relieves de Ls y Lu en las variables de altura y diámetro. *I. vera* no mostro diferencias significativas de las diferentes variables entre relieves. La especie *P. aquatica* observo diferencias significativas en el relieve de Ls en la variable de altura respecto a los otros lomeríos y la variable de abundancia fue menor en lomerío urbanizado (Fig. 6).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

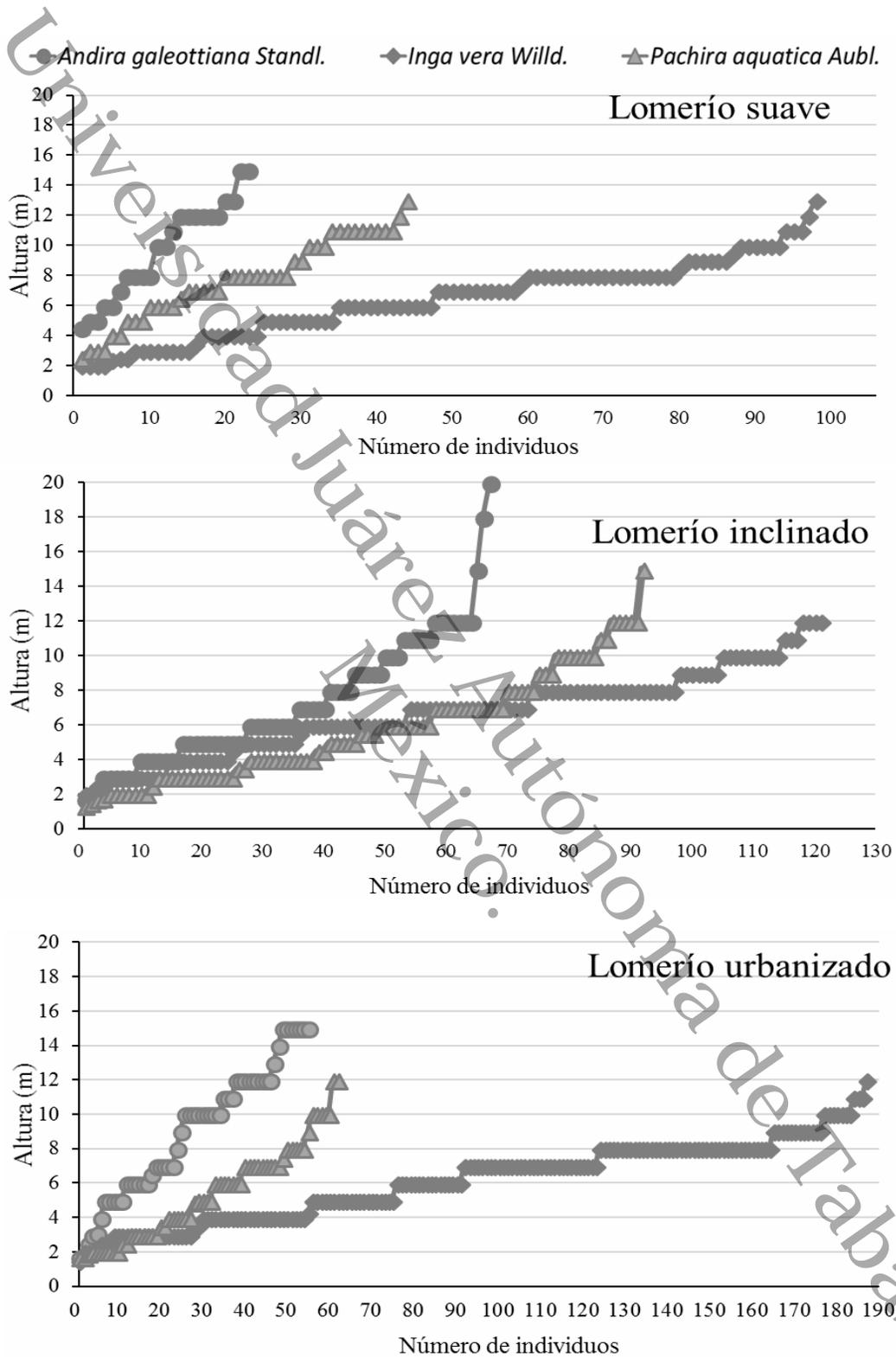


Figura 4. Estructura vertical de *A. galeottiana*, *I. vera* y *P. aquatica* en relieves de la RELI.

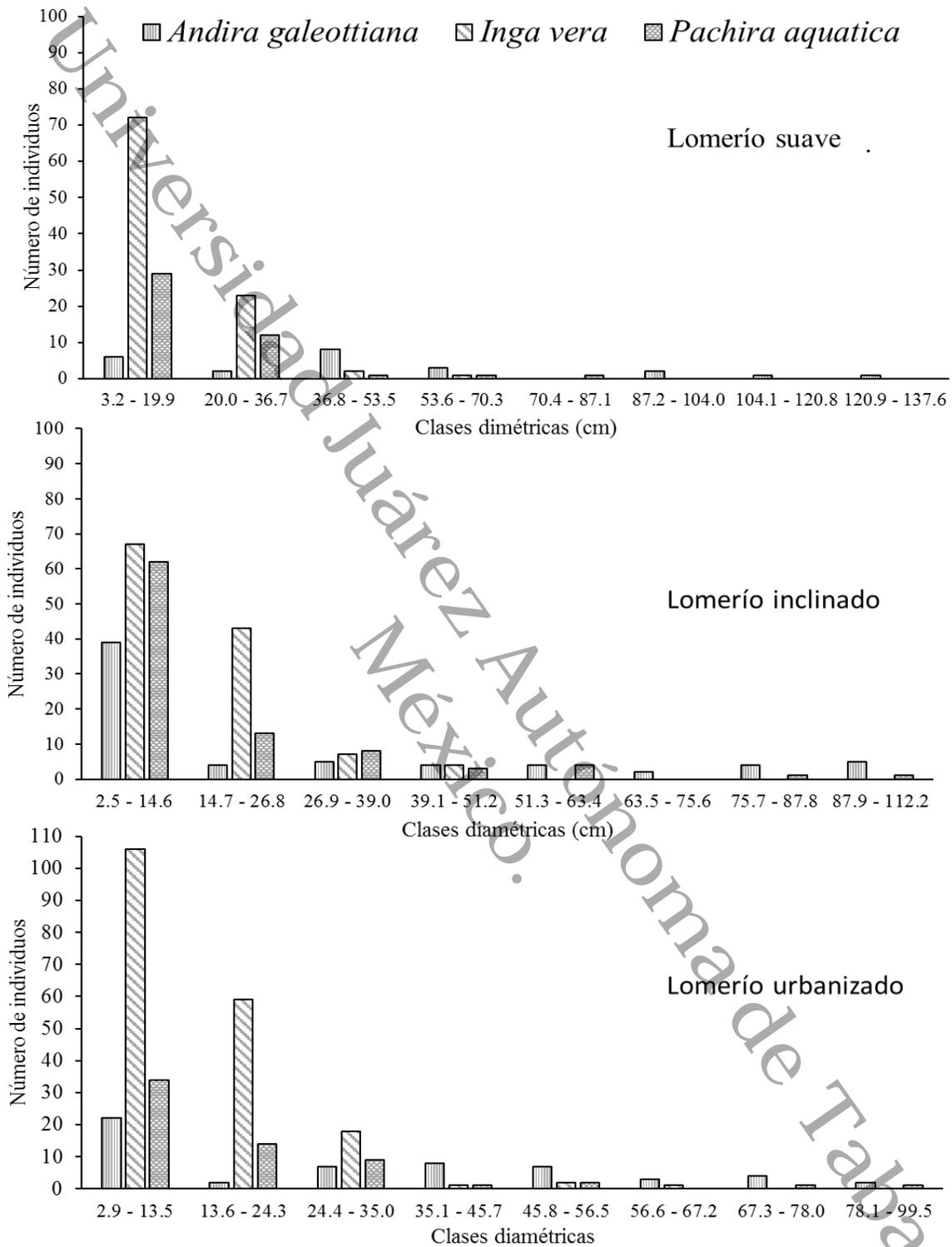


Figura 5. Estructura diamétrica de *A. galeottiana*, *I. vera* y *P. aquatica* en relieves de la RELI.

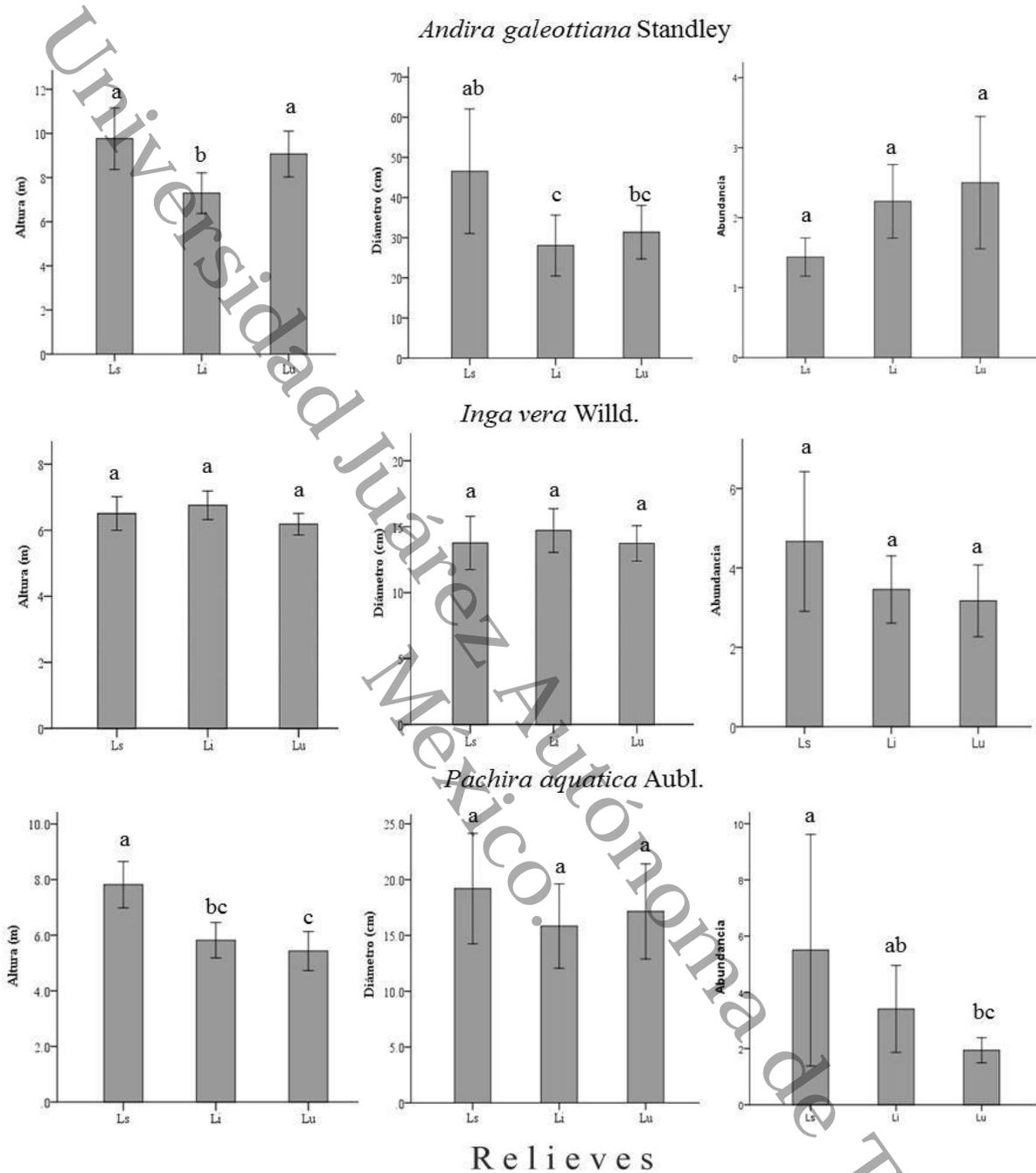


Figura 6. Comparación de medias de altura, diámetro y abundancia de tres especies de árboles en diferentes relieves de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$). Relieves: Ls= Lomerío suave, Li= Lomerío inclinado, Lu= Lomerío urbanizado.

DISCUSIÓN

Zonificación de relieves

La RELI es una laguna continental a la que West, Norberto y Bruce (1987) llaman lagunas de contacto por encontrarse entre dos paisajes geomorfológicos esto concuerda con lo reportado por Ortiz *et al.* (2005). Zavala *et al.* (2016) reportan la existencia de terrazas aisladas en Tabasco, la terraza de Villahermosa posee superficies extensas de lomeríos con pendiente suave donde prevalecen suelos como los Alisoles, Acrisoles y Lixisoles.

Distribución espacial

La distribución de las tres especies en la RELI comparada con otras lagunas de contacto en el municipio Centro como la de Dos montes, Yumká, Luis Gil Pérez y también en Catazajá, Chiapas se encuentran asociadas con las especies *A. galeottiana*, *I. vera* y *P. aquatica* en ambientes similares (Gutiérrez, 2004; Zavala *et al.*, 2009; Castillo *et al.*, 2015). La abundancia en orillas de lomeríos de la RELI se puede deber a la relación que presenta con el nivel del agua a lo largo de todo el año, el cual fluctúa de 10 a 15 cm, esto favorece a las plantas con humedad continua ya que estas especies requieren de abundante agua para la germinación de las sus semillas. La lámina de agua durante la época de lluvias llega a elevarse un metro lo cual suministra humedad y favorece la distribución de las especies. En casos extraordinarios de inundación, cuando se desborda la Laguna de las Ilusiones, las semillas se distribuyen hacia las zonas más altas, lo que explica que estas plantas se encuentren en zonas de hasta 2 m sobre el nivel de la laguna, como es el caso de *A. galeottiana*, esta especie posee cavidades aéreas en su fruto lo que le permite flotar en el agua (Pennington, 2003). La especie *I. vera* presentó distribución agregada alrededor de la laguna, con mayor abundancia en el relieve de lomerío urbanizado. Esto se atribuye a que es una especie que florece y fructifica varias veces al año,

adaptada a las condiciones de inundación (Stein *et al.*, 2007; Bonjovani y Barbedo, 2014). La adaptación a estas características ambientales, es similar a lo encontrado por Soto *et al.*, 2013 quienes reportan que especies del género *Inga* se distribuyen en vegetación secundaria de bosques ribereños con un mayor número de individuos en áreas intervenidas o urbanizadas, debido a que se considera de rápido crecimiento, fácil establecimiento y tolerancia a diferentes suelos.

La distribución espacial de *P. aquatica* fue agregada, esta especie es nativa de América tropical característica de vegetación de humedales en México (Infante *et al.*, 2012; Hernández-Montero y Sosa, 2016), esto sugiere que hay una selección de hábitat ya que en la RELI se ubican en las zonas bajas de los lomeríos en contacto directo con la laguna. Smith y Smith (2007) mencionan que la distribución agregada, se presenta cuando los individuos tienden a ser atraídos hacia determinadas partes del ambiente porque tienen más probabilidades de sobrevivir. Pennington y Sarukhán, (2005) reportan que esta especie crece sobre suelos arenosos, similares a las zonas bajas del lomerío. Cuando los sitios no tienen humedad adecuada, la especie tiene porcentajes bajos de germinación ya que es sensible a la desecación (Infante-Mata y Moreno-Casasola, 2005). Sin embargo, en la RELI durante la época de estiaje la lámina solo disminuye unos centímetros esto favorece la dispersión, establecimiento de las semillas y a su germinación.

Estructura vertical

En la RELI *A. galeottiana* alcanza alturas de hasta 20 m, comparada con otras zonas de vegetación riparia y selva mediana perennifolia la especie mencionada está reportada con alturas de 8 a 6 m. Las especies *P. aquatica* e *I. vera* se encuentran en vegetación de selva baja inundable con alturas de 3 a 8 m similar a las alturas promedio encontradas en Li y Lu para

Tabasco (Pérez *et al.*, 2005). La mayor altura de *P. aquatica* en este estudio fue de 12 m a 15 m, Infante *et al.*, 2011 encontró el estrato arbóreo de esta especie de 15 a 25 m de altura.

Estructura diamétrica

Los resultados obtenidos de *P. aquatica* comparados con Infante *et al.*, (2011) reporta un diámetro de 63 cm de DN en un humedal de Veracruz para esta misma especie. Nuestros resultados muestran un menor número de individuos conforme aumentaba las categorías diamétricas al igual que Infante *et al.*, (2011). Los árboles de la RELI en su mayoría superaron los 50 cm, Fibich *et al.*, 2016 y Clark *et al.*, 2017 mencionan que el desarrollo de los árboles en diámetros mayores a 50 cm de DN induce un patrón agregado, además de ser propiciado por la heterogeneidad ambiental como la topografía y por disturbios en el ambiente, al mismo tiempo mencionan que cuando los árboles alcanzan 100 cm de DN se tiende a la competencia entre individuos, esto podría explicar porque *A. galeottiana* presentó una distribución uniforme en el Ls donde alcanzó diámetros mayores a 100 cm. En el Lu los árboles no alcanzaron 100 cm esto puede deberse a la perturbación de su ambiente ya que son talados, aun así, fue el sitio de mayor abundancia. Se observaron patrones de la estructura de la población tipo I, los cuales hacen referencia a una alta frecuencia en las primeras categorías mostrando una disminución gradual hacia los individuos de clases más grandes. Los tipos III observadas en *I. vera* y *P. aquatica* muestran la mayor concentración del número de individuos en la primera clase diamétrica y las demás están poco representadas mostrando una curva de J invertida (Bongers, Popma, Meave y Carabias, 1988).

Índices estructurales

La especie *I. vera* se encontró en una zona de cultivos en Veracruz con 21.8 de IVI y 21.6 de IVF comparada con la RELI esta especie obtuvo mayores valores estructurales (García *et al.*,

2015). Infante *et al.*, (2011); Infante *et al.*, (2012) encontraron a *P. aquatica* con IVI de 103.6 a 158.2 % lo cual es superior a lo encontrado en este estudio, puede deberse a que en la Laguna de las Ilusiones la abundancia de esta especie fue menor.

Relación entre las variables de altura, diámetro, abundancia y el relieve

Estas especies se encontraron sobre lomeríos. *I. vera* no presentó diferencias significativas respecto a los relieves y se encuentra en casi toda la orilla de la laguna puede deberse a que esta especie está adaptada a las condiciones de inundación, sin embargo, las semillas tienen poca tolerancia a la desecación por ser recalcitrante (Bonjovani y Barbedo, 2014), como ya se mencionó anteriormente esta laguna tiene agua constantemente durante todo el año, ya que es un sistema cerrado y recibe descargas de aguas residuales lo que da una ventaja a estas especies para crecer. Basnet, (1992) hace referencia a que la distribución de las especies se ve influenciada por factores físicos como la topografía, las tres especies se encuentran en las zonas bajas de los lomeríos en las que se presentan variaciones en el terreno caracterizados por contener suelos arcillo arenosos y con drenaje superficial de inundaciones intermitentes. Los suelos de las Terrazas costeras en Tabasco son suelos ácidos con pH de 5 (Zavala *et al.*, 2016), en la literatura se reporta que plantaciones de *I. vera* son consideradas como alternativa para combatir efectos de acidificación en suelos, porque son evidencia de la disminución de aluminio tóxico (Cairo *et al.*, 2004). Una adaptación de *I. vera* y *A. galeottiana* a este tipo de medio es que las plantas pertenecientes a la familia Fabáceas están asociadas con la bacteria *Rhizobia*, la cual forma nódulos con la que fijan nitrógeno al suelo (Moreira, 2012). El nitrógeno es esencial en el desarrollo de las plantas, pero es muy fácil lixiviado, convirtiéndose en una limitante (Maia y Scotti, 2010). En algunos estudios de tratamientos de inoculación de esta bacteria a *I. vera* resulta ser efectivo y recomendable en la recuperación de sitios degradados.

CONCLUSIÓN

La distribución espacial de las tres especies arbóreas *A. galeottiana*, *I. vera* y *P. aquatica* se presentó de forma agregada en lomerío inclinado y urbanizado y en el lomerío suaves *A. galeottiana* fue la única que observo una distribución uniforme. La estructura vertical y diamétrica se vio mejor representada por los individuos de *A. galeottiana*, al igual que la cobertura. La mayor abundancia fue representada por *I. vera* y ocupa una distribución a lo largo de la laguna en el lomerío urbanizado y fue la de mayor índice de importancia estructural. *I. vera* es una especie resiliente a los cambios urbanos dentro de la RELI, por lo que se propone como una especie de recuperación de áreas riparias que han sido deterioradas.

RECONOCIMIENTOS

Agradecimientos a los proyectos: Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Laguna de Las Ilusiones y Restauración de la vegetación de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones con especies nativas, al Departamento de Áreas Naturales Protegidas de la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección al Ambiente de Tabasco por el apoyo de campo para la realización de esta investigación. Al CONACYT por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de Maestría y a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

REFERENCIAS

Badii M.H., Guillen A., Cerna E. y Landeros J. (2011) Dispersión espacial: El prerrequisito esencial para el muestreo. *International Journal of Good Conscience*, 6: 40-71.

- Barreto-Silva, J. S., Cárdenas, L. D., Duque M. A. J. (2014). Patrones de distribución de especies arbóreas de dosel y sotobosque a escala local en bosques de tierra firme, Amazonia colombiana, *Revista Biología Tropical*, 62(1), 373–383.
- Basnet, K. (1992). Effect of Topography on the pattern of trees in Tabonuco (*Dacryodes excelsa*) dominated Rain Forest of Puerto Rico. *BIOTROPICA*, 24(1): 31-42.
- Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1999). Ecología (Individuos, poblaciones y comunidades). Ediciones Omega S. A., Barcelona, 1148 pág.
- Bonjovani, M. R., y Barbedo, C. J. (2014). Induction of tolerance to desiccation and to subzero temperatures in embryos of recalcitrant seeds of *Inga* 1 Indução de tolerância à dessecação e à temperatura subzero em embriões de sementes recalcitrantes de *Inga*. *Journal of seed science*, 36 (4) 419–426.
- Bongers, F., Popma, J., Meave del castillo y Carabias J. (1988). Structure and Floristic Composition of the Lowland Rain Forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetation*, 74: 55-80.
- Cairo, P. I., Machado, J., Reyes A. y Manes, A. B. (2004). El guamo (*Inga vera* Willd) como control de la acidificación de los suelos en sistemas agroforestales bajo café. *Centro Agrícola*, 31(1–2), 118–121.
- Castillo-Acosta, O., J. Zavala-Cruz, J. I. Valdez-Hernández, Zequeira L. C., Shirma T. E. D., Alamilla, L. M. A., Moreno, J.V., Arias, M. C., Contreras, R. I., y Palomeque I. (2015). Restauración de la vegetación de la reserva ecológica Laguna de las Ilusiones con especies nativas. Informe técnico. UJAT-SERNAPAM. 100 p.
- Clark, A. T., Detto, M., Muller-Landau, H. C., Schnitzer, S. A., Wright, S. J., Condit, R., y Hubbell, S. P. (2017). Functional traits of tropical trees and lianas explain spatial

- structure across multiple scales. *Journal of Ecology*. 1–12.
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12804>
- CONABIO. (1998). Subcuencas hidrológicas. Boletín hidrológico (1970). Subcuencas hidrológicas en mapas de regiones hidrológicas. Escala más común 1:1000000. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura de Irrigación y Control de Ríos, Dirección de Hidrología. México. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Corella J. F., Valdez H. J. I., Cetina A.V.M., González C.F.V., Trinidad S.A., Aguirre R.J.R. (2001) Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México*, 26(90): 73-102.
- Cortés-Castelán J.C. e Islebe G. A. (2005). Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México. *Rev. Biol. Trop.* 53(1-2): 115-133.
- Curtis, J.T. y McIntosh R.P. (1951) An upland forest continuum in the parire-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Dawkins HC (1958). The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda. Institute Paper No 34. Imperial Forestry Institute, Oxford. 155.
- Diaz, P. W. A., Rueda, J., Acosta, O., Martínez, O. y Castellanos, H. (2010). Composición florística del bosque ribereño del río San José, Reserva Forestal de Imataca, estado Bolívar, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 33(1), 1-21.
- Escobedo, F. J. y Nowak, D. J. (2009). Spatial Heterogeneity and Air pollution Removal by an Urban Forest. *Landscape and Urban Planning*. 90: 102-110.
- Fibich, P., Lepš, J., Novotný, V., Klimeš, P., Těšitel, J., Molem, K., Damas K. y Weiblen, G. D. (2016). Spatial patterns of tree species distribution in New Guinea primary and

- secondary lowland rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 27(2), 328–339.
<http://doi.org/10.1111/jvs.12363>
- Gamarra, O., Montoya H., Eneque A. Chuquilín E. y Ñique M. (2012). Composición Florística Descripción Fisonómico-Estructural y Distribución Geográfica de Micrófitas del Humedal Laguna Los Milagros, Huánuco, Perú. *Rev. Investigación y Amazonía*, 2 (1-2): 12-19.
- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kôpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) Offset Larios, México, DF. 165 pp.
- García-Mayoral, L., Valdez-Hernández, J.I., Luna-Cavazos, M. y López Morgado, R. (2015). Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques*, 21(3), 69–82.
- Gentry, A. H. (1988): Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75, pp. 1-34.
- Gras, M. J., Raventós, J. Bonet, A. y Ramírez, D. A. (2002). Análisis Pluriescalar de los Patrones de Distribución Espacial del Endemismo Alicantino *Vella lucentina*, Mb Crespo (Brassicaceae) e Implicaciones Sobre su Conservación. *Geographicalia*, (42): 93–112.
- Gutiérrez, B. C. (2004). Listado florístico del norte de Chiapas: Catazajá y límites con Palenque. *Polibotánica*, (17), 107–124.
- Hai, N. H., Wiegand, K., y Getzin, S. (2014). Spatial Distributions of Tropical Tree Species in Northern Vietnam Under Environmentally Variable Site Conditions. *Journal of Forestry Research*, 25 (2), 257–268.

- He, F., Legendre, P., y LaFrankie, J. V. (1997). Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 8(1), 105–114.
<http://doi.org/10.2307/3237248>
- Hernández M. E. (2010). Suelos de Humedales como Sumideros de Carbono y Fuentes de Metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139–147.
- Hernández-Montero, J. R., y Sosa, V. J. (2016). Reproductive biology of *Pachira aquatica* Aubl. (Malvaceae: Bombacoideae): A tropical tree pollinated by bats, Spingid moths and honey bees. *Plant Species Biology*, 31(2), 125–134. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12096>
- INEGI (2008). Ortofotomapas a color 1: 10 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (2009). Modelo Digital de Elevación (MDE) 1: 10 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Infante Mata, D. y Moreno-Casasola, P. (2005). Effect of in situ storage, light, and moisture on the germination of two wetland tropical trees. *Aquatic Botany*, 83(3), 206–218.
<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.06.009>
- Infante Mata, D., Moreno-Casasola, P., Madero-Vega, C., Castillo-Campos, G. y Warner, B. G. (2011). Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecology and Management*, 262(8), 1514–1531. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.053>
- Infante Mata, D., Moreno-Casasola, P., y Madero-Vega, C. (2012). Litterfall of tropical forested wetlands of Veracruz in the coastal floodplains of the Gulf of Mexico. *Aquatic Botany*, 98(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.11.006>

- Infante-Mata, D., Moreno-Casasola, P. y Madero-Vega, C. (2014). ¿Pachira aquatica, un indicador del límite del manglar? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 143–160.
<https://doi.org/10.7550/rmb.32656>
- López-Luna, M.A., Hidalgo-Mihart, M. G. y Aguirre-León G. (2011). Descripción de los Nidos del Cocodrilo de Pantano *Crocodylus moreletii* en un Paisaje Urbanizado en el Sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 27(1): 1–16.
- Magaña, A. M. A. (1990). Vegetación en La Laguna de Las Ilusiones. (H. T. Calderon & C. Quet Damian, Eds.) (Segunda Ed). Villahermosa, Tabasco, México.
- Maia, J. y Scotti, M. R. (2010). Growth *Inga vera* Willd. Subsp. Affinis Under Rizobia Inoculation. *Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 10 (2), 139–149.
- Mendoza-Cruz, E., Sánchez-Gutiérrez, F. y Valdez-Hernández. J. I. (2017). Actividad de la Guacamaya Escarlata *Ara macao* Cyanoptera (Psittaciformes: Psittacidae) y Características Estructurales de su Hábitat en Marqués de Comillas, Chiapas. *Acta Zoológica Mexicana*, 33(2), 169–180.
- Milton, J. S. (2007). Estadística para la Biología y Ciencias de las Salud. Madrid, España, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U. Tercera Edición. 321pp.
- Moreira, F. M.S. (2012). Bacterias formadoras de nodulos en Leguminosas, Cap. 6: 177-2016. En: Moreira, F.M.S., Huising E. J. y Bignell, D.E. (eds.) Manual de biología de suelos de Tropicales. Instituto Nacional de Ecología, México, 337 pp.
- Morisita, M. (1959) Measuring the dispersion and the analysis of distribution patterns. Memoires of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E. Biology 2: 215-235.

NORMA OFICIAL MEXICANA-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio lista de especies en riesgo.

Ortega-Baranda V., Valdez-Hernández J. I., García-Moya E. y Rodríguez-Trejo D. A. (2017).

Structure and diversity of tree vegetation in three reliefs on the Oaxaca coast. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(2), 173–184.

doi:<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2016.02.009>

Ortiz-Pérez, M. A., C. Siebe y S. Cram. (2005). Diferenciación Ecogeográfica de Tabasco,

Cap.14: 305-322. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (eds.) Biodiversidad del

Estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México, 2005. ISBN

970-9000-26-8. 386 pp.

Pablo-Rodríguez, N. y Olivera-Gómez, L. D. (2012). Situación De Una Población Aislada De

Manatíes *Trichechus manatus* Laguna Urbana, en Tabasco, México. *Universidad y*

Cienci,28(1), 15–26.

Pennington, R. T. (2003). Monograph of *Andira* (Leguminosae-Papilionoideae). *American*

Society of PLant Taxonomist, 64, 1–143.

Pennington, T.D., y Sarukhán, J. (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la

identificación de las principales especies. 3a. ed. Ediciones científicas universitarias.

UNAM. pp. 523.

Periódico oficial del estado de Tabasco. 1995.

Pérez, L. A., Sousa S. M., Hanan, A. M., Chiang, F. y Tenorio P. (2005). Vegetación

Terrestre. Cap. 4: 65-110. En: Bueno, J., Álvarez, F. y Santiago, S. (Eds.)

Biodiversidad del Estado de Tabasco, 386 p. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO.

México, 2005. ISBN 970-9000-26-8.

- Ramsar. (2013). Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Gland, Suiza.
- Richards, P.W. (1952). The tropical rain forest. Cambridge, University Press, 450 pp.
- Stein, V. C., Paiva, R., Soares, F. P., Nogueira, R. C., Silva, L. C. y Emrich, E. (2007). Germinação in vitro e ex vitro de *Inga vera* Willd. subsp. affinis (DC.) T.D. Penn. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6), 1702–1708.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano). (2004). Carta Minera E15-5 Frontera.
- Smith, T. M. y Smith, R. L. (2007). Ecología. 6ta edición, Editorial Person Educación S.A., Madrid, 776 pp.
- Soto, J., Pacheco, D., Ortega, O. y Zambrano, J. (2013). Distribución geográfica del género *Inga* Miller . Zulia , Venezuela Geographical distribution of the genus *Inga* Miller (Leguminosae : Mimosoideae) in the Zulia state, Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 30, 1–18.
- SPSS Inc. (2012). Manual del usuario del sistema básico de IBM SPSS Statistics 21, 464p.
- Vázquez, N. I., López, P. D., Montalvo, U. E. H., Méndez, S. C. A. y Castillo, A. O. (2010). Estructura y composición florística de vegetación inundable en la División Académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa, Tabasco. *Kuxulkab'*, 17(31), 21–30
- West, R. C.; Norberto, P. P., Bruce, T. (1987). Las tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México. Villahermosa, Tabasco: Gobierno del Estado de Tabasco, Instituto de Cultura de Tabasco. 407 pp.
- WCMC. (1998). *Andira galeottiana*. World Conservation Monitoring Centre, The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/details/34309/0>

- Zarco, E. V. M. Valdez H. J. L., Ángeles P. G. y Castillo A. O. (2010). Estructura y Diversidad de la Vegetación Arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Rev. Universidad y Ciencia*, 26(1): 1-17 pp.
- Zavala-Cruz J., O. Castillo A., A. I. Ortiz C., D. J. Palma-López, J. F. Juárez L., S. Salgado-García, J. A. Rincón-Ramírez, E. Moreno C., R. Ramos R. (2009). Capacidad de uso del suelo urbano en Tabasco, con base en el suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Posgraduados, Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 204 p + anexo cartográfico.
- Zavala-Cruz, J., Jiménez R. R., Palma-López, D.J., Bautista Z. F. y Gavi R. F. (2016). Paisajes Geomorfológicos: Base Para el Levantamiento de Suelos en Tabasco, México. *Rev. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(89):161-171.
- Zequeira, L. C., Castillo, A. O., Zavala, C. J., Páramo, D. S., Shirma, T. E.D., Moreno, J. V., Contreras, S. I. y Alamilla, L. M. A. (2015). Programa de Manejo y Conservación de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. Villahermosa, Tabasco. Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental y Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 177pp.
- Zinck J.A. (2012). Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y riesgos naturales. Faculty Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, the Netherlands. 123 p.

CONSIDERACIONES FINALES

Se puede concluir que los estudios de distribución espacial son importantes porque nos permiten visualizar la manera en que se comportan las especies de un humedal. La especie *A. galeottiana* requiere una atención especial, pues se encuentra como vulnerable de acuerdo a normas internacionales (IUCN).

Se propone a estas especies para la recuperación de zonas adyacentes a lagunas de agua dulce que tengan un ambiente similar al de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. Particularmente *I. vera* es una especie que se adapta a condiciones de perturbación. *P. aquatica* se encuentra adapta a diferentes ambientes.

Este estudio puede considerarse para proponer nuevas áreas de protección, así como seguir con la realización de nuevos estudios para el entendimiento del humedal.

LITERATURA CITADA

- Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1999). *Ecología (Individuos, poblaciones y comunidades)*. Ediciones Omega S. A., Barcelona, 1148 pág.
- Barreto-Silva, J. S., Cárdenas, L. D., Duque M. A. J. (2014). Patrones de distribución de especies arbóreas de dosel y sotobosque a escala local en bosques de tierra firme, Amazonía colombiana, *Revista Biología Tropical*, 62(1), 373–383.
- Clark, A. T., Detto, M., Muller-Landau, H. C., Schnitzer, S. A., Wright, S. J., Condit, R., y Hubbell, S. P. (2017). Functional traits of tropical trees and lianas explain spatial structure across multiple scales. *Journal of Ecology*. 1–12.
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12804>
- Cortés-Castelán J.C. e Islebe G. A. (2005). Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México. *Rev. Biol. Trop.* 53(1-2): 115-133.
- Gras, M. J., Raventós, J. Bonet, A. y Ramírez, D. A. (2002). Análisis Pluriescalar de los Patrones de Distribución Espacial del Endemismo Alicantino *Vella lucentina*, Mb Crespo (Brassicaceae) e Implicaciones Sobre su Conservación. *Geographicalia*, (42): 93–112.
- Hai, N. H., Wiegand, K., y Getzin, S. (2014). Spatial Distributions of Tropical Tree Species in Northern Vietnam Under Environmentally Variable Site Conditions. *Journal of Forestry Research*, 25 (2), 257–268.

He, F., Legendre, P., y LaFrankie, J. V. (1997). Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 8(1), 105–114.

<http://doi.org/10.2307/3237248>

Ortiz-Pérez, M. A., C. Siebe y S. Cram. (2005). Diferenciación Ecogeográfica de Tabasco, Cap.14: 305-322. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (eds.) Biodiversidad del Estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México, 2005. ISBN 970-9000-26-8. 386 pp.

Smith, T. M. y Smith, R. L. (2007). Ecología. 6ta edición, Editorial Person Educación S.A., Madrid, 776 pp.

Zequeira, L. C., Castillo, A. O., Zavala, C. J., Páramo, D. S., Shirma, T. E.D., Moreno, J. V., Contreras, S. I. y Alamilla, L. M. A. (2015). Programa de Manejo y Conservación de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. Villahermosa, Tabasco. Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental y Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 177 pp.

ANEXO

La tabla 4 es complemento de la Fig. 6 en este documento.

Tabla 4. Comparación de medias de diámetro, altura y abundancia de las especies de árboles en diferentes relieves de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco.

Espece	Relieves	Altura	Diámetro	Abundancia
<i>Andira galeottiana</i>	Ls	9.8a	46.6ab	1.4a
	Li	7.3b	28.1c	2.2a
	Lu	9.1a	31.4bc	2.5a
<i>Inga vera</i>	Ls	6.5a	13.8a	4.7a
	Li	6.7a	14.7a	3.5a
	Lu	6.2a	13.7a	3.2a
<i>Pachira aquatica</i>	Ls	7.8a	19.2a	5.5a
	Li	5.9bc	15.8a	3.4ab
	Lu	5.4c	17.2a	1.9bc

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$). Relieves: Ls= Lomerío suave, Li= Lomerío inclinado, Lu= Lomerío urbanizado.

ANEXO. FORMATOS DE CAMPO

Fecha _____

Sitio _____

Tamaño de Transecto: 50 X 2 m

N°	Especie	Número de transecto	X	Y	Diámetro (cm)	Altura (m)	Copa		Observaciones
							D1	D2	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

Figura 7. Formato de campo de tamaño de transecto de 2 x 50 m para individuos ≥ 2.5 cm de DN.

Fecha _____ Sitio _____

Tamaño de cuadro 1x 1m

N°	Especie	Número de transecto	Número de cuadro	Diámetro (cm)	Altura (cm)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						

Figura 8. Formato de campo cuadros de 1 x 1 m para plántulas.

ANEXO FOTOGRÁFICO

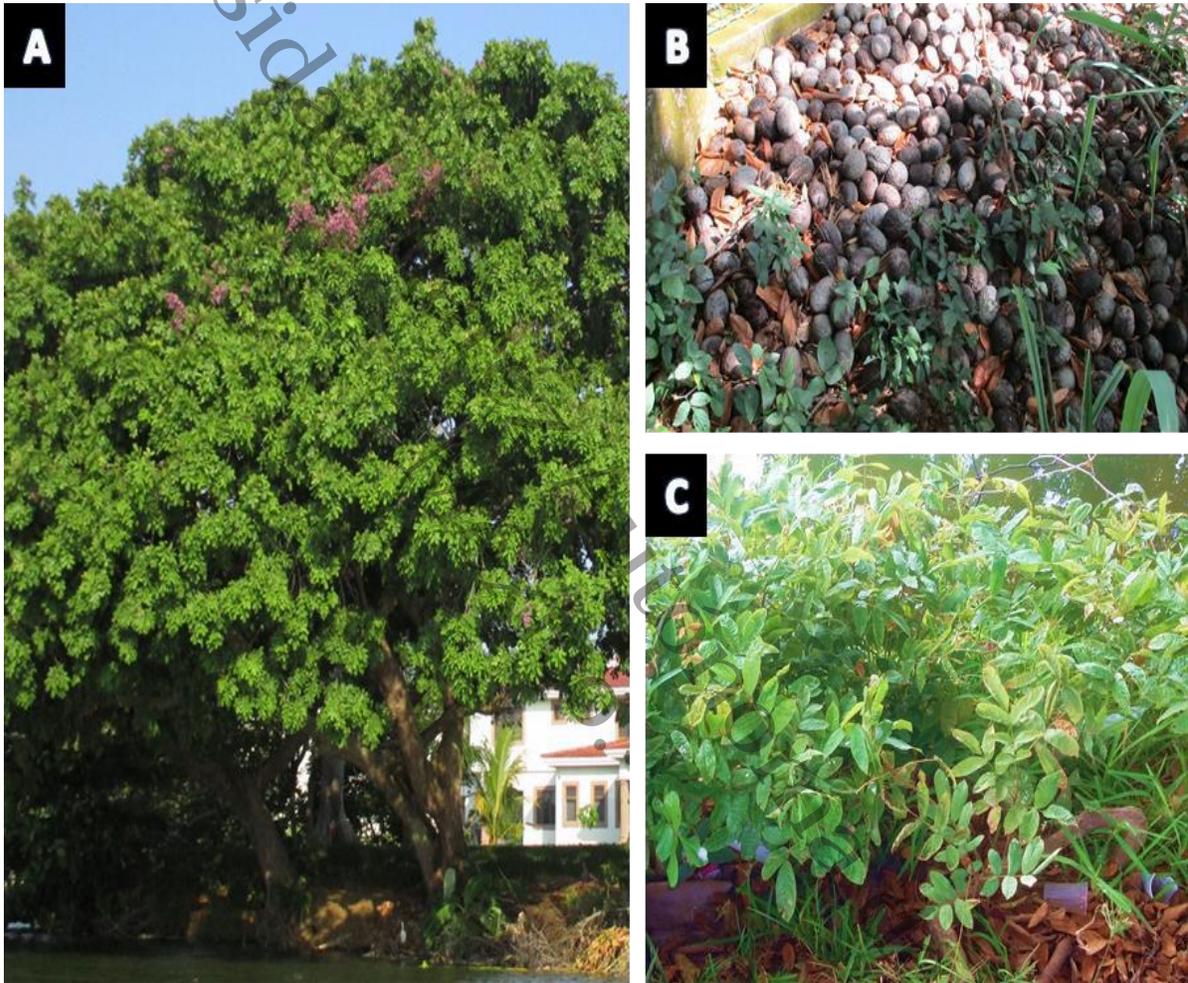


Figura 9. A. Árbol adulto de macayo (*Andira galeottiana*), B. Almacigo de fruto de *A. galeottiana* y C. Plántulas de macayo.

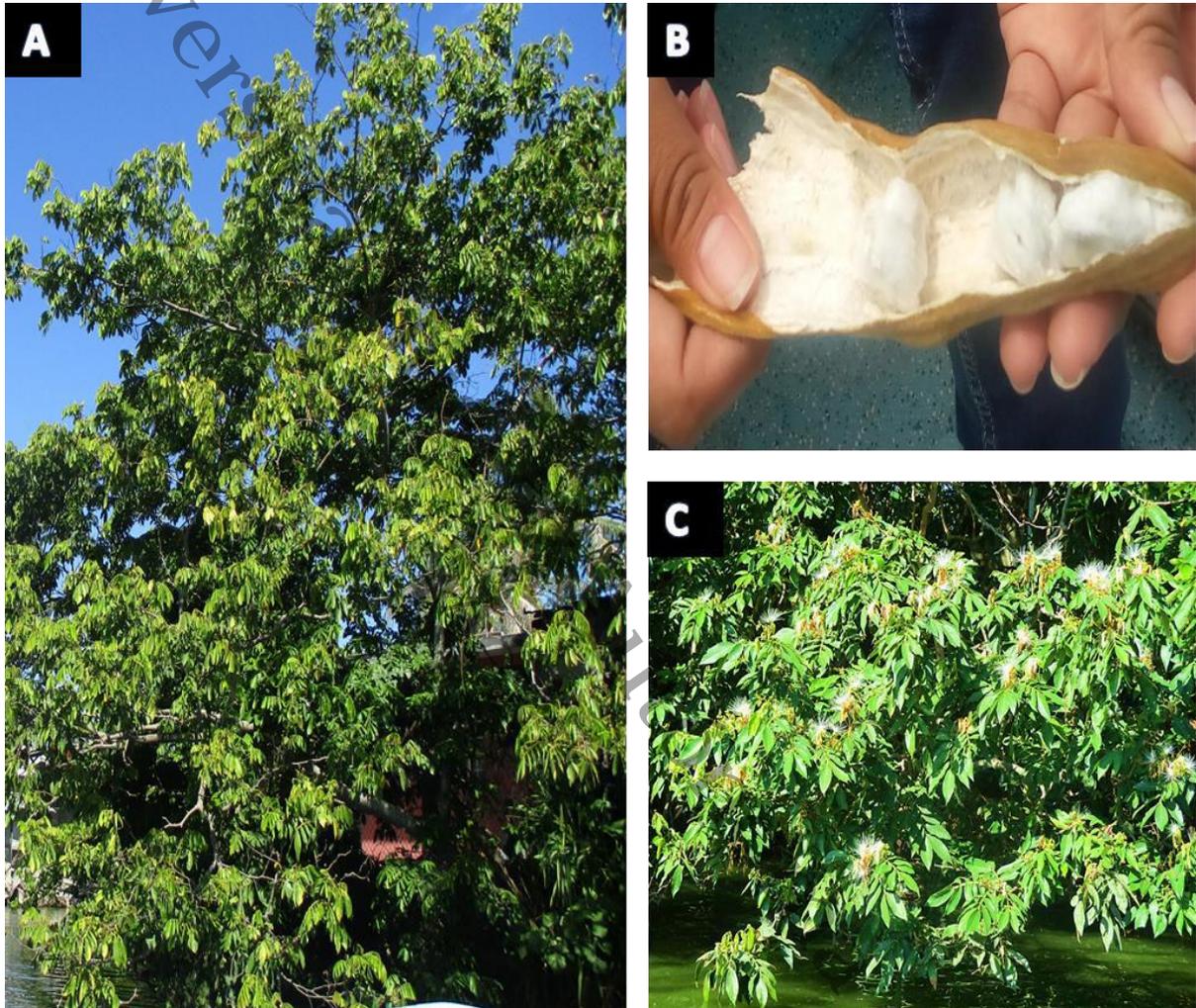


Figura 10. A. Árbol adulto de chelele (*Inga vera*), B. Fruto y semillas de *I. vera* y C. Copa de árbol de *I. vera* con inclinamiento al cuerpo de agua.

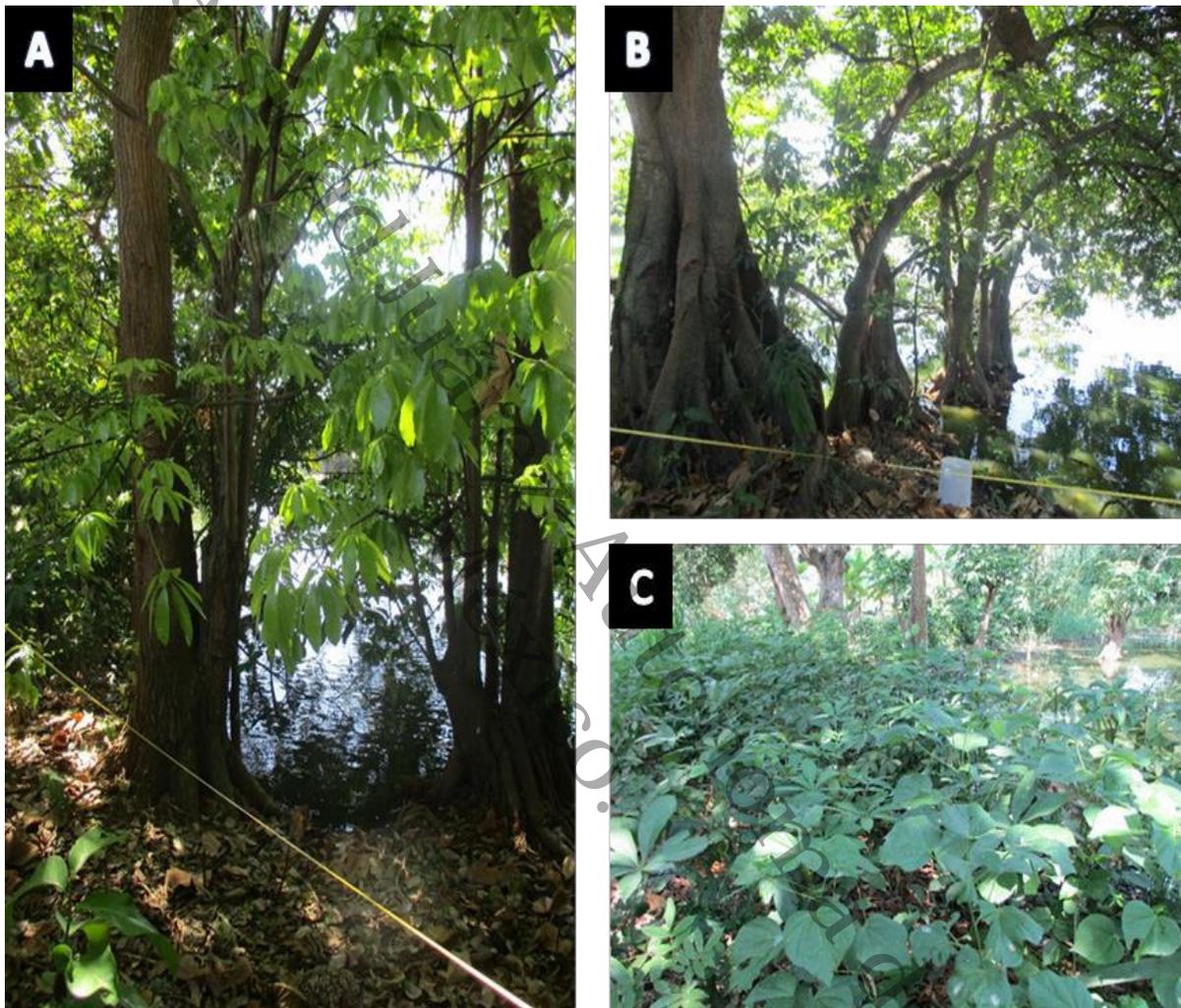


Figura 11. A. Árbol de zapote de agua (*Pachira aquatica*), B. Árboles de *P. aquatica* y C. Plántulas de *P. aquatica*.