



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ESPECIALIZACIÓN EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS

*Comparación estructural de dos
fragmentos de manglar del
humedal de Alvarado,
Veracruz, México.*

TRABAJO RECEPCIONAL
(REPORTE)

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
DIPLOMA DE ESTA ESPECIALIZACIÓN
PRESENTA:

Magda Estela Domínguez Machín

TUTOR:

M. en C. Jesús Hernández Suárez

ASESOR:

Biól. Alonso Irán Sánchez Hernández

XALAPA, VER., SEPTIEMBRE DE 2005

GENERACIÓN: 2004-2005

SEDE: Xalapa

TITULO:

Comparación estructural de dos fragmentos de manglar del humedal de Alvarado, Veracruz, México.

AUTOR:

Magda Estela Domínguez-Machín

TUTOR:

M. en C. Jesús Hernández Suárez

TIPO DE TRABAJO:

Reporte Monografía o TPE Desarrollo

RESUMEN:

Este estudio, compara estructuralmente la vegetación de dos fragmentos de manglar existentes en la Isla Pajarillos del humedal de Alvarado, Veracruz, para conocer si existe evidencia estadística significativa para afirmar que, en base a los atributos estructurales muestreados: altura, dap y área basal, dichos fragmentos son diferentes. También, se realiza una caracterización de ambos fragmentos tomando en cuenta los atributos estructurales y la composición florística. Esta comparación de los dos fragmentos de manglar, se realizó a través de una prueba aleatorizada, utilizando el estadístico de prueba T^2 de Hottelling. Obteniendo como resultado que los fragmentos analizados son estadísticamente diferentes.

METODOLOGÍA ESTADÍSTICA:

A) Diseño:

Muestreo
Experimento
Estudio observacional

B) Análisis

Exploratorio
Descriptivo básico
Inferencia básica
Métodos multivariados
Regresión
ANOVA y ANCOVA
Control de calidad
Métodos no paramétricos
Modelos especiales
Técnicas avanzadas
Series de tiempo

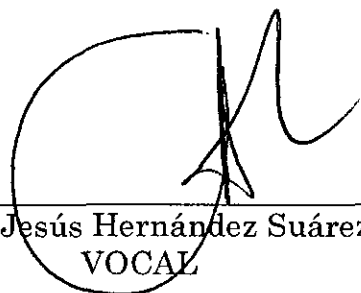
El Comité Académico de la Especialización en Métodos Estadísticos y los tutores de este trabajo recepcional, autorizan la impresión y la constitución del jurado para la defensa.

COMITÉ ACADÉMICO



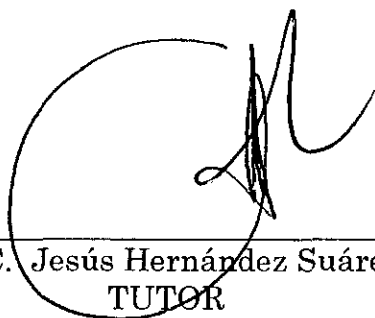
M.C.T. Julián Felipe Díaz Camacho
COORDINADOR DE LA
ESPECIALIZACIÓN

Dra. Alma Rosa García Gaona
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE
ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



M. C. Jesús Hernández Suárez
VOCAL

Dr. Mario Miguel Ojeda Ramírez
VOCAL



M. C. Jesús Hernández Suárez
TUTOR

DATOS DEL AUTOR

Magda Estela Domínguez Machín, nació en Xalapa, Veracruz, el primero de abril de 1980. Cursó sus estudios básicos, nivel medio superior y superior en esta ciudad de capital. En el 2003 egresó de la carrera de Biología del área Ecología Terrestre de la Universidad Veracruzana. Ha participado en proyectos de investigación enfocados en el comportamiento de ingesta del ganado vacuno dentro de ecosistema de manglar del humedal de Alvarado, Veracruz. Realizó su servicio social como colaboradora de investigaciones en el Instituto de Investigaciones Biológicas-UV, en el área de Biología de la Conservación. Actualmente labora en el campo de la Consultoría Ambiental y la docencia a nivel medio superior.

DEDICATORIAS

A DIOS por la oportunidad de vivir día a día y por todas las bendiciones que me ha dado.

A mis Angelitos por cuidarme y por nunca dejarme sola.

A mis padres quienes me han brindado un gran amor incondicional.

A mi Mitch quien ha sido y será mi pilar de mi ser. Además, quien me ha enseñado el significado del verdadero amor y del sacrificio.

A mi nave materna por sus sutiles pero efectivas palabras de aliento y apoyo. Por nuestro gran amor.

A mi abuelita NATY por ser fuente de inspiración y fortaleza ante las adversidades de este camino llamado vida.

A la Fam. Márquez-Machín por su cariño excepcional e incondicional apoyo desde mi nacimiento.

A la Fam. González-Poot que a pesar de la distancia siempre están en mi corazón.

A la Fam. Campos-Castro, en especial a mi tía Norma por que siempre se que contaré contigo.

A mi Rojo que a través del tiempo nuestra amistad no perezca, sino se fortalece.

A mi Flacuchis por su alegría, apoyo y compañía demostrados durante todos estos años de amistad. Besos Flacucha

A la Fam. Pacheco-Leyva por su cariño y amistad.

A Roxana, siempre te recordaré por tu amistad desinteresada y por siempre brindarme una cálida sonrisa.

A Chachis por su amistad, cariño, apoyo y más....

A mis viejas por su amistad incondicional. Que sería de mis días sin ustedes..

A mi Negro y a mi Gordo que siempre se que contaré con su cariño y amistad. Gracias por siempre darme animos y porras

En especial a todos aquellos que nunca dejaron de creer en mi.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES Dr. Jorge del Carmen Domínguez Gómez y MEI Magda Estela Machín Borges por su amor, paciencia, confianza y apoyo que siempre me han brindado, el cual me ha permitido finalizar otra etapa de mi vida profesional.

De igual manera a toda **MI FAMILIA** que nunca me abandona, en especial a mis tíos Myriam, Paco, Norma, Memo por su apoyo desinteresado en todo momento.

A los biólogos **Tomas Carmona Valdominos, Enrique Portilla-Ochoa y Jorge López-Portillo**, por las facilidades, asesoría, consejos y ayuda brindada para la realización del presente trabajo.

A mi tutor, **M. en C. Jesús Hernández Suárez**, por su gran ayuda y arduo trabajo. Gracias por los desvelos.

A mi asesor, en la parte biológica, **el Biól. Alonso Sánchez-Hernández**, por sus atinados comentarios, consejos y sugerencias. Sobre todo, por su gran ayuda en el trabajo de campo en los rincones de manglar. Desde los inicios de este trabajo con las mil y un ideas y preguntas, acompañadas de enfrentamientos, hasta en las chocoaventuras de las salidas a campo. Y que, sin importar las lluvias, los mosquitos, las inmersiones, el inolvidable olor del manglar y las arañas siempre me acompañó y cuidó de mí. Mil gracias por tu apoyo.

Al **Ph D. Sergio Francisco Juárez Cerrillos** por su apoyo y asesoramiento en los análisis definitivos.

A las familias de Pajarillos por su hospitalidad y confianza brindada durante mi estancia en Pajarillos. En especial, **Sr. Alejandro Palacios Carmona** (Tío Lino) por su gran ayuda en el trabajo de campo. Gracias por tu amistad.

A mis amigos Ivette, Amilcar, la Chinita, Rafa, Erick y las viejas (América, Cisla., Guadalupe y Xucati) por su amistad, paciencia, compañía, regaños y palabras de aliento que me ayudaron a terminar este trabajo.

A mis compañeros de la especialidad por sus acertados comentarios y su amena compañía.

Y a todos aquellos que me ayudaron en alguna etapa de la realización de este proyecto.

Gracias al destino y a la vida por permitirme conocer los alrededores del humedal de Alvarado...

*Esa tierra lejana de sal y agua,
que respira entre el mar y las montañas,
repleta de lagunas y mojarras,
donde me enamore de ti,
donde me enamore de aquellas tardes misteriosas
con sus cielos enardecido
y de aquellas raíces de mangle,
que dibujan un festín de paz.*

*Fue ahí,
donde conocí la verdadera la razón
y pasión hacia mi profesión.*

Magda Estela
Domínguez-Machín

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	1
1.1 Marco teórico	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Planteamiento del problema	9
1.4 Justificación	11
1.5 Hipótesis	12
1.6. Objetivos	12
1.6.1 Obejtivo general	12
1 6.2 Objetivos particulares	13
2. METODOLOGÍA	14
2.1 Aspectos generales	14
2.2 Descripción del área de estudio	14
2.2.1 Isla Pajarillos	16
2.3 Diseño estadístico	17
2.3.1 Descripción de variables	18
2.3.2 Método del cuarto punto central (PCQM)	18
2.3.3 Estimaciones de atributos	20
2.4 Análisis estadístico	22
2.4.1 Análisis preliminares	22
2.4.2 Análisis definitivos	22
3. RESULTADOS	23
3.1 Resultados de los análisis preliminares	23
3.1.1 Caracterización de los fragmentos	23
3.1.3 Estructura de la vegetación	25
3.1.3.1 Estructura general del fragmento -1	25
3.1.3.2 Estructura general del fragmento-2	32
3.2 Resultados de los análisis definitivos	39
4. CONCLUSIONES	40
4.1 Discusión general	40
4.2 Recomendaciones	43

REFERENCIAS	44
ANEXOS	48
Anexo 1. Ficha de registro	49
Anexo 2. Mapa del área de estudio	50
Anexo 3. Programa en S-Plus	51
Anexo 4. Instrucciones de corrida y salida	52
Anexo 5. Mapa de ubicación del sitio de	53

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Marco teórico

La palabra humedal puede ser considerada un término generalizado que se refiere a múltiples tipos de áreas donde se reúnen el agua y la tierra. En un sentido estricto, un humedal es un terreno sometido a una descarga difusa de agua subterránea, sin que se manifieste forzosamente un flujo copioso de agua líquida, aunque suele ser inundable y estar cubierto (Herzig, 1998).

Los humedales son los ecosistemas más productivos del mundo. Se caracterizan por su disposición constante o temporal de agua a lo largo de todo el año, esta situación favorece el desarrollo exitoso de una amplia diversidad de flora, fauna y microorganismos que interactúan en complejas relaciones para mantener un equilibrio ecológico de alta fragilidad (Castellanos, 2001).

El Convenio de Ramsar o Convención sobre los Humedales, firmado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad de Ramsar, Irán, define como *humedal* "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros". Además agrega que, los humedales cumplen funciones ecológicas fundamentales, como reguladores de los regímenes hidrológicos y como hábitat de una muy rica biodiversidad. De igual modo, constituyen un recurso de gran importancia económica, cultural, científica y recreativa que debe ser preservado (Sánchez-Hernández, 2001; <http://www.ramsar.org>).

De acuerdo a lo anterior, los humedales se clasifican en humedales interiores, costeros y marinos. Bajo esta idea, ejemplos de humedales interiores

se encuentran los lagos del Dique; sobre los humedales marinos, el sistema arrecifal veracruzano y entre los humedales costeros está el complejo lagunar de Alvarado, todos ellos ubicados en el estado de Veracruz (Sánchez-Hernández, 2001).

En este último se localiza el humedal de Alvarado, el cual fue catalogado en el 2004 como sitio RAMSAR (<http://www.ramsar.org>), por su importancia para la conservación. Este humedal, al igual que todos los ecosistemas costeros del Golfo de México, del resto del país y de América Latina, constituyen un papel central dentro del marco de desarrollo económico del país o región donde se encuentran. Por otro lado, son la fuente más importante de recursos pesqueros que, por las características fisicoquímicas de las lagunas, permiten una gran diversidad de especies que soportan diferentes gradientes de salinidad (Sánchez-Hernández y Portilla-Ochoa, 2003).

El humedal de Alvarado ubicado en la parte centro-sur del estado de Veracruz, se encuentra rodeado de un complejo hidrológico impresionante y es el segundo humedal de mayor extensión dentro del estado, después de los humedales de Tamiahua.. Están compuestos por diferentes formaciones vegetales sujetas a inundaciones estacionales o permanentes, tales como el manglar (Portilla-Ochoa *et al.*, 1998a).

El manglar del humedal de Alvarado es un tipo de ecosistema intertropical conformado generalmente por plantas leñosas localizadas en una zona de interfase con influencia de agua marina y descargas de aguas continentales, restringiéndose su distribución a las zonas costeras (Rzedowski, 1978; Portilla-Ochoa *et al.*, 1998). Constituyen uno de los principales elementos en la fisonomía del paisaje en el humedal de Alvarado, Veracruz. Está representado principalmente por las especies arbóreas de *Rhizophora mangle* (mangle rojo),

Avicennia germinans (mangle negro o madre de sal) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) (Silva-López y Portilla-Ochoa, 1993).

Biológicamente, este tipo de vegetación mantiene un papel central como hábitat para especies de fauna, como mamíferos reptiles, anfibios, crustáceos, moluscos, aves locales y migratorias. Para la ictiofauna, por ejemplo, el manglar funciona como hábitat de especies que pasan parcial o totalmente su ciclo de vida ligado a este tipo de vegetación (Sánchez-Hernández y Portilla-Ochoa, 2003).

Además ofrecen varios servicios para las comunidades humanas, en particular al mantenimiento de la productividad de las pesquerías, una de las importantes en Veracruz de la cual se benefician varias cooperativas de pescadores organizados de las cuales dependen unas 6 000 familias. También ofrece recursos forestales (mampostería, madera, leña, entre otros), principalmente de autoconsumo para los habitantes de la región (Portilla-Ochoa *et al.*, 1998a).

A pesar de tener un enorme valor científico, económico y cultural, los manglares están ecológicamente alterados (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1999). En el área, son saqueados para convertirlos en varetas y comercializar con ellas, también se explotan para obtener recursos madereros para la elaboración de diversas construcciones rurales y se utilizan como combustible en forma de madera y/o carbón vegetal (Sánchez-Hernández y Portilla-Ochoa, 2003). Los terrenos en donde el manglar ha sido desforestado son aprovechados para la ganadería (Oliva-Rivera, 1998).

1.2 Antecedentes

Los manglares son ecosistemas que se conocen desde el siglo III a.C., como lo atestiguan los escritos del filósofo griego Erastótenes, quien los describe como

árboles con raíces como zancos, formando arquerías que se elevan por encima del agua (Blasco, 1991).

Estos ecosistemas conforman la vegetación más imponente e interesante de los estuarinos y lagunas costeras de regiones tropicales y subtropicales del mundo (Menéndez-Liguori, 1976). Están compuestos por especies de árboles y arbustos (mangles) que son capaces de colonizar terrenos anegados y sujetos a intrusiones de agua salada. Ya que los mangles, poseen adaptaciones para la sobrevivencia y reproducción en ambientes acuáticos salobres de zonas cálidas (Bronzo *et al.*, 1998).

En el ámbito mundial, la región de los océanos Índico y Pacífico occidental es la que cuenta con el mayor número de especies. De un total de 56 especies registradas en el mundo, ésta cuenta con 44 (Bronzo *et al.*, 1998). En general, del total de especies a nivel mundial, 34 de ellos se consideran mangles estrictos o verdaderos (Tomlinson, 1986). La riqueza de especies de manglares se incrementa globalmente de este a oeste. Del total de estas especies, tan solo cuatro se encuentran distribuidas en México: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) (Miranda y Hernández 1963; Rzedowski 1994 citado en Rodríguez-Zúñiga, 2002).

En México, los manglares se distribuyen en el interior de lagunas costeras y sistemas deltáicos de las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico, con algunas lagunas costeras que poseen bocas efímeras que se abren durante la temporada de lluvias o por acción de los pescadores (López-Portillo *et al.*, 2002).

La UNESCO cuenta con 5 600 referencias de bibliografía sobre los manglares de todo el mundo y dentro de éstos, la mayor parte se refieren a las características fisiológicas de los manglares (Rodríguez-Zúñiga, 2002). Entre

algunos trabajos importantes realizados en manglares a nivel internacional, se pueden mencionar estudios de estructura en manglares, por ejemplo trabajos clásicos de ecología de manglares como Lugo y Snedaker (1974) (citado en Rodríguez-Zúñiga, 2002).

En México son diversos los estudios realizados en los manglares: uno de los primeros trabajos sobre los manglares mexicanos es el realizado por Tom (1967), quien hizo un estudio sobre la geomorfología y la ecología de los manglares de Tabasco (Rodríguez-Zúñiga, 2002).

Menéndez (1976), realiza un estudio florístico ecológico de los manglares en la región de los Tuxtla, Veracruz. En el cual, describe la estructura del manglar en las diferentes condiciones ambientales que caracterizan a la laguna de Sontecomapan. Además, expone generalidades y características de la vegetación de manglar.

Ortega-Sánchez y Granados-Sánchez (1991) presentan una revisión bibliográfica sobre los manglares del mundo y de México, resaltando su composición, clasificación fisonomía, estructura y dinámica. Además describen las adaptaciones de algunas especies de animales y vegetales establecidas en el manglar.

Sobre aspectos de conservación de los manglares de Latinoamérica encontramos los trabajos de Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez (1999), quienes aportan información sobre el deterioro e impacto ambiental de los ecosistemas de manglar, además de exponer sus propuestas de solución a dichas problemáticas. Lugo (2002), realiza una revisión literaria sobre la distribución, características sobresalientes de los manglares en el Caribe y América Latina, abordando temas sobre los usos y abusos de los manglares en Latinoamérica y la importancia de su restauración y conservación. Acharya (2002), expone la conservación y protección

de los manglares desde un punto de vista económico resaltando los servicios ecológicos y económicos que prestan dichos ecosistemas.

López-Portillo y Ezcurra (2002) hacen un análisis de las fuentes de perturbación, como la construcción de infraestructura turística, camaronicultura y sustitución de manglares por campos de cultivo y potreros, y las actividades industriales. Describen las presiones antropogénicas, señalando que los desmontes y la sustitución por zonas transformadas han provocado la disminución de la cobertura natural de los manglares. Asimismo, que los manglares pueden ser afectados de manera directa e indirecta. De manera directa, cuando son cortados para la extracción de madera y utilizados en la postería, cimbra para la construcción, como carbón y leña; y en la construcción de galerías para el secado del tabaco. El efecto indirecto de perturbación de los manglares es quizás el más generalizado y frecuente, cuando se construyen caminos o carreteras, cuando se urbanizan zonas costeras o se construyen desarrollos turísticos y cuando se lleva a cabo obras de infraestructura para la explotación y transporte de petróleo o líneas de distribución de energía eléctrica. Un ejemplo claro está en Quintana Roo y Yucatán, donde las carreteras y terracería interrumpen el flujo superficial de agua en el manglar, alterando la tasa de reflujo y la salinidad de las aguas que bañan los sistemas radicales, con lo que se provoca la mortalidad de grandes extensiones de manglar.

Entre los trabajos actuales realizados en Veracruz, encontramos a Sánchez-Hernández (2001), en un artículo de divulgación sobre las experiencias de su labor de conservación en los humedales de Alvarado, expone las funciones y servicios del manglar. Entre las funciones menciona: el abastecimiento de agua, que descarga o recarga los mantos freáticos dependiendo la ubicación del humedal; el mantenimiento de la calidad del agua; el control de inundaciones; la reducción de la erosión que impide la pérdida del suelo por acción de las inundaciones y la estabilización de la línea de costa. Los servicios más relevantes en términos de

conservación: soporte de pesquerías, hábitat para especies de importancia comercial, actividades forestales, servicios de recreación, fuente de recursos alimenticios, entre otros.

Moreno *et al.*(2002) describen la superficie de manglar para las costas veracruzanas a partir de 28 cartas de uso del suelo y vegetación de INEGI, escala 1:50, 000 y con fotografías aéreas con escala 1:75, 000 y 1:8, 000. Analizan la relación que existe entre las áreas de manglar, la región hidrológica y la descarga fluvial identificadas en el litoral veracruzano con las capturas de los recursos pesqueros en la zona marina adyacente. A partir de ello, obtienen valores de correlación positiva significativa entre el área de la cuenca hidrológica y la captura pesquera. En cuanto a la problemática ambiental mencionan que “las principales causas de la pérdida de manglares se deben en síntesis, a la aplicación de políticas económicas productivas orientadas hacia la obtención de ganancias a corto plazo”.

Otro dato importante que aporta Portilla-Ochoa *et al.* (1998b), se relaciona a la fauna existente en los bosques de manglar de Alvarado. Donde se han identificado 46 especies de peces, entre los cuales los más importantes son la mojarra prieta, tenguayaca y rayada, el róbalo, el chucumite y la lebrancha; aproximadamente 337 especies de aves, entre las que, por su envergadura, destacan los pelícanos, fragatas, garzas y águilas pescadoras; más de 23 especies de moluscos y crustáceos, siendo los más representativos la almeja, la jaiba, el camarón prieto y blanco y el cangrejo azul; más de 50 especies de mamíferos, resaltando el manatí como especie en peligro de extinción, el zorrillo, el puercoespín, el oso hormiguero, el tejón, entre otros; 70 especies de reptiles siendo los más característicos tres especies de tortugas , iguanas y culebras. Además, expone que, “el humedal de Alvarado contenía aproximadamente 21, 940.78 hectáreas en 1984, que en 1995 se habían reducido a 19,059, aproximadamente”.

Se estima una tasa anual de pérdida de cobertura manglarica del 1.06% lo que equivale a unas 237 hectáreas anuales en el periodo de 1984-2000”.

El trabajo de Rodríguez-Zúñiga (2002) establece una amplia descripción de la distribución y estructura de los manglares de Alvarado Veracruz, donde expone las principales perturbaciones para el ecosistema de manglar entre las que destaca la conversión de extensas áreas de terrenos forestales a ganaderos. Además, comenta que la ganadería ha ocupado gran porción del sistema que comprendía una extensa zona de humedales y que ahora forma los potreros inundados de la región. Entre otras amenazas para el manglar menciona la contaminación por agroquímicos, fertilizantes y otros residuos de industrias, como los ingenios azucareros que drenan sus desechos a los ríos que alimentan el Sistema lagunar de Alvarado.

Finalmente, Sánchez-Hernández y Portilla-Ochoa (2003) destacan la importancia de la cobertura de manglar para el soporte y desarrollo de las pesquerías. Ya que el manglar, mantiene un papel central como hábitat para especies faunísticas, tales como aves, mamíferos, reptiles, anfibios y especialmente para la ictiofauna, que pasan parcial o totalmente su ciclo de vida ligado a este tipo de vegetación. Por último, explican que la problemática de la pérdida de la cobertura de manglar y sus efectos en Alvarado, ha tenido una significativa repercusión sobre la abundancia de las especies que dependen directamente el manglar, lo cual afecta los ingresos económicos de los pescadores. Y que esta pérdida de la cobertura de manglar, se debe principalmente a la apertura de nuevas áreas para la cría de ganado vacuno y a la constante extracción de madera para diversos fines.

1.3 Planteamiento del problema

El manglar se encuentra frecuentemente en sitios sujetos a inundaciones y por lo tanto bajo condiciones de anoxia en un ambiente salino, (López-Portillo y Ezcurra, 2002) y cuentan con una flora y fauna compleja creado ambientes altamente diversos (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1999).

Estos bosques, además de ser el grupo funcional de productores primarios predominantes en la zona costera tropical, se constituyen como uno de los ecosistemas costeros más importantes desde un punto de vista ecológico y económico (Moreno *et al.*, 2002).

Desde estos puntos de vista, los manglares juegan un importante papel en la ecología de las costas tropicales y proporcionan muchos bienes y servicios para a las poblaciones humanas. Estos incluyen: protección y estabilización de la línea costera, criaderos para numerosos recursos pesqueros económicamente importantes y una variada fuente de productos forestales en forma de madera, leña y carbón (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1999).

A pesar de ello, hasta los años sesentas del siglo pasado, antes de que se demostrara su importancia como sitios de refugio y fuente de alimentos de los organismos estuarinos, los pantanos de manglar se consideraban como áreas insalubres, criaderos de mosquitos, zonas que deberían ser “mejoradas” para cultivos y este criterio aún prevalece en algunos desarrollistas (López-Portillo y Ezcurra, 2002). Contribuyendo al proceso de conversión de áreas para el desarrollo de actividades productivas, llevado al deterioro de estos ecosistemas. Así como a la pérdida definitiva de valiosos recursos naturales y de funciones ecológicas (Moreno *et al.*, 2002).

Además, la situación geográfica de los manglares en estuarios, lagunas costeras y planicies inundables conduce a un conflicto entre el uso que se quiere dar a las costas y la conservación de esta comunidad de la zona intermareal (López-Portillo y Ezcurra, 2002).

Las principales causas de la pérdida de manglares se deben en síntesis, a la aplicación de políticas económicas productivas orientadas hacia la obtención de ganancias a corto plazo (Moreno *et al.*, 2002). Aunado a la falta de planes de manejo para estos tipos de vegetación, la limitada planificación y ordenamiento de actividades productivas, y el desconocimiento o dificultad para determinar el valor ecológico y económico de los bienes, atributos y servicios que proporcionan estos ambientes son también causas importantes de su desaparición (Moreno *et al.*, 2002).

Es por ello, necesario actuar ante la necesidad de conservación de los ecosistemas de manglar y su buen uso. Para ello, y considerando la falta de planes de manejo para un buen uso de los recursos naturales, es importante dar el primer paso para la elaboración e implementación de dichos planes, que es conocer la estructura y composición florística de dichos ecosistemas.

Debido a lo anterior, el presente trabajo tiene como propósito de obtener información básica sobre dichas características (estructura y composición florística) que contribuyan a la formulación de medidas adecuadas para la conservación efectiva y manejo a largo plazo de los ecosistemas de manglar, así como comparar la estructura de dos fragmentos, ambos ubicados en la Isla Pajarrillos dentro del humedal de Alvarado, Veracruz. Esto último, a encontrar diferencias estructurales entre el área basal, la densidad y composición florística de las especies de arbóreas de mangle presentes en los dos fragmentos de estudio.

1.4 Justificación

Los humedales son sistemas vivos que requieren un manejo sostenible, impulsado por el desarrollo de investigaciones biológicas que permiten dilucidar su funcionamiento, de tal forma que el hombre acceda a disfrutar de los múltiples servicios ambientales que estos sistemas proporcionan; por lo tanto el hombre, como beneficiario directo o indirecto, tiene la obligación de velar por su restauración y/o conservación a fin de evitar la pérdida o disminución de estos hábitats, lo cual afectaría drásticamente los altos índices de biodiversidad que en la actualidad sustenta nuestro país (Castellanos, 2001).

En este caso, en los ecosistemas manglar presentes en el humedal de Alvarado, Veracruz (sitio RAMSAR), debido a su importancia de conservación, tanto de especies de vegetales como animales. Además, por los diversos beneficios y servicios que ofrecen a las comunidades de la región. Ejemplo de ello, es el soporte de pesquerías, principal fuente de trabajo en dicha zona. Donde, el bosque de manglar provee de materia orgánica a los cuerpos de agua adyacentes, originando con ello el inicio de la cadena alimenticia que mantiene los ciclos de vida de varias las especies, algunas de ellas de importancia comercial (Sánchez-Hernández, 2001).

Es por ello, que surge la inquietud de estimar algunos atributos estructurales que permitan describir y caracterizar dos fragmentos de manglar que se encuentran en la Isla Pajarillos ubicada dentro del humedal de Alvarado, Veracruz. Además de realizar una comparación de los fragmentos para establecer las posibles diferencias estructurales que pudieran existir en ellos. Con el fin de contribuir en la caracterización y conocimiento de la estructura y composición florística de los ecosistemas de manglar.

Dicha caracterización representa el primer paso hacia el entendimiento de la estructura y dinámica de un bosque, lo que a su vez es fundamental para comprender los diferentes aspectos ecológicos de las comunidades, incluyendo el manejo exitoso de los bosques tropicales (Cascante y Estrada, 2000). Como se ha mencionado, el manglar ofrece diversos servicios tanto ecológicos como económicos de gran interés, principalmente para los habitantes de la región.

Además, el manejo de la vegetación forestal y de humedales puede representar una oportunidad para el almacenamiento significativo de carbono (C), el cual ayudaría a disminuir los niveles de las emisiones de CO₂ atmosférico, el cual provoca diversos cambios negativos en el planeta, como son: el efecto invernadero, el cambio climático, el calentamiento del aire y otros efectos adversos sobre la agricultura y biodiversidad (Moreno-Cáliz *et al.*, 2002).

1.5 Hipótesis

Hipótesis 1: Las diferencias entre los dos fragmentos con respecto a su estructura (altura, DAP y área basal) son significativas.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- ❖ Determinar si hay diferencias significativas, con respecto a la estructura de los dos fragmentos de manglar de la Isla Pajarillos del humedal de Alvarado, Veracruz.

1.6.2 Objetivos particulares

- ⌘ Estimar los atributos estructurales altura y DAP (diámetro a la altura del pecho) en términos de dominancia, frecuencia y densidad relativa de las especies de mangle presentes en el área de muestreo.
- ⌘ Determinar el área basal y la densidad de las especies de mangle presentes en el área de muestreo.
- ⌘ Caracterizar la estructura de cada fragmento.
- ⌘ Describir la composición florística de los dos fragmentos de manglar en la Isla Pajarillos, municipio de Alvarado, Veracruz.
- ⌘ Comparar la estructura y composición florística entre los fragmentos

2. METODOLOGÍA

2.1 Aspectos generales

El presente trabajo de composición florística y estructura de dos fragmentos de manglar ubicados en el humedal de Alvarado Veracruz, México, es un estudio de muestreo exploratorio, descriptivo y prospectivo.

2.1.1 Descripción del Área de Estudio

El humedal de Alvarado se localiza al este de la Republica Mexicana, en la región del Golfo de México, dentro del municipio de Alvarado en el estado de Veracruz, entre los 18° 43` y 18° 52` de latitud norte y los 95°45` y 95°57` de longitud oeste (Rodríguez-Zuñiga, 2002).

La vegetación es de tipo acahual, pastizales, palmar, tular, popal, apompal, manglar, vegetación riparia y vegetación acuática. Esta diversidad de ambientes hace que el humedal de Alvarado sea un sitio particularmente rico en especies vegetales. La flora reúne alrededor de 820 especies, lo que significa que en esta corta extensión se encuentra representada alrededor del 10% de las especies de plantas del estado de Veracruz. De estas, 650 son de tierra firme y el resto hidrófilas; al menos 6 especies de helechos son acuáticos (Vásquez-Torres, 1998).

En cuanto a la fauna cuenta con una gran biodiversidad principalmente en moluscos, poliquetos, crustáceos, tortugas, aves (*Amazona viridigenalis*, *Pitangus sulphuratus*, *Coragyps atratus*, *Jacana spinosa*, *Ortalis vetula*, *Fregata magnificens*, *Anas acuta*, *Bubulcus ibis*) y mamíferos acuáticos (*Trichechus manatus*). Muchos peces usan las lagunas para reproducción, y existe migración de camarones (Silva-López y Portilla-Ochoa, 1993).

La principal actividad económica que se desarrolla en el Humedal de Alvarado es la pesca; se trata de una actividad multiespecífica, en la que se capturan de manera comercial 50 especies aproximadamente entre crustáceos, peces y moluscos. La explotación de aproximadamente 56% de las especies de peces, representa un renglón importante en la alimentación y en la economía de los pescadores del Puerto de Alvarado y de las poblaciones ribereñas (Sauceda-Rodríguez 1998, Rodríguez-Zúñiga 2002, Sánchez-Hernández A. y E. Portilla-Ochoa, 2003). Destacan 22 especies de peces que son de importancia comercial elevada para los lugareños. Entre estas especies se encuentra principalmente el chucumite (*Centropomus parallelus*), la mojarra pinta (*Petenia splendida*), la mojarra tenguayaca (*Oreochromis mossambicus*) y el robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) (Sauceda- Rodríguez, 1998).

Dentro de las principales perturbaciones en esta región destacan los impactos asociados a la industria petrolera, que afectan no sólo los cuerpos de agua, sino a los recursos naturales. Otras de las principales perturbaciones identificadas para los humedales de Alvarado se encuentran la quema de vegetación, principalmente de manglares, la introducción de especies y contaminación de cuerpos por descargas de aguas de origen urbano e industrial (Calles *et al.*, 1998, Rodríguez-Zúñiga, 2002), como los ingenios azucareros que drenan sus desechos a los ríos que alimentan el sistema lagunar (Rodríguez-Zúñiga, 2002).

Particularmente, para el ecosistema de manglar se encuentra la conversión de extensas áreas de terrenos forestales a zonas ganaderas (Rodríguez-Zúñiga, 2002, Calles *et al.*, 1998, Portilla-Ochoa *et al.*, 1998). Los desmontes y la sustitución por zonas transformadas han provocado una disminución de la

cobertura natural de los manglares que se conoce con poca precisión (López-Portillo *et al.*, 2002).

2.2.2 Isla Pajarillos

Los fragmentos de estudio con una extensión de 7.063 y 5.730 hectáreas respectivamente. Se encuentran dentro de la Isla Pajarillos, la cual se localiza al sur del puerto de Alvarado y cuenta con una extensión de 117.875 hectáreas. Colinda al norte con el río Acula, al sur con las lagunas de Pajarillos y la Pendencia, al este y oeste se encuentran diversos ríos internos de agua salobre que no cuentan con un nombre específico, anexo mapa 1 (INEGI, 1984; 2001).

La vegetación dominante es el pastizal cultivado y natural con fragmentos de manglar. Su clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw^2) con una temperatura media anual de 26.1 °C y una precipitación anual de 1 828 mm. Esta área se caracteriza por estaciones climáticas definidas; de junio a septiembre la época de lluvias, de octubre a febrero la época de nortes o tormentas de invierno, y de febrero a mayo la época de secas. (INEGI, 1984; Rodríguez-Zuñiga, 2002). El suelo es gleisol vertico de tipo palustre con roca ígnea extrusiva y cuenta con potencial para el desarrollo de especies forrajeras (INEGI, 1984).

2.3 DISEÑO ESTADÍSTICO

La población objetivo en este estudio es la comunidad arbórea de dos fragmentos de manglar que se encuentran en la Isla Pajarillos del humedal de Alvarado, Veracruz.

Para lograr los objetivos propuesto en el presente estudio, se realizaron cuatro salidas de campo a la zona de estudio, entre los meses de junio y agosto del 2005. La primera visita, fue un recorrido de reconocimiento dentro de los fragmentos para poder decidir el tipo de muestreo y método que se utilizaría dentro de los fragmentos. Además, ayudó a la selección de los sitios donde se establecieron los transectos principales en cada fragmento, aunado a la revisión de fotografías aéreas y el mapa del área.

En la segunda visita, se realizó el levantamiento del uno de los transectos principales donde se establecieron los diferentes puntos de muestreo de manera aleatoria como indica el método PCQM (Point-centred quarter method) (Citrón y Schaeffer, 1984). En esa misma salida, se obtuvieron datos de los atributos estructurales de interés; es decir, alturas y DAP (diámetros de los árboles a la altura del pecho) dentro del fragmento muestreado. En las otras salidas se llevaron a cabo los demás muestreos.

El transecto principal o lineal se estableció a lo largo del fragmento, Figura 1. Posteriormente, se establecieron los puntos a muestrear de manera que no se midiera un árbol dos veces.

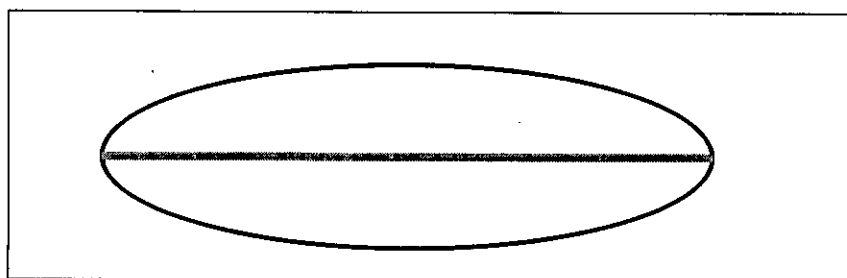


Figura 1. Estructura del transecto dentro de los fragmentos

2.3.1 Descripción de las variables

Las características o variables a medir en este trabajo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las variables.

Variable	Descripción	Tipo	Escala	Valor
Altura	Altura total de los árboles	Cuantitativa y Continua	Razón	Metros
DAP	Diámetro a la altura del pecho	Cuantitativa y Continua	Razón	Centímetros
Área basal	Espacio que ocupa el tronco de un árbol	Cuantitativa y continua	Razón	m ² /0.1 ha

2.3.2 Método del cuarto punto central (PCQM)

En este método de muestreo, se establecen puntos de muestreo situados aleatoriamente a lo largo de un transecto lineal. Al establecer cada uno de los puntos a muestrear, se realiza imaginariamente una línea que cruza perpendicularmente el transecto principal en cada uno de los puntos. De esta manera se obtienen un cuadrante del cual se midieron los atributos estructurales requeridos, según el estudio, de los cuatro árboles más cercanos al punto principal de cada cuarto del cuadrante. También se midió la distancia que hay

entre el punto principal y cada árbol incluido en el muestreo, ya que esta medida es importante para obtener la densidad de las especies, Figura 2 (Citrón y Schaeffer, 1984).

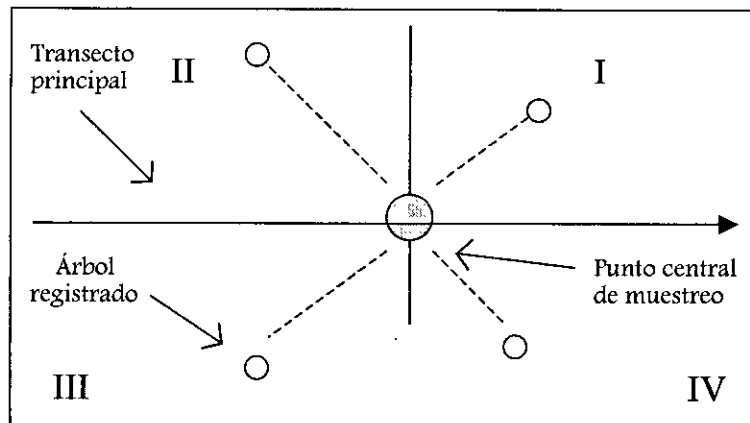


Figura 2. Método del cuarto punto central (PCQM).

En este caso, los atributos estructurales a medir son: altura y DAP (diámetro a la altura del pecho), al igual que se registra la especie de cada individuo arbóreo muestreado. De estos datos se obtendrá el área basal de los árboles por especie, la densidad, frecuencia relativa y dominancia relativa.

Entre los criterios para medir, es importante destacar que en este trabajo, solo se tomarán en cuenta árboles (individuos mayores de 3 metros de altura) con un DAP superior a 5 cm. a la altura del pecho (DAP = 1.30 cm.) (Citrón y Schaeffer, 1984).

Otro punto importante de este método es que al incrementar el número de puntos a muestrear, la precisión del método aumenta. Recomendando un mínimo de 20 puntos de muestreo (80 árboles) (Cottam and Curtis, 1956 citado en Citrón y Schaeffer, 1984).

2.3.3 Estimación de atributos estructurales

ALTURA: Para medir la altura total de los árboles se utilizará un clisímetro. Con este aparato se obtendrá un ángulo a una distancia constante de 5 metros del árbol y mediante un sistema basado en relaciones trigonométricas se obtiene la altura total del árbol. Esto es; la distancia entre el observador y el árbol se multiplicará por la tangente del ángulo medido y se sumará la altura que existe del suelo y los ojos del observador. De esta forma se podrá calcular la altura de los árboles.

$$h = 1.5 \text{ m} + \text{tangente } ^\circ \times \text{distancia}$$

DAP: El diámetro a la altura del pecho (aproximadamente 1.30m). Se tomará esta medida a aquellos árboles con una altura mayor de 3 metros y un diámetro superior a 5 cm. La toma de la circunferencia (perímetro) se realizó con una cinta métrica. Ésta medida (circunferencia) se deberá convertir en un valor real correspondiente a diámetro, dividiendo entre π .

$$\text{Diámetro} = \text{Circunferencia} / \pi$$

DENSIDAD: La densidad se calcula primero por especie, donde es necesario saber del total de puntos muestreados en cuantos aparece cada una de las especies (frecuencia de ocurrencia), para después dividir este dato por el total de puntos del muestreo. Posteriormente, la proporción de la frecuencia de ocurrencia obtenido es dividida por el valor promedio de la densidad; el cual se obtiene dividiendo $1/d^2$, donde d = la media de las distancias del punto central de muestreo al árbol registrado.

ÁREA BASAL: El área basal área de un árbol es el espacio cubierto por el tronco; este parámetro es un valioso descriptor que puede ser relacionado con el volumen de madera y biomasa de un área (Rodríguez-Zuñiga, 2002). Convencionalmente el

área basal se obtiene con la formula: $AB = 3.1416 (\text{diámetro}/2)^2$. Para este tipo de método en particular la formula es:

$$\text{AREA BASAL} = (0.0000785)(\text{dap})^2$$

Donde, 0.0000785 es un valor constante.

Después de haber obtenido la media del área basal para cada especie, se obtuvo el área basal total, donde el área basal por especie es multiplicada por la densidad por especie.

Para obtener los datos de dominancia y frecuencia relativa se utilizaron las siguientes formulas (Citrón y Schaeffer, 1984; Rodríguez-Zuñiga, 2002):

$$\text{DENSIDAD RELATIVA} = \frac{\text{número de individuos por especie}}{\text{número total de individuos}} \times 100$$

$$\text{FRECUENCIA RELATIVA} = \frac{\text{número de parcelas en que ocurre una especie}}{\text{número total de ocurrencia de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{DOMINANCIA RELATIVA} = \frac{\text{área basal de una especie}}{\text{área basal total de todas las especies}} \times 100$$

Los datos recolectados se integraron en una base de datos en el programa Excel (Microsoft Inc., 2000), debido a que es compatible con varios paquetes estadísticos.

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.4.1 Análisis preliminares

Para el presente trabajo, los análisis preliminares consistieron en gráficos de barras y gráficos de cajas y alambres que permitieron tener una visión general, forma y dispersión, por fragmento para cada una de las características evaluadas y que permitan establecer su composición florística y estructura, en cuanto a especies presentes, alturas, DAP y áreas basales. También permitieron observar la tendencia de los datos y localizar algún dato aberrante o error en la captura de datos. Posteriormente se obtuvieron las estadísticas básicas para cada una de las variables para ambos fragmentos por separado. Los análisis se hicieron en el paquete estadístico Minitab (Minitab Inc., 2003).

En general, los análisis preliminares permitieron establecer la caracterización de cada uno de los fragmentos.

2.4.2 Análisis definitivo

Para el análisis definitivo se basó en una prueba aleatorizada (Noreen, 1989). Bajo la hipótesis nula, igualdad de vectores de medias, se utilizó como estadístico de prueba la T^2 de Hottelling (Wichern, 1998).

$$T^2 = (\bar{\mathbf{X}} - \boldsymbol{\mu}_0) \left(\frac{1}{n} \mathbf{S} \right)^{-1} (\bar{\mathbf{X}} - \boldsymbol{\mu}_0)$$

En la programación se utilizó el paquete estadístico S-Plus (Insightful Corp., 2002), Anexo 3.

3. RESULTADOS

La convivencia y las diversas pláticas con la gente local, especialmente aquella que habita en la Isla de Pajarillos, permitió conocer un poco de la historia de los fragmentos encontrados en ese lugar. La Isla de Pajarillos, era utilizada para alimentar ganado bovino de forma extensiva con la vegetación del lugar y con pasto introducido. Para ello, el proceso de ganaderización se hizo presente y en 1995 fueron desmontadas 105.082 ha de manglar para limpiar el terreno, y así cultivar pastizales, solo dos manchones de 7.063 ha (F1) y 5.730 ha (F2) quedaron sin talar. Con el paso de los años, el dueño de predio falleció y los trabajos de limpieza de la vegetación se vieron interrumpidos por más de 5 años. De este modo, poco a poco la vegetación se ha ido regenerando y los pequeños manchones de vegetación que no fueron talados se han mantenido hasta la fecha.

3.1 Resultados de los análisis preliminares

3.1.1 Caracterización de los fragmentos

En este trabajo, como se ha mencionada anteriormente, se utilizó para el muestreo de árboles el método del PCQM (Point-centred quarter method) (Citrón y Schaeffer, 1984). En el cual mide un mínimo de 20 puntos a muestrear; es decir, 80 árboles mínimo. En este caso, para el fragmento-1 (F1), se hizo un muestreo de 172 árboles de mangle, un total de 43 puntos. En el segundo fragmento (F2), se muestrearon 80 árboles (20 puntos de muestreo), obteniendo de este modo un total de 252 árboles de mangle muestreados.

En cuanto a composición florística, en el primer fragmento (F1) se observaron dos de las tres especies de mangle presentes en el humedal de Alvarado, *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). Del total de árboles muestreados, el 81% corresponde a la

especie *Avicennia germinans* (mangle negro), y el resto, o sea el 19 % para la especie *Laguncularia racemosa* (mangle blanco).

En el segundo fragmento (F2), se observaron las tres especies de mangle, *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). De los 80 árboles muestreados, 36 fueron de *Avicennia germinans* (mangle negro) que corresponden al 45% del total de árboles; *Laguncularia racemosa* (mangle negro) 34 árboles que representan el 42.5% y *Rhizophora mangle* (mangle rojo) con 10 árboles que equivalen al 12.5%, Figura 1.

En ambos fragmentos, la vegetación arbórea esta dominada por especies de manglar, no sé encontró otro tipo de árboles asociados a este tipo de vegetación dentro de los fragmentos muestreados, aunque en la isla hay otras especies de árboles.

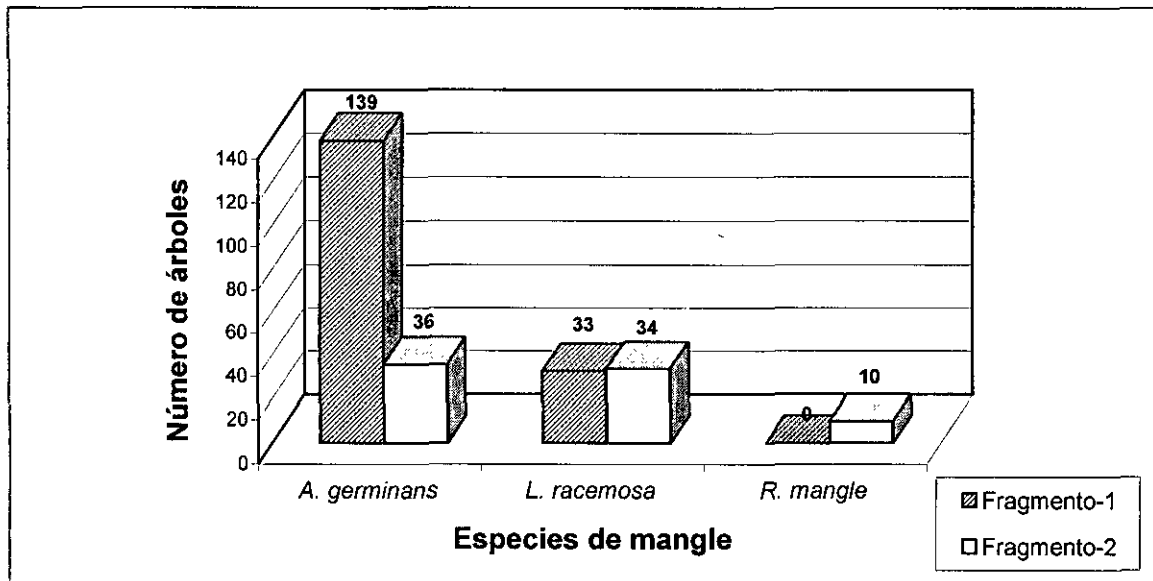


Figura 1. Número total de árboles muestreados por especie para cada fragmento estudiado en la Isla Pajarillos, Alvarado, Ver.

De manera sintetizada, en la Tabla 1 se muestra una breve descripción general de los fragmentos estudiados de la Isla Pajarillos:

Tabla 1. Descripción general de los fragmentos

Fragmento	Tipo de vegetación	Tamaño (ha)	Especies presentes	Descripción del fragmento
F1	Manglar	7.063	<i>Avicennia germinans</i> <i>Laguncularia racemosa</i>	- Forma irregular - Suelo inundable
F2	Manglar	5.730	<i>Avicennia germinans</i> <i>Laguncularia racemosa</i> <i>Rhizophora mangle</i>	- Forma irregular - Suelo inundable - Arroyos y/o canales en el interior del fragmento

3.1.2 Estructura de la vegetación

Los resultados de la estructura vegetal de este estudio, se reportan por fragmento. Para este estudio, se realizó en cada uno de los fragmentos muestreo con el método PCQM (Citrón y Schaeffer, 1984), en el cual el transecto principal atravesó el lado más ancho de cada fragmento.

3.1.2.1 Estructura general del Fragmento-1

La altura menor fue de 4.00 metros y la mayor es de 15.00 metros. La media o el promedio de las alturas en este fragmento fue de 9.355 metros, Figura 2. Por especie, las alturas mayores se encuentran registradas para *A. germinans*, Figura 3.

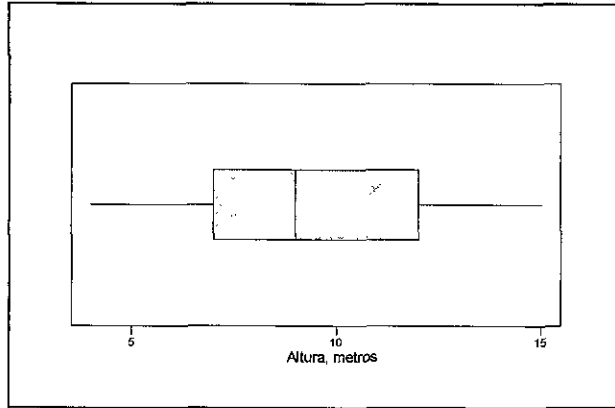


Figura 2. Comportamiento de la variable *Altura*.

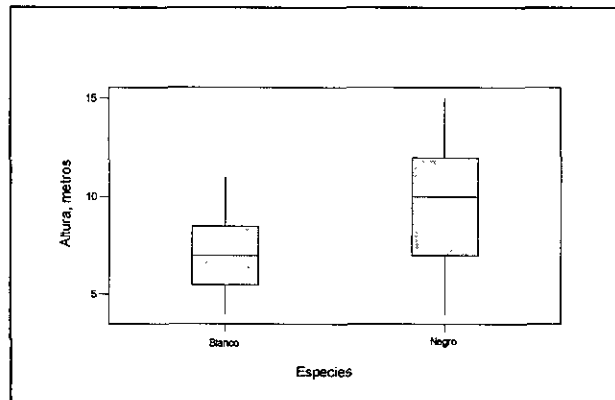


Figura 3. Comportamiento de las alturas de las especies de mangle.

En el caso de la variable DAP (diámetro a la altura del pecho), el promedio o la media del DAP fue de 15.639 cm. El DAP menor fue de 5.666 y el mayor de 33.423 cm., Figura 4. De igual modo, *A. germinans* presenta los árboles con mayor diámetro a la altura del pecho y muestra mayor variabilidad que los DAP de *L. racemosa*, Figura 5.

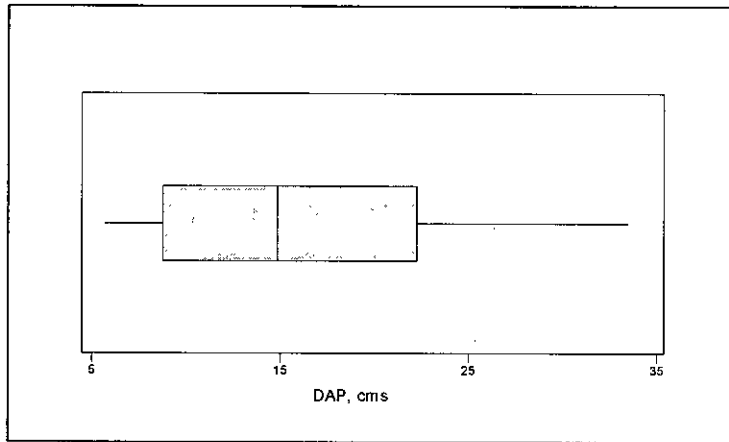


Figura 4. Comportamiento de la variable DAP.

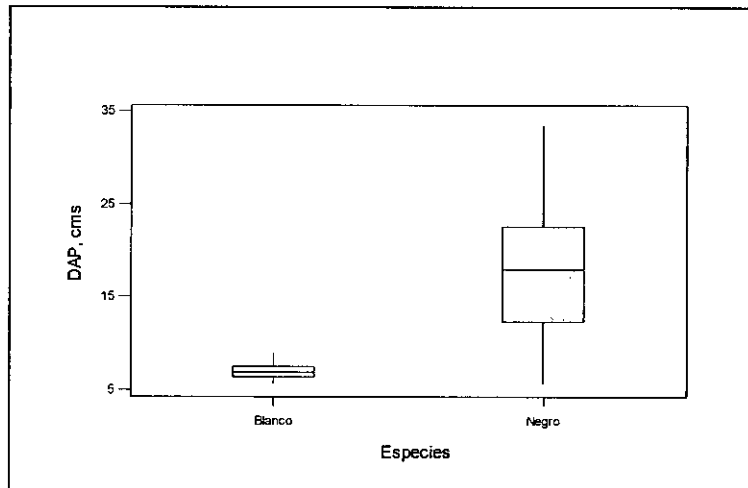


Figura 5. Comportamiento de la variable DAP por especie.

Para la variable área basal por especie en el fragmento-1, para *Avicennia germinans* 3.879 m²/0.1 ha; en el caso de *L. racemosa* fue 0.1280 m²/0.1 ha. El área basal total del fragmento-1 fue de 4.007 m²/0.1 ha. Es importante tener presente, que 0.1 hectáreas equivalen a 1000 m². La área basal total es de 2.84 m²/0.1 ha, Figura 6.

Tabla 2. Cálculo de Área basal.

Clave	Nombre común	Nombre científico	Área basal (m ² /0.1)	Rango
N	Mangle negro	<i>A. germinans</i>	(139) (0.02791)= 3.879	1
B	Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	(33)(0.00388)= 0.1280	2
Área basal total = 4.007 m ² /0.1				

De tal forma, *A. germinans* tienen un área basal mayor que *L. racemosa*; esto es que los troncos de *A. germinans* ocupan mayor espacio que la otra especie, y además su variabilidad es mayor, tal y como se muestra en la Figura 6.

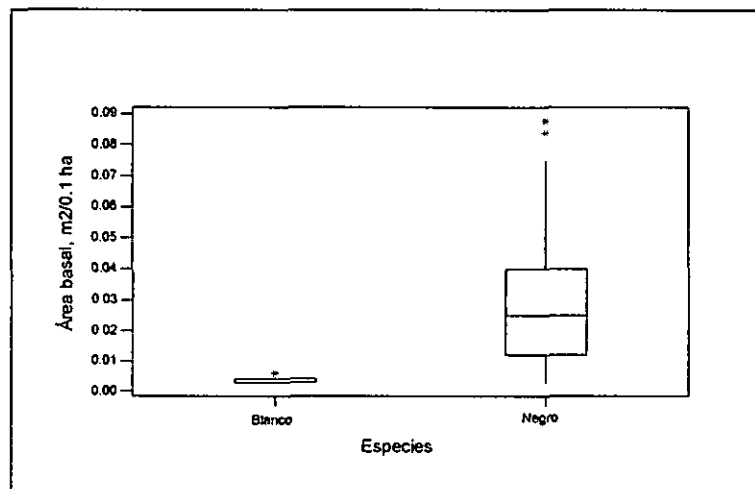


Figura 6. Comportamiento de la variable área basal por especie.

Otro dato importante sobre el DAP, es la composición de los diámetros dentro del fragmento, para ellos se realizaron tres categorías de diámetros (CD), donde la categoría CDII, es donde hay mayor frecuencia de incidencia, y corresponde a los árboles que tienen un DAP entre 13.1 y 26.2 cm.

Tabla 3. Número de árboles por categorías diamétricas.

Total de árboles	CDI	CDII	CDIII
172	72	86	14

El concentrado de las estimaciones puntuales de las estadísticas básicas se indican a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4. Estadísticas básicas por especie.

Variable	Especie	n	Media	Desv. Estándar
DAP	B	33	6.863	0.799
	N	139	17.102	6.586
Altura	B	33	7.242	2.359
	N	139	9.856	2.967
Área basal	B	33	0.00388	0.00082
	N	139	0.02791	0.01873

Clave: N- *Avicennia germinans*; B- *Laguncularia racemosa*

Respecto a la densidad en el bosque de manglar existente en el fragmento-1, la densidad total es 172 árboles por 0.1 ha; es decir, 1720 árboles por hectárea, de los cuales 139 árb./0.1 ha corresponden a *A. germinans*, el resto, 33 árb./0.1 ha para *L. racemosa*. En la tabla 5, se muestran los cálculos y la síntesis de resultados de la densidad.

Tabla 5. Cálculo de la densidad (F1).

Nombre común	Nombre científico	Número de cuadrantes por unidad de área (0.1 ha)	Número de árboles
Mangle negro	<i>A. germinans</i>	$139/172 = 0.808$	$(0.808) (171.6) = 139$
Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	$33/172 = 0.192$	$(0.192) (171.6) = 33$
0.1 ha = 1000 m ²		Total	172 árboles por 0.1 ha

A continuación se muestra el concentrado de los resultados para la densidad relativa, donde *A. germinans* obtuvo una densidad relativa del 80%, mientras que *L. racemosa* un 20%.

Tabla 6. Cálculo de densidad relativa (F1)

Nombre común	Nombre científico	Densidad relativa
Mangle negro	<i>A. germinans</i>	$139/172 * 100 = 80\%$
Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	$33/172 * 100 = 20\%$

Para estimar el Valor de Importancia (V.I.) es necesario calcular y sumar los valores de la dominancia, frecuencia y densidad relativa para cada una de las especies presentes en el fragmento-1. Dichos cálculos se presentan en las siguientes tablas 7,8 y 9.

Tabla 7. Cálculo de la frecuencia relativa

Clave	Nombre común	Nombre científico	Frecuencia relativa
N	Mangle negro	<i>A. germinans</i>	$42/43 * 100 = 98 / 144 * 100 = 68\%$
B	Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	$20/43 * 100 = 47 / 144 * 100 = 32\%$

Tabla 8. Cálculo de Dominancia relativa

Clave	Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa
N	Mangle negro	<i>A. germinans</i>	$3.879 / 4.007 = 0.968 \times 100 = 96.8\%$
B	Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	$0.1280 / 4.007 = 0.032 \times 100 = 3.2\%$

Tabla 9. Valor de Importancia para las especies presentes en F1

Especie	Densidad relativa (%)	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	Valor de importancia
<i>A. germinans</i>	81	96.8	68	256
<i>L. racemosa</i>	19	3.2	32	54

Finalmente, la especie de mangle negro, *Avicennia germinans*, es la especie con los atributos estructurales más altos, y por lo tanto su valor de importancia es alto (246) en comparación al del mangle blanco, *Laguncularia racemosa* (54).

Figura 7.

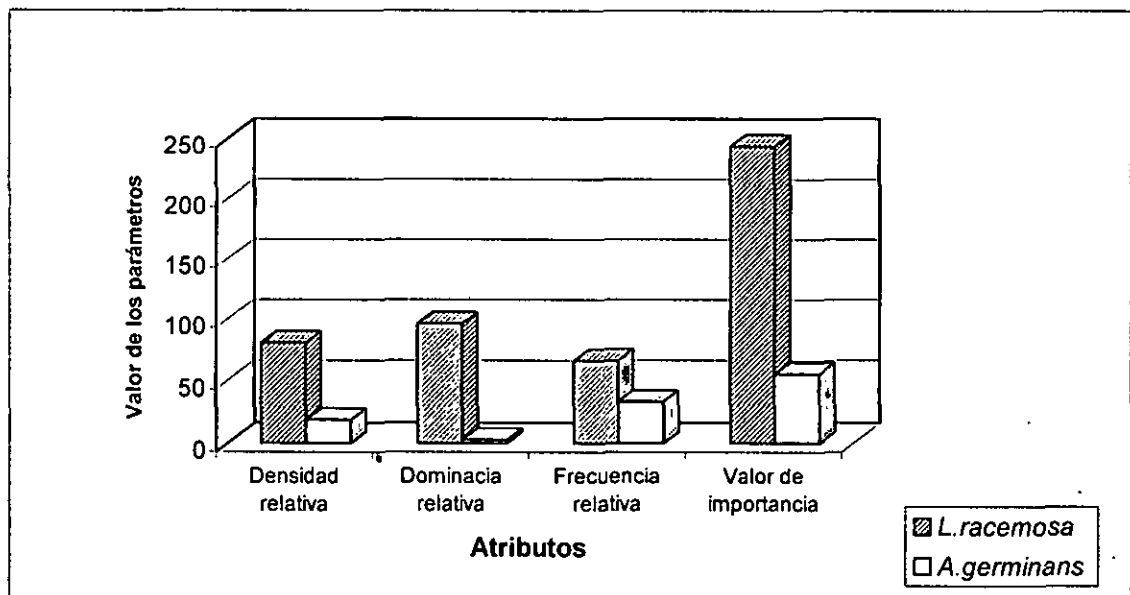


Figura 7. Diferenciación del comportamiento de los atributos de la vegetación (dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa y valor de importancia)

3.1.2.2 Estructura general del Fragmento-2

En este segundo fragmento, como se menciona, se encontraron las tres especies de mangle reportadas para el humedal de Alvarado, Ver. (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*). La altura promedio en este fragmento-2 (F2) fue 11.90 metros. La altura menor de 5.00 metros y la mayor es de 17.00 metros, Figura 8.

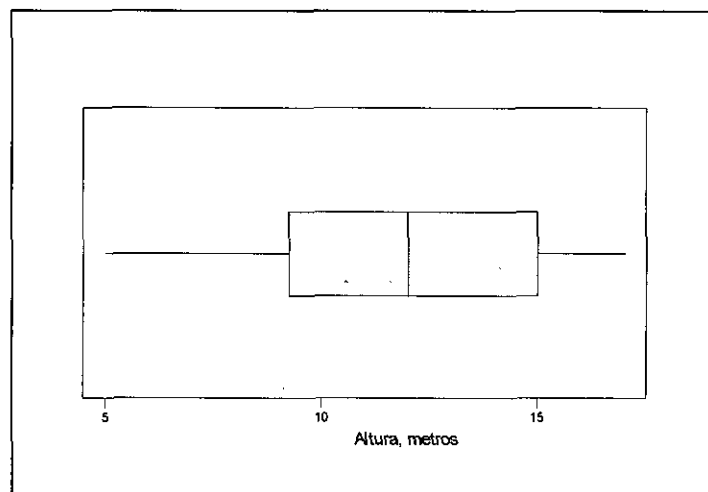


Figura 8. Comportamiento de la variable Altura.

Por especie, las alturas mayores se encuentran registradas para *A. germinans* y *L. racemosa*, aunque en promedio las alturas de *A. germinans* son mayores que *L. racemosa*. La altura promedio de *R. mangle* fue 12.50 metros, la de *Avicennia germinans* fue 13.33 metros y *L. racemosa* fue 10.235 metros, Figura 9.

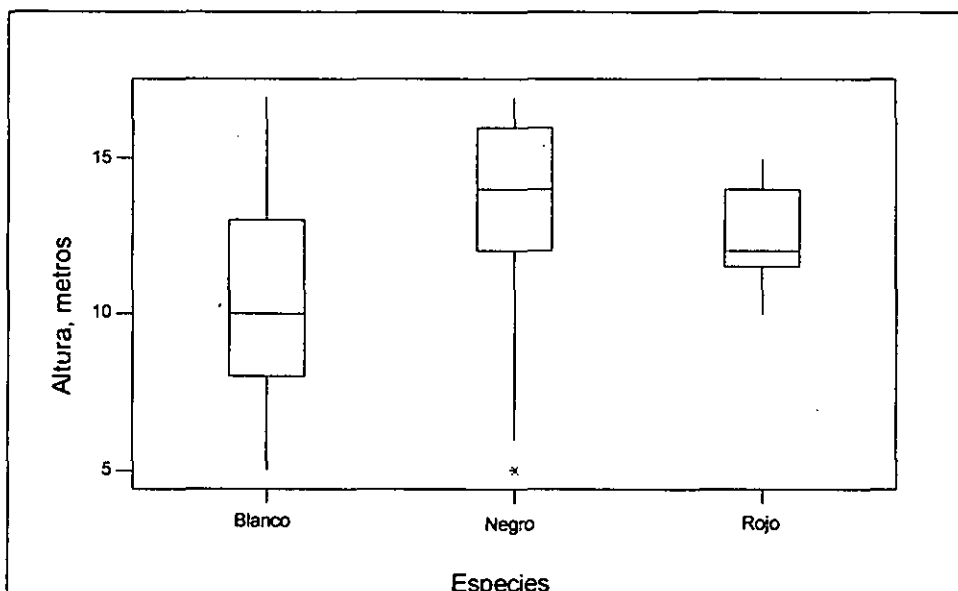


Figura 9. Comportamiento de la variable Altura por especies.

El DAP promedio fue 18.41 cm, el dato mayor de 45.84 cm y el menor de 5.67 cm., Figura 10. Por especie se obtuvo que en promedio respecto al DAP, *R. mangle*, Figura 11.

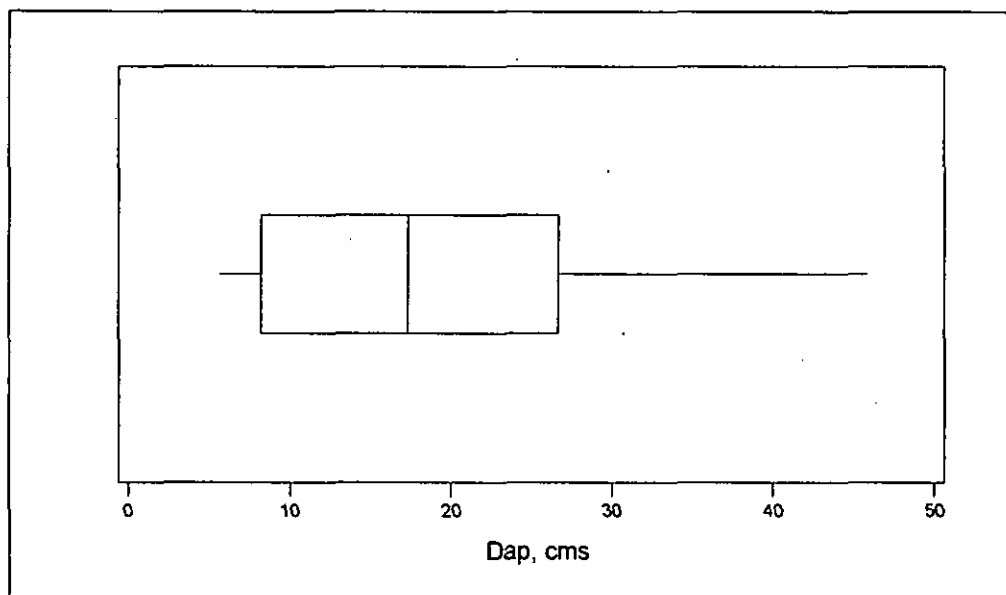


Figura 10. Comportamiento de la variable DAP.

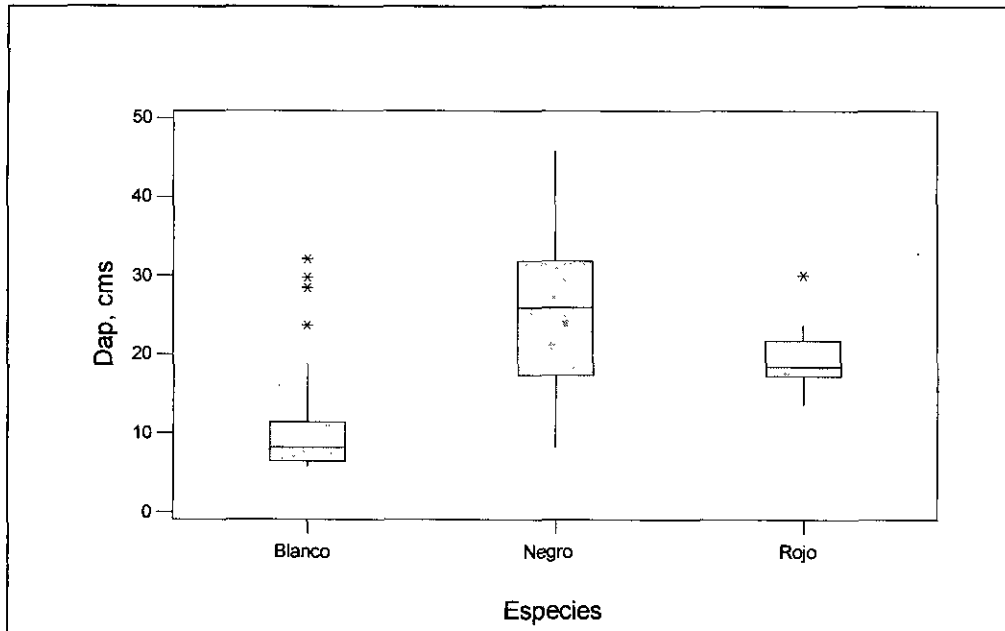


Figura 11. Comportamiento de la variable Altura por especies.

En la composición de los diámetros dentro de los fragmentos, se realizaron tres categorías de diámetros, donde para el fragmento-1 la categoría CDII, es donde hay mayor frecuencia de incidencia, y corresponde a los árboles que tienen un DAP entre 13.1 y 26.2 cm. En el caso del fragmento-2, en la categoría diamétrica CDIII se encuentra la mayor frecuencia de incidencia. Tabla 10

Tabla 10. Número de árboles por categorías diamétricas.

Fragmento	Total de árboles	CDI	CDII	CDIII
F1	172	72	86	14
F2	80	41	12	29

El área basal total fue de 2.8377 m²/0.1 ha y el promedio de 0.03548 m²/0.1 ha. Por especie en el fragmento-2, tenemos para *Avicennia germinans* 0.4508

m²/0.1 ha; en el caso de *Laguncularia racemosa* fue 2.07 m²/0.1 ha y para *Rhizophora mangle* fue 0.03140 m²/0.1 ha., Figura 12 y 13.

Tabla 11. Cálculo de Área basal

Clave	Nombre común	Nombre científico	Área basal (m ² /0.1 ha)	Rango
N	Mangle negro	<i>A. germinans</i>	(36) (0.05758)= 2.07	1
B	Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	(34)(0.01326)= 0.4508	2
R	Mangle rojo	<i>R. mangle</i>	(10) (0.03140) = 0.314	3
Área basal total = 2.8377 m ² /0.1 ha				

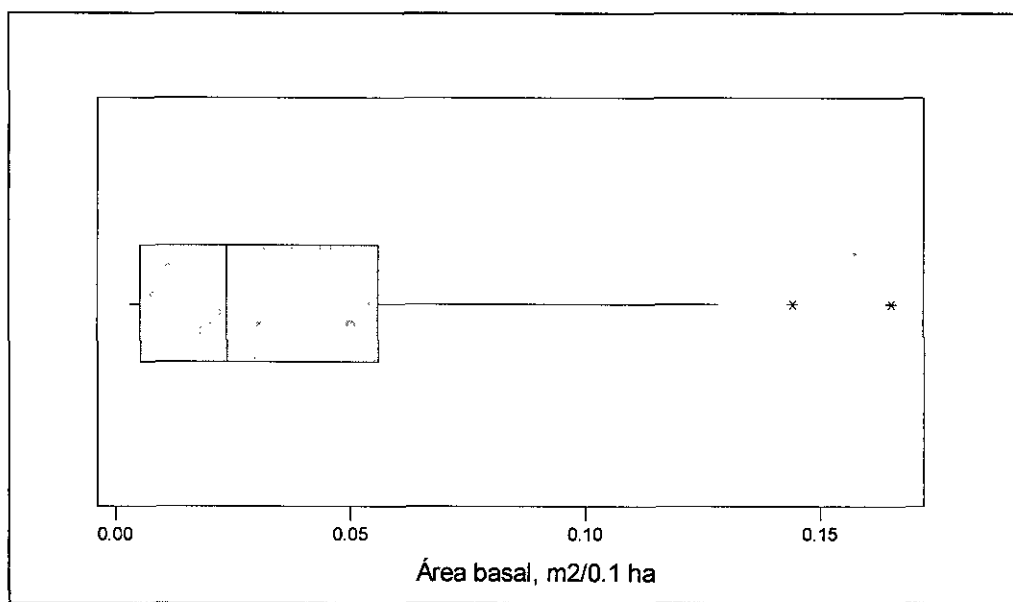


Figura 12. Comportamiento de la variable Área basal.

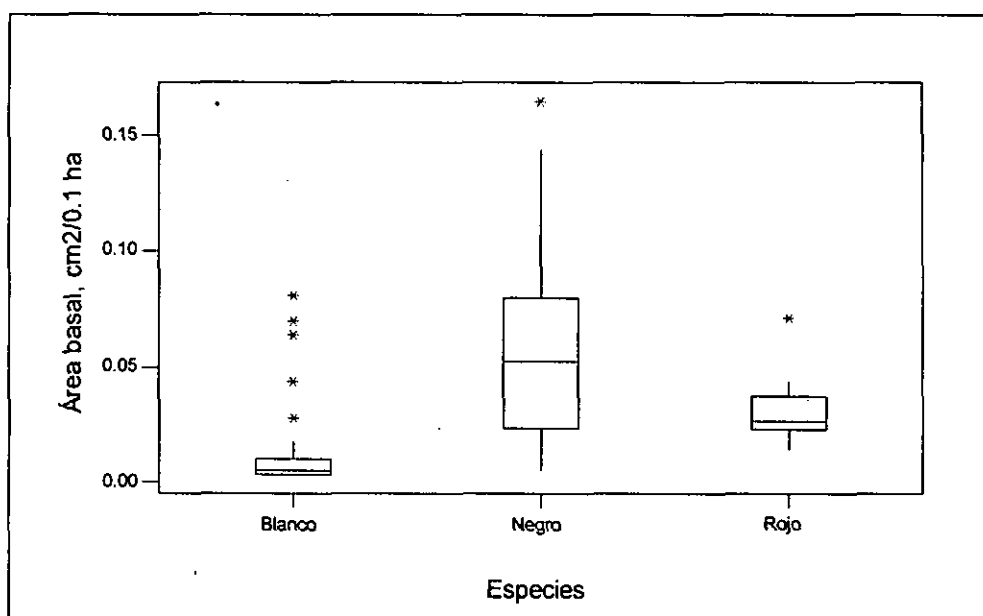


Figura 13. Comportamiento de la variable área basal por especie.

En la Tabla 12, se muestra el concentrado de los promedios de las variables por especie:

Tabla 12. Estadísticas básicas por especie.

Variable	Especie	n	Media	Desv. Estándar
DAP	B	34	10.23	3.026
	N	36	25.24	10.10
	R	10	19.59	4.59
Altura	B	34	7.242	2.359
	N	36	13.33	3.4391
	R	10	12.50	1.706
Área basal	B	34	0.01326	0.02032
	N	36	0.05758	0.04173
	R	10	0.03140	0.01613

Clave: N- *Avicennia germinans*; B- *Laguncularia racemosa*; R- *Rhizophora mangle*

En este fragmento la densidad total es 116 árboles por 0.1 ha; es decir, 1160 árboles por hectárea, de los cuales 52 árb./0.1 ha corresponden a *Avicennia germinans*; 49 árb./0.1 ha para *Laguncularia racemosa* y el resto, 15 árb./0.1 ha de *Rhizophora mangle*.

El cálculo de la densidad se muestra en la Tabla 13:

Tabla 13. Cálculo de la densidad (F2)

Nombre común	Nombre científico	Número de cuadrantes por unidad de área (0.1 ha)	Número de árboles
Mangle negro	<i>A. germinans</i>	$36/80 = 0.45$	$(0.45) (115.89) = 52$
Mangle rojo	<i>R. mangle</i>	$10/80 = 0.125$	$(0.125) (115.89) = 15$
Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	$33/172 = 0.192$	$(0.425) (115.89) = 49$
0.1 ha = 1000 m ²		Total	116 árboles por 0.1 ha

En la Tabla 14, se muestra el concentrado de los resultados para la densidad relativa, donde *A. germinans* obtuvo una densidad relativa del 45%, *L. racemosa* un 42.50% y *R. mangle* con el 12.50%.

Tabla 14. Cálculo de densidad relativa (F2)

Nombre común	Nombre científico	Densidad relativa
Mangle negro	<i>A. germinans</i>	$36/80 * 100 = 45\%$
Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	$34/80 * 100 = 42.50\%$
Mangle rojo	<i>R. mangle</i>	$10/80 * 100 = 12.50\%$

Para el caso de la dominancia relativa, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15. Cálculo de Dominancia relativa (F2)

Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa ²
Mangle negro	<i>A. germinans</i>	$0.4508 / 2.8377 * 100 = 16\%$
Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	$2.07 / 2.8377 * 100 = 73\%$
Mangle rojo	<i>R. mangle</i>	$0.314 / 2.8377 * 100 = 11\%$

En cuanto a la frecuencia relativa, se obtuvo lo siguiente, tal y como se muestra en la Tabla 16:

Tabla 16. Cálculo de la frecuencia relativa (F2)

Nombre común	Nombre científico	Dominancia relativa
Mangle negro	<i>A. germinans</i>	$15/20 \cdot 100 = 75 / 190 \cdot 100 = 39$
Mangle blanco	<i>L. racemosa</i>	$16/20 \cdot 100 = 80 / 190 \cdot 100 = 42$
Mangle rojo	<i>R. mangle</i>	$7/20 \cdot 100 = 35 / 190 \cdot 100 = 18$

Tabla 17. Valor de Importancia para las especies presentes en el fragmento-2 (F2)

Especie	Densidad relativa (%)	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	Valor de importancia
<i>A. germinans</i>	45	73	42	160
<i>L. racemosa</i>	42.5	16	39	97.50
<i>R. mangle</i>	12.50	11	18	41.50

Finalmente, la especie de mangle negro, *Avicennia germinans*, es la especie con los atributos estructurales más altos, y por lo tanto su valor de importancia es alto (160.00) en comparación al del mangle blanco, *Laguncularia racemosa* (97.50) y a *Rhizophora mangle* (41.5). Figura 14.

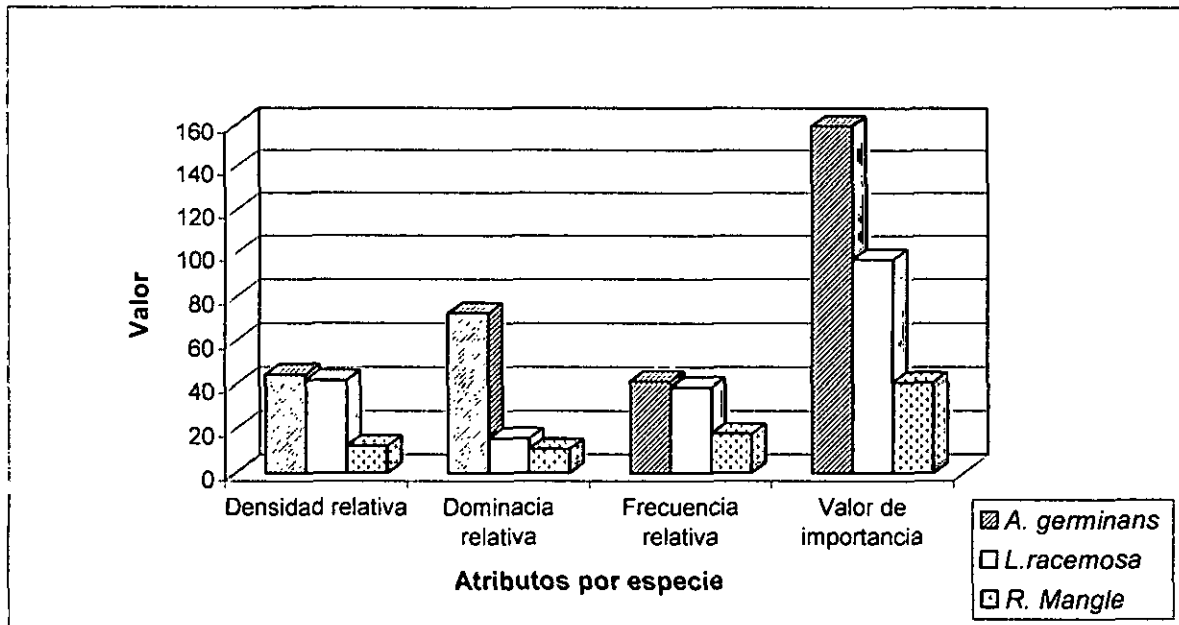


Figura 14. Diferenciación del comportamiento de los atributos de la vegetación (dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa y valor de importancia)

3.2 Resultados de los análisis definitivos

Los dos fragmentos analizados resultaron, en base a las características observadas, estadísticamente diferentes ($T^2 = 73.0482$, p-value = 0.0); es decir presentan estructuras arbóreas diferentes. Anexo 4.

4. CONCLUSIONES

4.1 Discusión general

Los estudios sobre la estructura y composición florística de los bosques de manglar, o en otro tipo de vegetación, resulta relevante por toda aquella información que pueda aportar y generar nuevos puntos de discusión y respaldo a otras investigaciones, tanto a nivel nacional o internacional. Además, resultan punto de partida para otras investigaciones con otros enfoques.

Una comunidad biológica están integrada por numerosas especies con diferentes tipos de interacciones entre ellas, y aunque el primer paso para conocerla conste en la descripción de la composición de especies, esta se limita a un listado (Rodríguez-Zuñiga, 2002). Es necesario, para comprender las relaciones de una comunidad conocer las diferentes especies que contribuyen a la estructura principal de la comunidad, que determinan el número de especies y la importancia de cada una en el sistema.

En este caso particular, resulta importante conocer si existen diferencias estructurales entre dos fragmentos ubicados en la misma zona e isla, ya que la información generada puede ser útil en la toma de decisiones en el manejo de dichos bosques.

Finalmente, concluimos que:

- ⊕ Tomando en cuenta la hipótesis, “*las diferencias entre los dos fragmentos con respecto a su estructura (altura, DAP y área basal)*”, el objetivo general del fue alcanzado. Puesto que, el análisis definitivo realizado con “Pruebas aleatorizadas” demostró que los fragmentos de estudio en

función a sus atributos estructurales son *significativamente* diferentes, ya que hay suficiente evidencia que indica tales diferencias.

- # Respecto al punto anterior, dichas diferencias entre ambos fragmentos sugieren que, a pesar de que los fragmentos de manglar se encuentran en la misma isla, los factores abióticos o físicos del ambiente (luz, relieve, aporte de agua, salinidad, etc.) pueden estar influyendo en la estructura de la vegetación.
- # Para el muestreo de árboles el método del PCQM (Point-centred quarter method) (Citrón y Schaeffer, 1984). Obteniendo un total de 252 árboles de mangle muestreados, 172 árboles de mangle en el fragmento-1 (F1), y 80 árboles de mangle en el fragmento-2 (F2).
- # En cuanto a composición florística, en el primer fragmento (F1) se encontraron presentes las especies *A. germinans* (mangle negro) y *L. racemosa* (mangle blanco). En el segundo fragmento (F2) se encontraron las especies *A. germinans* (mangle negro), *L. racemosa* (mangle blanco) y *R. mangle* (mangle rojo).
- # En trabajos anteriores, para la estructura de los ecosistemas de manglar del humedal de Alvarado, se estima que el número de árboles por hectárea es de aproximadamente 950 individuos en promedio. En el presente trabajo la densidad promedio fue 1860 individuos por hectárea. Se sugieren que dichas diferencias se deban a las actividades de extracción y a la ganadería. En los fragmentos de la Isla Pajarillos, no existe una extracción de árboles masiva como otros lugares del humedal de Alvarado, aunado a la baja presencia de cabezas de ganado. Se ha observado que el ganado vacuno consume plántulas de árboles de

mangles, así como semillas que pueden afectar a la regeneración de bosque y a su densidad (Domínguez-Machín *et al.*, 2004) . Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de la densidad en diversos bosques de manglar.

Lugar		Densidad (ind./ha)	Autor
México			
El Verde, Sinaloa.		1800	Flores-Verdugo <i>et al.</i> 1987.
La Lechuguilla. Sinaloa.		4341	Flores-Verdugo <i>et al.</i> , 1992
Laguna de Términos, Campeche	Manglar de franja	7510	Day <i>et al.</i> , 1987.
	Manglar ribereño	3360	
Laguna Oriental, Oaxaca		496	Ramírez-Ahuamda, 1995
Otros países			
Karachi, Pakistán.		1518	Saifullah <i>et al.</i> , 1994.
Isla del Venado, Nicaragua		440	Roth, 1992.
Panamá		712	Fromard <i>et al.</i> , 1998

Fuente: Rodríguez- Zuñiga, 2002.

‡ La densidad total fue mayor en el fragmento-1 (F1) con un valor de 172 árboles por 0.1 ha. Tabla 2.

Tabla 2. Densidad de los fragmentos(F1 y F2)

Nombre científico	F1	F2
<i>A. germinans</i>	139 árboles por 0.1 ha	52 árboles por 0.1 ha
<i>L. racemosa</i>	33 árboles por 0.1 ha	49 árboles por 0.1 ha
<i>R. mangle</i>	ausente	15 árboles por 0.1 ha
	172 árboles por 0.1 ha	116 árboles por 0.1 ha *

- ⊕ Con base al valor de importancia (VI), se determino que *A. germinans* (F1=246 ; F2=160) es la especie predominante en ambos fragmentos, seguida de *L. racemosa* (F1=54;F2=97.50). En el caso de *R. mangle* (VI=41.5), solo estuvo presente en el fragmento-2 (F2). Tabla 3.

Tabla 3. Valor de Importancia para las especies presentes en F1 y F2

Especie	Densidad relativa (%)	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia Relativa(%)	Valor de importancia
Fragmento-1 (F1)				
<i>A. germinans</i>	81	96.8	68	256
<i>L. racemosa</i>	19	3.2	32	54
Fragmento-2 (F2)				
<i>A. germinans</i>	45	73	42	160
<i>L. racemosa</i>	42.5	16	39	97.50
<i>R. mangle</i>	12.50	11	18	41.50

4.1 Recomendaciones

- ⊕ La realización de este tipo de trabajos enfocados en la caracterización de la estructura de los bosques de manglar, permite conocer más sobre la ecología de los bosques de manglar en el humedal de Alvarado, Veracruz, México. Además, fomentar el monitoreo sistemático de la estructura arbórea, ya sea para fines de conservación o de manejo forestal.
- ⊕ La integración de la información generada es este tipo de documentos, es importante para la formación de estrategias de conservación a cargo de los distintos niveles de gobierno en materia ambiental.

REFERENCIAS

- Blasco, F. (1991). **Los manglares**. Mundo científico, 11(114):616-625
- Bronzo, E.; H. Barney; J. Alejandro R. (1998). **El caso de los manglares** En: Vásquez-Torres M. (comp.) Biodiversidad y problemática en el Humedal de Alvarado, Veracruz. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Calles, A. L.; G. Castillo; I. García; H. Hernández-Trejo; L. Legaria; W. Márquez; P. Moreno-Casasola; R. Moreno; F. Morosini; E. Portilla-Ochoa; G. Silva-López; J. Vargas y G. Vásquez. (1998). **Los Humedales de Veracruz**. En: Abarca F. y M. Herzig (editores). Manual para el manejo y la conservación de los humedales en México. Textos adicionales. México : 11 -35
- Cascante, A. y A. Estrada. (2000). **Composición florística y estructura de un bosque húmedo premontano en el Valle Central de Costa Rica**. Departamento de Historia Natural, Museo Nacional de Costa Rica. <http://rbt.ots.ac.cr/revistas/49-1/cascante/cascante.html>
- ✓ ▪ Castellanos, C. (2001). **Los ecosistemas de humedales en Colombia**. *Luna Azul* Año 7 No. 13 Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Citron, G. y Y. Schaeffer. (1984). **Methods for studying mangrove structure**. En: Snedaker, S. y J. Snedaker (editores). The mangrove ecosystem: research methods. Unesco: 90-100
- Convenio de Ramsar o Convención sobre los Humedales. <http://www.ramsar.org>
- Domínguez-Machín, M. E. y G. Silva-López (2004) **Consumo de plantas nativas por el ganado vacuno en una zona de manglar Rincón de Lechería, Alvarado, Veracruz, México**. Congreso Sociedad Mesoamericana para la Biología y Conservación. Ponencia. Managua, Nicaragua.

- ✓ ▪ Herzig, M. (1998). **Adaptaciones biológicas en especies asociadas al manglar**. En: Abarca y Herzig (editores) Manual para el manejo y la Conservación de los Humedales de México: textos adicionales.

- INEGI, Carta topográfica (1984). **Mixtequilla E15A61** Escala 1:50 000.
- INEGI, Tenencia de la tierra. (1990). Figura con información predial **Mixtequilla E15A61** Escala 1: 50 000.
- Johnson, R.A. y Wichern, D.W. (1998). **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Fourth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River. New jersey, USA.
- López-Portillo, J. y E. Ezcurra. (2002). **Los manglares de México: una revisión**. Maderas y Bosques. Número especial: 27-51.
- Lugo, A. E. (2002). **Conserving Latin American and Caribbean mangroves, issues and challenges**. Maderas y Bosques. Número especial. : 5-25.
- Menéndez-Liguori, F.J. (1976) **Los manglares de la laguna de Sontecomapan, Los Tuxtlas, Veracruz: Estudio Florístico-ecológico**. Tesis profesional. Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM México, D.F.
- ✓ ▪ Moreno C., P., J. L. Rojas, D. Zárate, M. A. Ortiz, A. L. Lara D. y T. Saavedra. (2002). **Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática**. Maderas y Bosques Número especial: 61-88.
- Moreno-Cáliz, E.; A. Guerrero; Ma. del C. Gutiérrez; C. Ortiz; D. Palma. (2002). **Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono**. Maderas y Bosques Número especial: 115-128.
- Noreen, E.F. (1989) **Computer-Intensive Methods for testing**. An Introduction. Hypotesis. John Wiley & Sons, USA.
- Oliva-Rivera, H. (1998). **Flora regional de los Humedales de Alvarado Veracruz**, México En: Enrique Portilla-Ochoa y Gilberto Silva-López. Conservation and sustainable management of natural resources in landscape units of the wetlands of Alvarado, Veracruz, Mexico. Semiannual Academic Report. US FISH & WILDLIFE SERVICE.

Instituto de Investigaciones Biológicas Universidad Veracruzana Xalapa, Veracruz

- Ortega-Sánchez, A. y Grandos-Sánchez, D. (1991). **El bosque de manglar**. Revista Chapingo Año XV (75): 53-58
- ✓ Portilla-Ochoa , E. , A. I. Sánchez-Hernández y H. Hernández-Trejo. (1998a). **Valuación económico-ecológica de algunos usos directos, indirectos y de no uso del manglar del Humedal de Alvarado, Veracruz**. En: Enrique Portilla-Ochoa y Gilberto Silva-Lopez. Conservation and sustainable management of natural resources in landscape units of the Wetlands of Alvarado, Veracruz, Mexico. Reporte académico. US FISH & WILDLIFE SERVICE Instituto de Investigaciones Biológicas. Universidad Veracruzana.
- Portilla Ochoa, E., A.I. Sánchez Hernández y F.E. Galán Amaro. (1998b). **Los manglares del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México: Evaluarlos para conservarlos**. Memorias del Primer Taller de Reforestación de Manglares. SEMARNAP, PRONARE, celebrado del 12 al 14 de agosto en la Cd. y Puerto de Veracruz
- Rzedowski, J. (1978). **La Vegetación de México**. Limusa. México.
- ✓ Sánchez-Hernández, A. (2001). **Humedales y manglares: lo que realmente significan**. Ciencia y el hombre.5: 45-50
- Sánchez-Hernández A. y E. Portilla-Ochoa, (2003). **Efecto de la reducción de la cobertura de manglar sobre las pesquerías**. En: Guzmán Amaya P., Quiroga Brahm C., Díaz Luna C., Fuentes Castellanos D., Contreras C. y Silva-LópezG. (editores) La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. SAGARPA. Instituto Nacional de Pesca. Universidad Veracruzana :67-73
- Saucedo- Rodríguez, (1998). **Ictiofauna en los cuerpos de agua próximos a Costa de la Palma, Alvarado, Veracruz: distribución, diversidad e importancia económica**. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Zona Poza Rica-Tuxpan. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz.
- Silva-López, G. y E. Portilla-Ochoa (1993). **Conformación de un laboratorio de investigación en conservación y manejo de los recursos naturales con énfasis en las zonas bajas tropicales en Veracruz**. Tercer reporte académico del proyecto. Convenio Fomes No.

92-31-02 (4). Instituto de Investigaciones Biológicas, U.V. Xalapa, Veracruz, México: 13-25.

- Vásquez-Torres, M. (1998). **Humedal de Alvarado: diversidad vegetal**. En: Vásquez-Torres M. (comp.) Biodiversidad y problemática en el Humedal de Alvarado, Veracruz. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- ✓ Yáñez-Arancibia, A. y A. L. Lara-Domínguez. (1999). **Los manglares de América Latina en la encrucijada**. En: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínguez (editores) Ecosistemas de Manglar de América Tropical. Instituto de Ecología, A.C. México: 9-16

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de registro

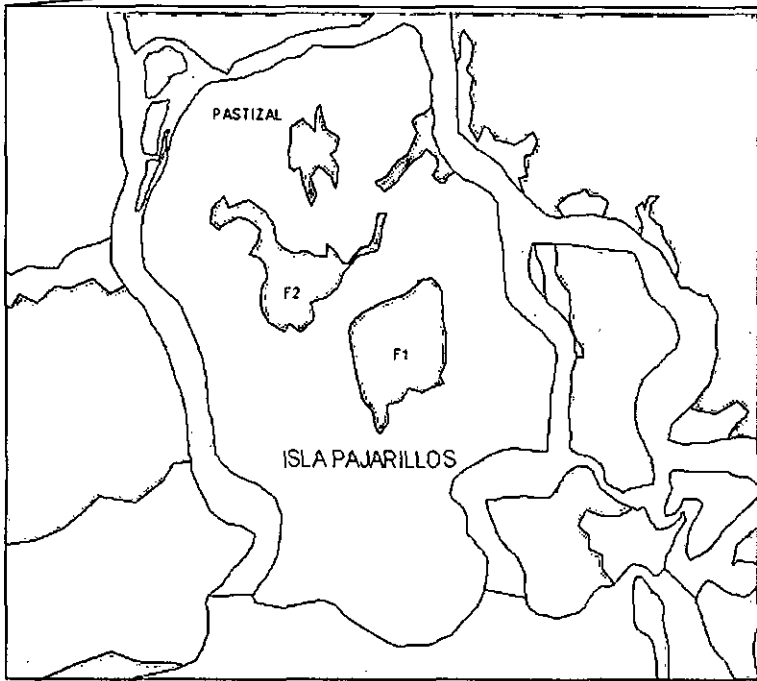
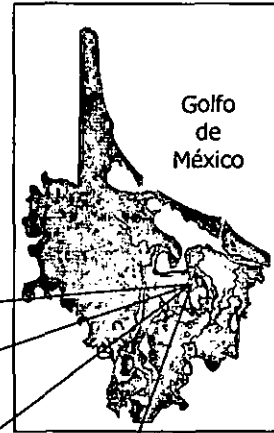
Observador: _____ Fragmento: _____ Fecha: _____ Ficha No: _____

P./árb	Distancia	Especie	Altura	DAP	P./árbol	Distancia	Especie	Altura	DAP
1.1					7.1				
1.2					7.2				
1.3					7.3				
1.4					7.4				
2.1					8.1				
2.2					8.2				
2.3					8.3				
2.4					8.4				
3.1					9.1				
3.2					9.2				
3.3					9.3				
3.4					9.4				
4.1					10.1				
4.2					10.2				
4.3					10.3				
4.4					10.4				
5.1					11.1				
5.2					11.2				
5.3					11.3				
5.4					11.4				
6.1					12.1				
6.2					12.2				

Código de especies arbóreas
 R - *Rhizophora mangle*; B- *Laguncularia racemosa*; N- *Avicennia germinans*.

Anexo 2. Mapa del área de estudio

Área de estudio en el
humedal de Alvarado,
Veracruz, México.



Escala 1:150

Anexo 3.- Programa en S-Plus.

```
est <- function(aleat,X)
{
  d <- 0
  X2 <- cbind(aleat,X)
  vars <- by(X,aleat,var)
  n <- n1 + n2 - 2
  var.comb <- ((n1 - 1)/n)*vars[[1]] + ((n2 - 1)/n)*vars[[2]]
  medias <- by(X2[,2],aleat,mean)
  d[1] <- medias[[1]] - medias[[2]]
  medias <- by(X2[,3],aleat,mean)
  d[2] <- medias[[1]] - medias[[2]]
  medias <- by(X2[,4],aleat,mean)
  d[3] <- medias[[1]] - medias[[2]]
  ep <- t(d)%*%solve(((1/n1) + (1/n2))*var.comb)%*%d
  return(ep)
}

pa <- function(datos,n1,n2,N)
{
  est.prueba <- 0
  conteo <- 0
  X <- cbind(datos[,2],datos[,3],datos[,4])
  frag <- datos[,1]
  est.obs <- est(frag,X)
  for(i in 1:N)
  {
    aleat <- sample(frag)
    est.prueba[i] <- est(aleat,X)
    if(est.prueba[i] > est.obs) conteo <- conteo + 1
  }
  ns <- conteo/(N+1)
  return(est.prueba,est.obs,ns)
}
```

Anexo 4. Instrucciones de corrida y salida.

Instrucciones

```
n1 <- 172  
n2 <- 80  
prueba1 <- pa(datos,n1,n2,5000)
```

Salida

```
$est.obs:  
 [1]  
[1,] 73.0482
```

```
$ns:  
[1] 0
```

Anexo 5. Mapa de ubicación del sitio de estudio

