



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**IMPACTO DE LA DEFOLIACIÓN DE MANGLE NEGRO (*Avicennia germinans* L.)
SOBRE LA ACTIVIDAD PESQUERA EN EL EJIDO LAS COLORADAS, TABASCO**

ERIKA GOMEZ GARCÍA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

2015

La presente tesis, titulada: **Impacto de la defoliación de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) sobre la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas, Tabasco**, realizada por la alumna: **Erika Gómez García**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA:



DRA. ALEJANDRA SOTO ESTRADA

DIRECTOR DE TESIS:



DR. ÁNGEL SOL SÁNCHEZ

ASESOR:



DR. OCTAVIO RUIZ ROSADO

ASESOR:



DR. ARTURO PÉREZ VÁZQUEZ

ASESOR:



DR. SAÚL SÁNCHEZ SOTO

IMPACTO DE LA DEFOLIACIÓN DE MANGLE NEGRO (*Avicennia germinans* L.)
SOBRE LA ACTIVIDAD PESQUERA EN LAS COLORADAS, TABASCO

Erika Gómez García, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2015

Las actividades antrópicas y los factores ecológicos y climáticos afectan indirectamente a la pesquería. En el año 2010, las orugas de *Anacamptodes* sp. defoliaron 3,841 ha de árboles de *Avicennia germinans* L. en el estado de Tabasco, causando la muerte de la mayoría de éstos. Por tanto, se evaluó el efecto de la defoliación de *A. germinans* en la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas de Cárdenas, Tabasco, mediante una entrevista a pescadores e informantes clave. También se evaluó el daño foliar por la herbivoría en árboles plantados y de regeneración natural en tres zonas geográficas (alta, media y baja) y se determinó el coeficiente de correlación de Pearson entre el daño foliar y la altura y el diámetro. Finalmente, se determinaron los factores que inciden en la dinámica de la regeneración temprana de *A. germinans*. Se encontró que los pescadores dependen del manglar debido al volumen y la diversidad de especies faunísticas acuáticas que capturan, destacando los peces y crustáceos (camarón y ostión) que representan su única fuente de ingresos. El coeficiente de correlación de Pearson fue alto y estadísticamente significativo para la zona alta con $r = -0.895$ $P = 0.015$ para la altura y $r = -0.917$ $P = 0.009$ para el diámetro; para la zona media la correlación fue moderada y para la baja no hubo correlación. En relación con la dinámica de regeneración, existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para la altura de los árboles plantados y de regeneración natural y para la interacción zona x categoría de árbol; para el diámetro, las diferencias se registraron para la zona y los árboles plantados y regenerados. Estos últimos tuvieron mayor porcentaje de sobrevivencia (39.2 %). Los daños al manglar y a las zonas de pesca impactan en los ingresos de los habitantes de la comunidad. La herbivoría, la salinidad y la inundación afectan el desarrollo y sobrevivencia del mangle y consecuentemente la recuperación del ecosistema manglar.

Palabras clave: agroecosistema, biodiversidad, manglar, reforestación, sobrevivencia.

IMPACT OF MANGROVE BLACK (*Avicennia germinans* L.) DEFOLIATION ON FISHING IN THE EJIDO LAS COLORADAS, TABASCO

Erika Gómez García, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2015

The fishery is indirectly influenced by human activities, and ecological and climatic factors. In year 2010, the caterpillars of *Anacamptodes* sp. defoliated 3,841 ha of *Avicennia germinans* L. trees in the state of Tabasco, which caused the death of most of the trees. Therefore, the effect of defoliation of *A. germinans* in fishing at the ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, Cardenas, Tabasco, was evaluated by interviewing fishermen and key informants. Leaf damage by mangrove swamp in planted and naturally regenerated trees of *A. germinans* in three geographic zones (high, medium and low) were assessed. With the Pearson's correlation coefficient was determined the relationship between the leaf area damaged and the height and diameter. Finally, factors affecting the early regeneration of *A. germinans* were evaluated. It was found that fishermen depend on mangroves due to the volume and diversity of aquatic wildlife species that they capture particularly fish and crustaceans (shrimp and oyster) that represent the only source of income for them. The Pearson's correlation coefficient of was high and statistically significant $r = 0.895$ $P = 0.015$ for height and $r = -0.917$ $P = 0.009$ for the diameter in the high zone; a moderate correlation was found for both variables in the middle zone, while no correlation was found in the low zone. Regarding regeneration dynamics, it showed statistically significant differences ($P < 0.05$) for the height in planted and naturally regenerated trees and for the interaction zone x tree category; for diameter, differences were observed for the zone and for planted and naturally regenerated trees. The last ones had the highest percentage of survival (39.2 %). Mangrove swamp and fishing areas damages have impact on habitants' income of the community under study. Herbivory, salinity and flooding affect the development and survival of mangrove and consequently, mangrove swamp ecosystem recovery.

Key words: agroecosystem, biodiversity, mangrove swamp, reforestation, survival.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz por permitirme formar parte del Programa de Agroecosistemas Tropicales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para la culminación de este trabajo de Investigación.

A los integrantes de mi Consejo Particular, por el tiempo, la dedicación y apoyo brindado, especialmente a la Dra. Alejandra Soto Estrada por su confianza, dedicación y apoyo en la terminación de este trabajo de tesis.

Al personal del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz por el apoyo académico y administrativo durante mi permanencia en la institución.

A mis compañeros y amigos de la generación de Doctorado en Ciencias, por su amistad y tiempos compartidos en esta institución.

A mis amigos: Evelyn, Gina, Gustavo, José Alberto, Josué, Juan José, Lorena Vázquez, Lucero, Patricia, Jorge Cossio, Lorena Aguilar y Magui.

A mi familia, por todo el apoyo que me han brindado.

DEDICATORIA

A Juan Carlos y Julián

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Planteamiento del problema.....	4
2. Preguntas de investigación.....	6
3. Hipótesis.....	6
4. Objetivos.....	7
5. Revisión de literatura.....	8
5.1. El ecosistema manglar: origen y distribución.....	9
5.2. Disminución de la superficie de manglar.....	9
5.3. Biodiversidad: flora y fauna.....	10
5.4. Usos directos e indirectos del manglar.....	13
5.5. Cadena trófica (detritus).....	14
5.6. Impacto de las actividades económicas en el manglar.....	14
5.6.1. Impacto económico.....	15
5.6.2. Impacto social y político.....	16
5.7. Modelo conceptual del agroecosistema manglar.....	18
6. Literatura citada.....	21
CAPÍTULO 1. CONOCIMIENTO DEL IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO DE LA DEFOLIACIÓN DE <i>Avicennia germinans</i> L. EN LA ACTIVIDAD PESQUERA EN TABASCO, MÉXICO	29
1.1 Introducción.....	31
1.2. Materiales y métodos.....	32
1.2.1. Área de estudio.....	32
1.2.2. Sujetos de estudio y muestra.....	33
1.2.3. Diseño de los cuestionarios.....	34
1.2.4. Desarrollo de la entrevista.....	34
1.2.5. Análisis de la información.....	35
1.3. Resultados y discusión.....	35
1.3.1. Perfil de los pescadores.....	35
1.3.2. Impacto social de la defoliación de mangle.....	42

1.3.3. Impacto económico de la defoliación.....	45
1.3.4. Informantes clave: perfil de los entrevistados.....	46
1.4. Conclusiones.....	49
1.5. Literatura citada.....	50
CAPÍTULO 2. DAÑO FOLIAR CAUSADO POR HERBIVORÍA EN ÁRBOLES DE MANGLE NEGRO (<i>Avicennia germinans</i> L.) EN TABASCO, MÉXICO.....	54
2.1. Introducción.....	56
2.2. Materiales y métodos.....	57
2.2.1. Área de estudio.....	57
2.2.2. Selección de las parcelas de muestreo.....	58
2.2.3. Selección de individuos de mangle negro.....	59
2.2.4. Colecta de herbívoros.....	62
2.2.5. Análisis estadístico.....	62
2.3. Resultados y discusión.....	63
2.3.1. Identificación de herbívoros.....	70
2.3.2. Correlación de Pearson.....	71
2.4. Conclusiones.....	76
2.5. Literatura citada.....	77
CAPÍTULO 3. DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE <i>Avicennia germinans</i> L. PLANTADOS Y DE REGENERACIÓN NATURAL.....	80
3.1. Introducción.....	83
3.2. Materiales y métodos.....	85
3.2.1. Área de estudio.....	85
3.2.2. Establecimiento de las parcelas de muestreo.....	86
3.2.3. Selección de las unidades experimentales.....	88
3.2.4. Análisis estadístico.....	88
3.2.5. Distribución de las clases diamétricas.....	89
3.2.6. Determinación del índice de diversidad de Shannon-Weiner.....	90
3.2.7. Determinación de porcentaje de sobrevivencia, temperatura del suelo y nivel de profundidad del agua en las parcelas.....	90

3.2.8. Obtención de muestras para el análisis de suelo y agua.....	90
3.3. Resultados y discusión.....	91
3.3.1. Variables de crecimiento.....	91
3.3.2. Características de los árboles evaluados.....	94
3.3.3. Índice de diversidad de Shannon-Weiner.....	99
3.3.4. Supervivencia de <i>A. germinans</i> evaluados.....	100
3.3.5. Determinación de temperatura del suelo y profundidad del nivel del agua en las zonas de estudio.....	102
3.3.6. Análisis de suelo y agua.....	102
3.4. Conclusiones.....	108
3.5. Literatura citada.....	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	112
1. Conclusiones generales.....	112
2. Recomendaciones.....	114
ANEXOS.....	115

LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Variables del perfil de entrevistados relacionadas con los intervalos de edad.....	37
Cuadro 2.	Actividades secundarias realizadas por cada grupo de edad del ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas.....	38
Cuadro 3.	Lugares de captura de especies acuáticas por grupo de edad del ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas.....	40
Cuadro 4.	Causas de la defoliación del mangle negro manifestadas por los pescadores de cada grupo de edad.....	42
Cuadro 5.	Número de entrevistados y porcentajes que mencionaron los factores físicos que modificaron las características de la laguna.....	43
Cuadro 6.	Volumen total de extracción por especie por día con relación al lugar de pesca en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas en el año 2014.....	46
Cuadro 7.	Variables del perfil de entrevistado de acuerdo con el tipo de informante clave.....	46
Cuadro 8.	Escala de evaluación del nivel de daño del área foliar causado por herbivoría en <i>A. germinans</i>	60
Cuadro 9.	Análisis de varianza del arcoseno de los porcentajes de daño foliar de árboles de <i>A. germinans</i> del ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas.....	64
Cuadro 10.	Porcentaje de área foliar en árboles de <i>A. germinans</i> en la interacción zona x categoría de árbol x época durante el periodo 2013-2014.....	70
Cuadro 11.	Identificación de los organismos herbívoros recolectadas en hojas de mangle negro en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas.....	71
Cuadro 12.	Análisis de varianza de las variables altura y diámetro de los árboles plantados y de regeneración natural del periodo 2013-2014.....	92
Cuadro 13.	Profundidad del agua en las parcelas para el periodo de 2013 y 2014.....	101

Cuadro 14.	Propiedades físico-químicas del suelo de las parcelas en tres épocas del año en el año 2014.....	106
Cuadro 14	Propiedades físico-químicas del agua de las parcelas en tres épocas del año en el año 2014.....	107

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Esquema de la problemática de la defoliación de mangle en el contexto social, económico, cultural, ecológico y político.....	5
Figura 2.	Esquema del Modelo conceptual del agroecosistema de manglar considerando tres niveles de interacción.....	19
Figura 3.	Ubicación del ejido Las Coloradas, Ampliación las Aldeas, Cárdenas, Tabasco.....	33
Figura 4.	Diferenciación de grupos de edades del ejido Las Coloradas, Ampliación las Aldeas.....	36
Figura 5.	Volumen promedio de pesca por grupo de especies (A) y de crustáceos (B) en el ejido Las Coloradas.....	41
Figura 6.	Área de estudio en Cárdenas, Tabasco.....	58
Figura 7.	Distribución y coordenadas de las parcelas de muestreo en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas , Cárdenas, Tabasco.....	59
Figura 8.	Daño foliar en los márgenes de las hojas de árboles de <i>A. germinans</i>	65
Figura 9.	Porcentaje de área foliar dañada en árboles de <i>A. germinans</i> en tres épocas del año.....	66
Figura 10.	Porcentaje de área foliar dañada en árboles de <i>A. germinans</i> en la interacción zona x categoría de árbol.....	68
Figura 11.	Porcentaje de área foliar dañada en árboles de <i>A. germinans</i> en la interacción zona x época.....	68
Figura 12.	Porcentaje de área foliar dañada en árboles de <i>A. germinans</i> en la interacción categoría de árbol x época.....	69
Figura 13.	Correlación entre el porcentaje de área foliar dañada y la altura (A) diámetro del tallo (B) en la zona alta.....	72
Figura 14.	Correlación entre el porcentaje de área foliar dañada (daño foliar) y la altura (A) y diámetro del tallo (B) de la categoría de árbol de <i>A. germinans</i> plantados en la zona media.....	73

Figura 15.	Porcentaje de área foliar dañada en árboles de <i>A. germinans</i> y la temperatura °C durante el periodo comprendido entre el 2013 y 2014.....	74
Figura 16.	Porcentaje de área foliar dañada en árboles de <i>A. germinans</i> y la precipitación en mm durante el periodo comprendido entre el 2013 y 2014.....	75
Figura 17.	Área de estudio en Cárdenas, Tabasco.....	87
Figura 18.	Media de la altura (cm) de los árboles plantados y árboles de regeneración natural evaluados.....	92
Figura 19.	Medias de variable diámetro (cm) para la zona; B. Medias de la variable diámetro para la categoría de árbol.....	94
Figura 20.	Clases diamétricas establecidas de datos registrados en la época de seca de 2013. A, B, C y D corresponden a las zonas de marea alta, media, baja y testigo.....	97
Figura 21.	Grado de alteración Nivel II del manglar del ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas en junio de 2010.....	98
Figura 22.	Situación de los árboles muestreados (A) árbol muerto en pie, (B) árbol macheteado/talado, (C) árbol desraizado con tendencia a desprenderse del suelo.....	101

INTRODUCCIÓN GENERAL

La actividad pesquera tiene un valor económico alto, social y alimentario. Ésta forma parte de una cadena productiva donde se generan empleos directos e indirectos, valor agregado, divisas, materia prima para otras industrias y contribuye a la seguridad alimentaria. En México, la pesca se realiza a pequeña y mediana escala mediante flotas artesanales, con excepción de aquella de atún blanco (*Thunnus alalunga* L.), sardina (*Centregaulis mysticetus* Günter) y camarón cristal (*Penaeus brevirostris* Kingsley) que son a nivel industrial. En el año 2008 se extrajeron 1.5 millones de toneladas (peso vivo) de estas especies, representando el 14 % de la producción para el Golfo de México (Carta Nacional Pesquera, 2010; Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011).

Los ecosistemas acuáticos cubren aproximadamente el 17 % de la superficie del estado de Tabasco. En el litoral tabasqueño se localizan los sistemas lagunares Carmen-Machona, Tupilco-Ostión y Mecoacán y estos sistemas lagunares sostienen en gran medida la actividad pesquera artesanal que representa una de las actividades económicas principales (Marín-Mezquita *et al.*, 1997; Bueno *et al.*, 2005). Particularmente, la pesquería del ostión (*Crassostrea virginica* Gmelin), es de las de mayor importancia ya que además de servir de alimento para los seres humanos, es fuente de empleo para tres mil familias de las comunidades costeras de Tabasco (Aldana, 2008). La Secretaría de Desarrollo Agropecuario Forestal y Pesca (SEDAFOP) confirma que Tabasco ocupa el segundo lugar a nivel nacional en producción ostrícola (Aldana, 2008), siendo el área de mayor producción el complejo lagunar Carmen-Pajonal-Machona, ubicado en el municipio de Cárdenas (Bueno *et al.*, 2005).

Las principales especies que se pescan en los cuerpos de agua del estado de Tabasco son el camarón blanco (*Penaeus setiferus* Linnaeus), camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* Heller), ostión (*C. virginica*), jaiba (*Callinectes sapidus* Rathbun), jurel (*Caranx hippos* Linnaeus), tilapia (*Oreochromis urolepsis hornorum* Trewavas),

mojarra tenhuayaca (*Petenia splendida* Günter), mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus* Günter) y el robalo (*Centropomus poeyi* Chávez), entre otras (CONAPESCA, 2012).

Muchas de las especies acuáticas características de los cuerpos de agua del estado, están presentes en el manglar, que es un ecosistema característico de las zonas costeras y se conforma principalmente por varias especies de árboles llamados mangle. En los trópicos, los manglares desempeñan un papel fundamental en la dinámica ecológica y la economía de las comunidades costeras (Din *et al.*, 2002), siendo uno de los ecosistemas de más alta productividad en el mundo en cuanto a pesca se refiere. Muchos organismos acuáticos utilizan las zonas de manglares para su desarrollo temprano y luego emigran mar adentro. Esta es la razón por la cual las aguas costeras bordeadas por bosques de estas especies, en general, son buenas zonas de pesca de peces de aleta y crustáceos (Chale, 1996). A nivel mundial, existen alrededor de 60 especies de mangle, pertenecientes a 20 familias botánicas (Dod y Afzal, 2002), aunque González *et al.* (2008) consideran la existencia de 54 especies distribuidas en 16 familias botánicas.

En el estado de Tabasco se han registrado cuatro especies de mangle. Estas son mangle rojo (*Rizophora mangle* L.), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* L.), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.) y mangle negro (*A. germinans*), que ocupan una extensión aproximada de 41,498.5 ha representando el 5.9% del total nacional (Bueno *et al.*, 2005; CONABIO, 2008). La superficie cubierta por los manglares ha disminuido debido a las diferentes actividades humanas como el cambio de uso de la tierra en zonas costeras ya sea para la agricultura, ganadería o vivienda. Además, por la presencia de plaguicidas que se aplican en áreas cercanas y que llegan al manglar por lixiviación de los mismos, contaminación por derrame de aceite o petróleo, acuacultura intensiva, tala, desarrollos turísticos y recientemente la introducción de granjas extensivas de camaronicultura comercial (Rey y Rutledge, 2001; Din *et al.*, 2002; FAO, 2005; Flower e Imbert, 2006). De estas actividades, la tala excesiva y furtiva para la obtención de leña y madera es la principal causa de la disminución de

superficie del mismo. Actualmente, se reporta que la población de mangle negro continúa disminuyendo, esto debido a la defoliación que termina con la muerte de los árboles. Orozco (1997) reportó que las orugas de un insecto defoliador de la familia Geometridae, identificado a la fecha como *Anacamptodes* sp. es la especie causante de éste daño.

Por lo anterior, la presente investigación consideró abordar el tema desde una perspectiva holística, al determinar si el proceso de degradación del manglar provocado por la presencia de insectos herbívoros defoliadores, ha tenido un efecto negativo en la actividad pesquera y las repercusiones que éste ha tenido en el contexto social, económico, cultural y ecológico regional.

El presente documento está estructurado en seis secciones. La primera sección incluye una revisión de literatura que describe y analiza la importancia del manglar en los contextos social, económico y político. Además, se propone un modelo conceptual del aprovechamiento antrópico del manglar como agroecosistema, basado en definiciones de diversos autores. La segunda sección presenta información acerca de la relación de la actividad pesquera y los bosques de manglar. Es decir, la repercusión que tiene la deforestación del mangle en el volumen de especies acuáticas capturadas. La tercera sección trata sobre la determinación del daño foliar causado por insectos herbívoros y la identificación taxonómica de los mismos. En la cuarta sección se determinan los factores que inciden en la dinámica de la regeneración del mangle negro. En la quinta sección se expresan las conclusiones generales y; finalmente, en la sección seis se presentan los anexos que incluyen las encuestas aplicadas a los pescadores y a los informantes clave.

1. Planteamiento del problema

El aprovechamiento de la flora y la fauna en el estado de Tabasco representa un problema debido a que no existe un manejo adecuado racional y regulado de las mismas y por tanto no se propician acciones de conservación. Esta situación ha llevado a la disminución y desaparición de poblaciones de especies acuáticas y terrestres como consecuencia de la alteración de ambientes o ecosistemas que servían como hábitat de estas especies (Challenger, 1998; Montiel *et al.*, 1999; Centurión *et al.*, 2004).

Los manglares se consideran importantes en la cadena alimentaria marina, debido a su función en la estabilización de sedimentos y la protección de las costas contra la erosión (Dodd y Afzal, 2002). La defoliación del mangle negro representa una fuerte alteración del ecosistema y en ocasiones pone en riesgo la sobrevivencia de la población de especies acuáticas de importancia comercial. Este ecosistema es generador de nichos y hábitat de especies como el cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi* L.), ostión (*C. virginica*), la jaiba (*Callinectes sapidus* Rathbun) y una diversidad de peces que dependen del manglar, debido a que se alimentan de detritus y se desarrollan en dichos cuerpos de agua, especialmente en sistemas estuarinos y lagunares. Además, esta alteración provoca la invasión de especies florísticas como la chilera (*Batis marítima* L.) que propician la eliminación de especies pioneras propias del ecosistema (Sol *et al.*, 2012).

Por ello, la muerte de las poblaciones de mangle provoca la alteración del ecosistema, que se ve reflejado en la desaparición del *continuum* ecológico de la zona, la ruptura de la cadena trófica terrestre y acuática y el desplazamiento de la fauna residente y migratoria hacia otros sitios (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2010). La Figura 1, presenta un esquema que presenta la problemática socio-cultural, económica, ecológica y política ocasionada por la defoliación del mangle.

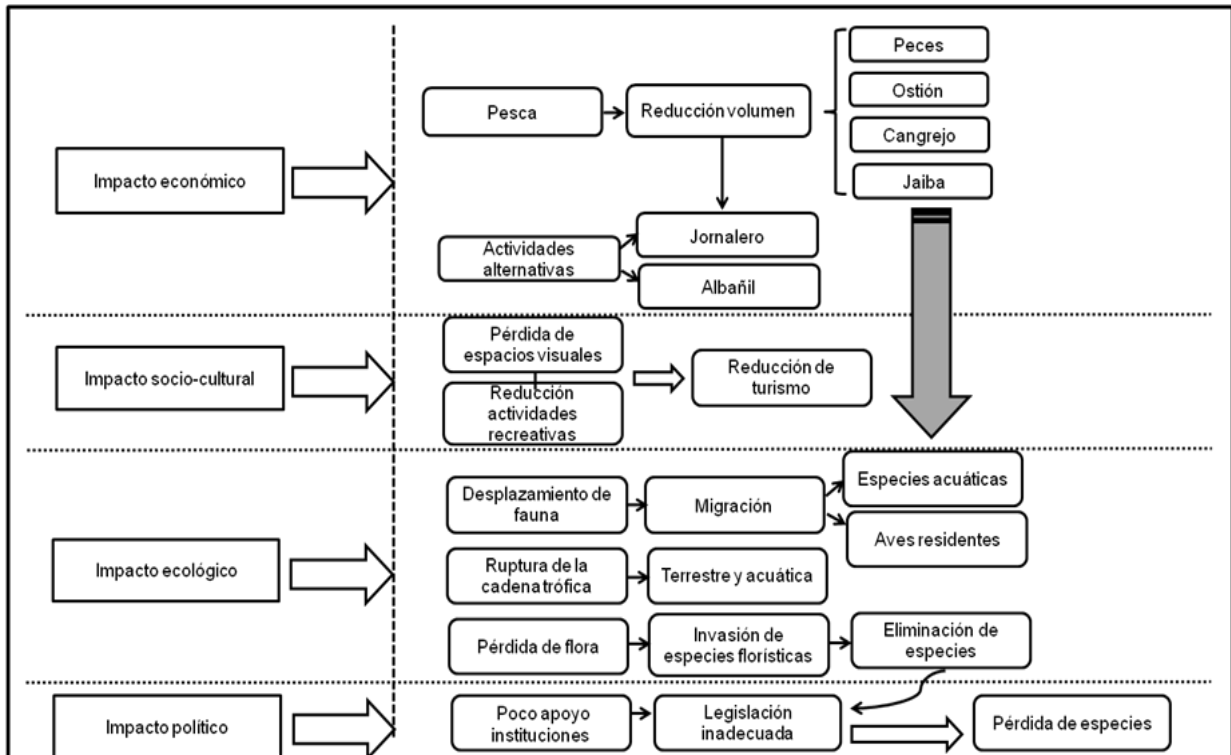


Figura 1. Esquema de la problemática de la defoliación de mangle en el contexto social, económico, cultural, ecológico y político.

El impacto económico productivo se ve reflejado en la reducción de volumen de pesca y captura de especies que provienen del Complejo lagunar Carmen-Pajonal-Machona, en el municipio de Cárdenas; conduciendo a los pescadores a realizar actividades alternativas como emplearse de jornaleros y albañilería. El impacto socio-cultural es visible ante la pérdida de espacios visuales y de actividades recreativas que se realizan en el manglar, como la observación de aves, pesca recreativa, entre otras. Otro impacto severo es en el contexto ecológico, al generarse desplazamiento de fauna, provocando la migración de aves y especies acuáticas. De igual manera, se da la ruptura de la cadena trófica terrestre y acuática. Por último, el impacto político al hacer caso omiso a lo establecido en la NOM-029 y la Ley General de la Vida Silvestre que fomentan el uso sostenible y la protección de las especies acuáticas que requieren acciones de protección al nivel internacional.

2. Preguntas de investigación

Considerando las causas de la defoliación del manglar que ha derivado en una problemática socioeconómica y ecológica compleja existente en el manglar, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué tanto se ha visto alterada la actividad pesquera realizada en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco a consecuencia de la defoliación de mangle negro?

¿Ha repercutido la defoliación en una disminución en el volumen de pesca de las especies comercialmente importantes en la comunidad de estudio?

¿Cuáles son los daños y los efectos que ha ocasionado la defoliación de mangle negro y de qué manera se reflejan en la recuperación del manglar del ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco?

3. Hipótesis

Hipótesis general

La defoliación del manglar ha tenido un impacto diferencial en su recuperación como ecosistema y en la actividad pesquera del ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco.

Hipótesis particulares

- I. La defoliación de mangle negro afecta el desarrollo socio- económico de la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco.

- II. La reducción de la población de mangle negro en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco se debe al grado de infestación de insectos herbívoros.
- III. La dinámica de regeneración temprana de *A. germinans* en el ejido Las Coloradas, Tabasco depende principalmente de las características físicas y químicas del suelo más que las del agua.

4. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la defoliación de *A. germinans* en la recuperación del manglar y la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco.

Objetivos particulares

- I. Evaluar el impacto socio-económico del daño ocasionado por la defoliación de *A. germinans* sobre la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas Tabasco.
- II. Estimar el daño de los insectos herbívoros en las poblaciones de mangle negro en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Tabasco.
- III. Determinar los factores que inciden en la dinámica de la regeneración temprana de *A. germinans* en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco.

5. Revisión de literatura

El manglar es un ecosistema compuesto por árboles tropicales que tienen como características relevantes tolerancia a la inundación y a la salinidad del suelo y del agua, diversidad taxonómica de especies vegetales y animales, crecimiento y desarrollo en planicies, humedales costeros, bahías y estuarios (Duke *et al.*, 1998). Este ecosistema es zona de refugio de aves y mamíferos pequeños, hábitat natural de especies silvestres de flora y fauna y lugar de desarrollo de diversas especies acuáticas de importancia económica (González *et al.*, 2008; Camargo y Coutinho, 2012). También, es zona de transición y amortiguamiento entre ecosistemas terrestres y marinos, barrera natural contra eventos naturales (vientos y huracanes) y participa en la productividad y aporte de nutrientes en los sistemas costeros; las raíces y la hojarasca (hojas, ramas y propágulos), proporcionan entradas considerables de carbono orgánico a los sedimentos de manglar. La hojarasca representa un tercio de su producción primaria neta. Es decir, ocho toneladas de peso seco $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$. Dicho bosque tiene una tasa de descomposición de hojarasca $1000 \text{ g peso seco m}^2 \text{ año}^{-1}$ (López *et al.*, 2011; Madhumita *et al.*, 2011; Nguyen *et al.*, 2012).

Existen alrededor de 60 especies de mangle pertenecientes a 20 familias botánicas, las cuales se distribuyen alrededor del mundo. En México se han registrado cuatro de las 60 especies, siendo el mangle rojo (*R. mangle*), el mangle blanco (*L. racemosa*), el mangle botoncillo (*C. erectus*) y el mangle negro (*A. germinans*) (Dod y Afzal, 2002). Además de las especies de mangle, el manglar se compone de especies florísticas (halófitas) y faunísticas (nativas, migratorias y endémicas). La presencia de especies acuáticas, principalmente peces, crustáceos, bivalvos y moluscos hace de la pesca la actividad primaria de las comunidades cercanas al manglar (Alonso-Pérez *et al.*, 2003; Carrasquilla-Henao *et al.*, 2013). El objetivo del presente estudio fue analizar los elementos necesarios para considerar al manglar como un agroecosistema basado en las definiciones propuestas por Conway (1987), Trebuil (1990), Martínez- Dávila *et al.* (2004) y Ruíz-Rosado (2006), quienes lo definen como las modificaciones de los ecosistemas con la intención de obtener bienes y servicios a través de los procesos de

producción agrícola, pecuaria, forestal o de la fauna silvestre implementadas y manejadas por el hombre.

5.1. El ecosistema manglar: origen y distribución

El origen, distribución, diversificación y dispersión del manglar forma parte del proceso influenciado por eventos geográficos y climáticos que ocurrieron durante los periodos Cretácico superior y Cenozoico. En la actualidad, de los cuatro géneros de mangle antes mencionados, el género *Avicennia* fue el primero en originarse y cruzar el antiguo mar de Tetis (actualmente mar Mediterráneo) y se encuentra distribuido más ampliamente. Mientras que los otros géneros originados posteriormente detuvieron su avance al cerrarse la comunicación con el océano Índico (Rico, 1993). En México, la distribución del manglar se redujo debido a la falta de condiciones favorables para su sobrevivencia como temperaturas elevadas, precipitación y salinidad del suelo. Por tanto, las especies presentes son resultado de la evolución de las raíces (neumatóforos) y las semillas vivíparas (Rico, 1993; Jiménez, 1994; Dodd *et al.*, 1998). Actualmente existen 16, 530,000 ha de manglar distribuidas en todo el mundo. Los países con mayor extensión de estos bosques son Indonesia, Brasil, Nigeria, Australia y México. Este último cuenta con una superficie de 655,667 ha, de las cuales 41,498.5 (5.9 %) se encuentran en el estado de Tabasco (Domínguez *et al.*, 2011).

5.2. Disminución de la superficie del manglar

Durante la década de 1980, la superficie del manglar se redujo en un 35 % en todo el mundo. Una de las causas principales ha sido el impacto directo de las actividades económicas como la camaronicultura y la acuicultura. Estas han propiciado el cambio de uso de suelo, devastando superficies de manglar para dar paso a cultivos comerciales como el coco y el arroz en Tailandia y Colombia (Páez, 2005). En México, estas actividades han llamado la atención por el impacto que provocan los efluentes vertidos a los sistemas costeros, que causan eutroficación y alteran las áreas de cría y reproducción de peces (Páez, 2005; SEMARNAT, 2005). Otras causas de reducción de

superficie de manglar son las actividades antrópicas, principalmente el desarrollo turístico y urbano, la construcción y ampliación de carreteras, la contaminación y la deforestación (Orihuela, 2004; FAO, 2005).

Adicionalmente y recientemente el cambio climático también contribuye a la pérdida de superficie, al presentarse variaciones de temperatura que provocan desajustes en la biota y propicia la presencia de insectos plaga, como las orugas barrenadoras del mangle *Psychonoctua personalis* Grote, 1865, *Metachroma Clarkei* Blake, 1970, *Trioza* spp., *Psyllidae* spp. (Barreto, 2008) y *Anacamptodes* sp., que causan defoliación y muerte de los árboles de mangle como lo reporta Orozco (1997) que ha sucedido en los estados de Campeche y Tabasco.

5.3. Biodiversidad: flora y fauna

Dentro de las especies asociadas a los árboles de mangle se encuentran algunas herbáceas halófitas como la verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum* L.), la saladilla (*Batis marítima* L.) y *Blutaparon* spp. que crecen en los bordos de los canales entre los árboles de mangle y el agua salina. También se observan plantas epífitas como las orquídeas dama de la noche (*Brassavola nodosa* L.), cebolleta (*Catasetum integerrimum* Hook 1840), cacho de toro (*Myrmecophila tibicinis* (Baterman) Rolfe 1917), boothii (*Nidema boothii* (Lindl.) Schltr 1922), y *Prosthechea boothiana* (Lindl.) W.E. Higgings; el helecho gigante (*Acrostichum aureum* L.), piñuela (*Aechmea bracteata* S.W. Griseb), gallito (*Tillandsia brachycaulos* Schtdlt), clavel de aire (*Tillandsia bulbosa* Hook), lirio (*Tillandsia ionantha* Planch); cactus (*Selenicereus* sp.) y *Selenicereus testudo* (Karw) Buxb (Bueno *et al.*, 2005; Pennington y Sarukhan, 2005; Domínguez *et al.*, 2011).

Además de las especies antes mencionadas, Charcape y Moutarde (2005) reportan 44 especies de fanerógamas presentes en el manglar San Pedro en Perú, entre las que destacan Moquin (*Alternanthera peruviana*), cadillo (*Cenchrus echinatus* L.), grama salada (*Distichlis spicata* (L.) Greene) y bejuco (*Ipomoea crassifolia* Cavanilles). El

manglar es un hábitat permanente y sitio de forraje y refugio para organismos terrestres como aves, reptiles y mamíferos y acuáticos que incluye peces, crustáceos y moluscos (Nagelkerken *et al.*, 2008). De la fauna acuática, los peces forman uno de los grupos más importantes a nivel alimenticio, económico y de subsistencia ya que se reportan más de 120 especies de peces de agua salina y de estuario (Espinoza y Daza, 2005). Comercialmente hablando, la mojarra es la especie más importante, seguida de la lisa (*Mugilidae* spp.), el pargo (*Lutjanidae* spp.), el sabalote (*Chanos* spp.) y el robalo (*Centropomus* spp), además, de especies de menor importancia como la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) (Günther, 1867) y la corvina lona (*Micropogon* sp.) (Bueno *et al.*, 2005; Espinoza y Daza, 2005).

El segundo grupo en importancia lo constituyen los crustáceos como los camarones, las jaibas y los cangrejos. Los camarones ingresan a las lagunas costeras en la fase de mysis (larva planctónica) como parte de su ciclo biológico; después, cambian de fase a post-larva, la cual puede permanecer varias semanas o meses dentro de la laguna o los estuarios; posteriormente abandonan la laguna en etapa de juveniles para incorporarse a la población adulta (Álvarez *et al.*, 2005).

Las especies de mayor importancia económica mundial, especialmente en el suroeste del Golfo de México son el camarón café (*F. aztecus*) y el camarón rosado (*F. duorarum*) que usan las raíces del mangle como zona de refugio en las etapas de post-larva y juvenil. El camarón blanco (*L. setiferus*) y el camarón siete barbas (*X. kroyeri*) constituyen un recurso pesquero de alto valor económico a nivel regional, donde los habitantes de las comunidades ribereñas los capturan de manera artesanal (Álvarez *et al.*, 2005; Ogburn *et al.*, 2013).

La jaiba prieta (*Callinectes rathbunae* (Contreras, 1930) y la jaiba azul (*C. sapidus*) son especies endémicas del Golfo de México que se capturan de forma artesanal (Álvarez *et al.*, 2005). Por último, está el grupo de los cangrejos, donde resalta el cangrejo azul (*C. guanhumi*) que construye su madriguera en las orillas de los estuarios y lagunas costeras y se comercializa regionalmente en los mercados locales debido al aporte

proteico que proporciona la carne concentrada en las quelas, comúnmente llamadas “manos de cangrejo”. Existen otras especies como el cangrejo del fango (*Rhithropanopeus harrissi* (Gould, 1841) que se distribuye en las lagunas costeras y se asocian a los bancos y las raíces del mangle, y los cangrejos de manglar: *Aratus pisonii* (H. Milne Edwards, 1837), *Armases americanum* (Saussure, 1858), *Armases cinereum* (Bosc, 1802), *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1802), *Sesarma crassipes* (Cano, 1889), *Sesarma curacaoense* (de Man, 1892), *Uca burgersi* (Holthuis, 1967), *Uca marguerita* (Thurman, 1981), *Uca pugnax* (Smith, 1870) y *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763). Estos cangrejos son característicos de países como Japón, Corea, Taiwán, Indonesia, Australia, Madagascar, la Costa del este de África, Islas Carolinas y México. Generalmente se les encuentra trepados en las ramas o troncos del mangle de los géneros *Avicennia* y *Laguncularia* (Micheli, 1993; Shokita, 2004; Alongi, 2008). Aunque no son de importancia económica, forman parte de la cadena trófica y son importantes en la estructuración y funcionamiento de los bosques de manglar al consumir aproximadamente el 70% de la hojarasca total anual que se encuentra en el suelo (Cannicci *et al.*, 2008; Diele *et al.*, 2012).

El tercer grupo lo conforman los moluscos, representados principalmente por gasterópodos y bivalvos. Dentro de los gasterópodos destacan por su importancia económica y cultural el caracol pata de mula (*Melongena melongena* L.) que se captura a lo largo del litoral del Pacífico, y el caracol tegogolo (*Pomacea patula* (Baker, 1922), el cual es endémico de Veracruz, México y se estima que se capturan 24 t⁻¹ año⁻¹. En el grupo de los bivalvos, la especie que juega un papel importante en la actividad pesquera es el ostión (*C. virginica*), el cual se encuentra distribuido en los países de Japón, Corea, China, Estados Unidos y México (Aldana, 2004). En el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, México, en cuanto a diversidad, se registra el mayor número de bivalvos (Rangel y Gamboa, 2005; López *et al.*, 2012).

5.4. Usos directos e indirectos del manglar

El manglar proporciona beneficios que se clasifican en usos directos e indirectos. Los directos corresponden a la leña que se utiliza como energía y/o combustible para la cocción de alimentos, ahumado del pescado, horneado de ladrillos y elaboración de carbón; madera para la construcción, duelas para pisos, postes para cercas, postes para atrapar peces, boyas para pesca; corteza para usos medicinales y extracción de taninos para la conservación de las redes; y semillas que se sirven de alimento (Nash y Nee, 1984; Ashton y Macintosh, 2002; Pennington y Sarukhán, 2005; Bradley *et al.*, 2008).

Los usos indirectos son el aprovechamiento de los peces, crustáceos, bivalvos, reptiles, aves (alimento y plumas); el suministro de abono proporcionado por la hojarasca del cual se alimentan las especies acuáticas. Otros usos indirectos son la obtención de miel y ceras; servicios de biodiversidad y culturales; servicios ambientales (captura de carbono para reducir los efectos que induce la ruptura de la capa de ozono y el efecto invernadero); retención de materia orgánica en forma de turba; y función de fitorremediación a través de *R. mangle* y *A. germinans* ya que poseen un sistema de filtración que excreta sales, permitiéndoles tolerar niveles considerables de trazas de metales pesados como el cromo, cadmio, zinc, plomo y níquel, provenientes de las aguas residuales de las industrias (Sánchez y Ruíz, 2008; Madhumita *et al.*, 2011; Sanjurjo y Campos, 2011; Brander *et al.*, 2012).

En el estado de Tabasco, los habitantes de las comunidades rurales que habitan en la cercanía de los manglares, muelen las conchas del ostión hasta obtener un polvo fino, el cual utilizan para la cocción del maíz. También, utilizan las escamas de peces de gran tamaño para elaborar artesanías que exponen en eventos locales (Comunicación personal). Una alternativa de uso que puede llegar a tener auge es la obtención del quitosano de las cáscaras de cangrejo y camarón a través del proceso de desacetilación de la quitina, el cual se utiliza en la ciencia médica, agrícola y en la industria alimentaria (Varma *et al.*, 2004; Jayakumar *et al.*, 2010). Por tanto, lo que se

considera un desecho para la actividad acuícola puede ser la materia prima para otras industrias.

En cuanto a la productividad primaria, el manglar aporta $24 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de peso seco, considerándose uno de los ecosistemas de más alta productividad en el mundo, en comparación con algunos ecosistemas como las selvas que aportan $20 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de peso seco, las selvas perennifolias $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ peso seco y las caducifolias $8 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ peso seco. Si se compara con ciertos agroecosistemas, la productividad del manglar es similar a la de caña de azúcar ($25 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ peso seco) y ligeramente menor que la del arroz ($20 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ peso seco) (Flores *et al.*, 2007).

5.5. Cadena trófica (detritus)

La pérdida de cubierta forestal de manglar es un factor que ha ocasionado ruptura de la cadena trófica, debido a que diversas especies de fauna dependen del hábitat generado por el manglar. En la cadena alimentaria de un manglar la energía fluye a través de dos vías: 1) los cangrejos, los gasterópodos y los peces consumen directamente las hojas y raíces y 2) las bacterias y hongos presentes en el suelo que transforman la hojarasca, raíces y propágulos en detritus, el cual representa una fuente de alimento para los organismos bentónicos y planctónicos (Shokita, 2004). Esta cadena y su proceso de degradación microbiana conducen a la mineralización de elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo y azufre, así como a la regeneración de nutrientes al medio. El manglar realiza una función importante en el ciclo de nutrientes, al exportar el detritus vegetal y al participar en la descomposición, remineralización y producción de plancton (Roy *et al.*, 2012).

5.6. Impacto de las actividades económicas en el manglar

El ser humano, en su afán de sobrevivencia, tiene la necesidad de modificar su ambiente, convirtiendo los ecosistemas en sistemas productivos los cuales difieren en diversidad y riqueza de especies, homogeneidad espacial, uniformidad genética de

especies, fragilidad a la presencia de plagas y dependencia parcial o total del hombre. Uno de los ambientes que ha modificado es el manglar al implementar actividades como acuacultura, forestería y usos de subsistencia local para la generación de bienes y servicios (Dajoz, 2001).

5.6.1. Impacto económico

La pesca ribereña realizada en el manglar es una actividad importante que genera un valor económico, social y alimentario. Forma parte de una cadena productiva donde se generan empleos directos e indirectos, valor agregado, divisas y materia prima para la industria. Además, es parte de la seguridad alimentaria en diversos países. Por ejemplo, en la India, la captura de peces y camarones representa el 74 % del volumen total de pesca realizada en dicho bosque (FAO, 1991; Nagelkerken *et al.*, 2008; Madhumita *et al.*, 2011).

Asimismo, la pesca comercial de camarón constituye un pilar económico en países como Australia, Borneo, las Guayanas y México quienes se benefician significativamente ya que la mayor parte de la captura la realizan en el manglar (Spalding *et al.*, 2010). En el Golfo de México, se estima que el 90 % de las capturas comerciales y el 70 % de la pesca recreativa dependen de los estuarios de manglar durante las fases de cría, larva y postlarvas de varias especies (FAO, 1991).

La actividad pesquera en México, aporta el 0.8 % del PIB nacional y ocupa el 20 % del empleo del sector primario. Esto es 1, 180,000 empleos. El consumo *per cápita* de productos pesqueros es de 10.6 kg al año (CONAPESCA, 2012). En el estado de Tabasco, esta actividad económica es una de las principales debido a que el 17 % de la superficie total del estado está cubierto por ecosistemas acuáticos (Bueno *et al.*, 2005). El ostión es una de las especie de mayor importancia a nivel nacional, destacando los estados de Veracruz y Tabasco. En este último, la mayor producción ostrícola se produce en el complejo lagunar Carmen-Pajonal-Machona ubicado en el municipio de Cárdenas. Además del ostión, la pesquería en Tabasco la conforma la

captura del camarón blanco, la jaiba azul, el jurel (*Caranx hippos* L.) y el robalo (Bueno *et al.*, 2005; Aldana, 2008).

Antes de la década de los 90's, los habitantes de las comunidades cercanas al manglar capturaban peces como el robalo, el sábalo (*Megalops atlanticus* Silver), el pejelagarto (*Atractosteus tropicus* Gill); crustáceos como el cangrejo azul y la jaiba azul; moluscos como el ostión y el caracol pata de mula y reptiles como la iguana (*Iguana iguana* L.). En la actualidad, la pesca y captura de las especies ha ido disminuyendo por causas como la degradación de la zona costera que reduce el potencial de captura en las pesquerías de pequeña escala y el cambio climático, asociado a eventos como el "Niño" y la sobrexplotación del recurso, particularmente cuando no se respetan las épocas de veda (Galmiche y Solana, 2011; Ley General de Pesca, 2012).

El ostión es una de las especies que se somete a veda dos veces al año con el propósito de mantener la producción sostenible y responsable (SAGARPA, 2009). Esta especie habita en la raíces del mangle donde se fija desarrolla y protege hasta alcanzar el tamaño adulto (CONABIO, 2008; Díaz, 2011). El cangrejo azul y el moro son especies apreciadas en el estado de Tabasco. El cangrejo azul se captura para venta y consumo familiar y el moro se utiliza como carnada para la captura de pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier 1797). La captura de ambos crustáceos se realiza con equipo de bajo costo; esto, comparado con la captura de peces, es una fortaleza ya que favorece la economía de las familias de bajos recursos y que dependen de esta actividad (Alongi, 2008; Diele *et al.*, 2012).

5.6.2. Impacto social y político

El ecoturismo es una actividad que ha tenido una demanda creciente en los últimos años. Éste se realiza en muchos ecosistemas naturales incluyendo el manglar, el cual propicia el desarrollo social de las comunidades cercanas a éste. Las principales actividades que se realizan son paseos en embarcaciones, observación de aves, fauna terrestre silvestre y cinegética (pesca deportiva-recreativa) (Rudzewicz y Lanzer, 2008).

Aun cuando las actividades antes mencionadas contribuyen a la cohesión social y económica de las comunidades, existen factores que dependen directamente de decisiones políticas y que tienen impacto en la dinámica de los manglares tomando medidas sobre como el cambio de uso de suelo del manglar, la ausencia o deficiencia de planes de manejo, planes integrales de desarrollo costero mal ejecutados y una legislación inapropiada que ocasionan disturbios antrópicos en el manglar (Ellison y Farnsworth, 1996). Carmona *et al.* (2004) consideran que dentro de los planes de manejo se debe tomar en cuenta la interacción entre los elementos bióticos y abióticos, la estructura y dinámica del manglar, el aprovechamiento tradicional de los recursos, el ecoturismo y la educación ambiental (Hernández *et al.*, 2012).

Los principales disturbios que dañan al manglar se vinculan con el crecimiento económico, actividades agropecuarias, extracción de madera, infraestructura portuaria, carreteras y puentes, pesquerías manejadas inadecuadamente, turismo mal enfocado y contaminación con plaguicidas y basura (Ellison y Farnsworth, 1996; Hernández, 2013). Por lo anterior y con el objetivo de conservar los manglares de manera sostenible, en 1982 la ONU emitió la Carta Mundial de la Naturaleza, misma que México adoptó y aplicó a partir del año 1991 (Field, 1999). Además, se cuenta con el Código Penal Federal cuyo Artículo 414, está relacionado con la contaminación y estipula que “se impondrá pena de uno a nueve años de prisión y de 300,000 días de salario mínimo de multa al que ilícitamente o sin aplicar las medidas de prevención o seguridad, realice actividades de producción, almacenamiento, tráfico, importación o exportación, transporte, abandono, desecho, descarga, o realice cualquier otra actividad con sustancias consideradas peligrosas por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, radioactivas u otras análogas, lo ordene o autorice y que cause un daño a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a los ecosistemas, a la calidad del agua, al suelo, al subsuelo o al ambiente”; esto aplica para los manglares.

Existen otras leyes que determinan y regulan el uso de los recursos naturales tales como la Ley General de Bienes y Servicios que impulsa el fomento de las actividades turísticas y recreativas de las zonas marítimas-terrestres (Capítulo único, Artículo 120),

la Ley General de Pesca que promueve la conservación de los ecosistemas costeros (Capítulo 1, Artículo 9), la Ley General de vida silvestre que sugiere el aprovechamiento de manera sustentable de los recursos forestales maderables y las especies que dependan del agua (Capítulo único, Artículo 1) y la Constitución Política que otorga el derecho de aprovechar los recursos naturales de manera regulada (Artículo 27).

5.7. Modelo conceptual del agroecosistema manglar

El manglar proporciona beneficios ecosistémicos económicos. Este último a través del manejo productivo. Los manglares son dinámicos, por lo tanto son ideales para establecer sistemas productivos como la camaronicultura, la ostricultura, la acuicultura, la apicultura y la ganadería, con el fin de adquirir beneficios económicos, a través de la obtención de recursos, materias primas y productos útiles para el ser humano.

Considerando los elementos anteriormente expuestos y las definiciones de Conway (1987), Trebuil (1990), Martínez-Dávila *et al.* (2004) y Ruíz-Rosado (2006), se propone un modelo conceptual del manglar como agroecosistema donde se consideran tres niveles. En el primero convergen los factores bióticos y abióticos, la flora y la fauna endémica y los servicios ambientales que brinda el manglar, es decir el ecosistema. El segundo lo constituyen la laguna, el manglar y la familia o comunidad con sus sistemas de producción o agroecosistemas. Finalmente, el tercer nivel lo conforma el Estado, refiriéndose a éste como el conjunto de los órganos del gobierno de un país soberano (región, estado y país). En este nivel se considera la influencia de la cultura, el marco legal estatal y federal. En este contexto, la interacción manglar-laguna, hace posible que las familias implementen algunos sistemas de producción como la camaronicultura, la ostricultura, apicultura, ecoturismo, forestería o ganadería. Que finalmente es una transformación de los espacios naturales en ecosistemas transformados que requieren energía subsidiaria para su permanencia y de un controlador en la toma de decisiones (Figura 2).

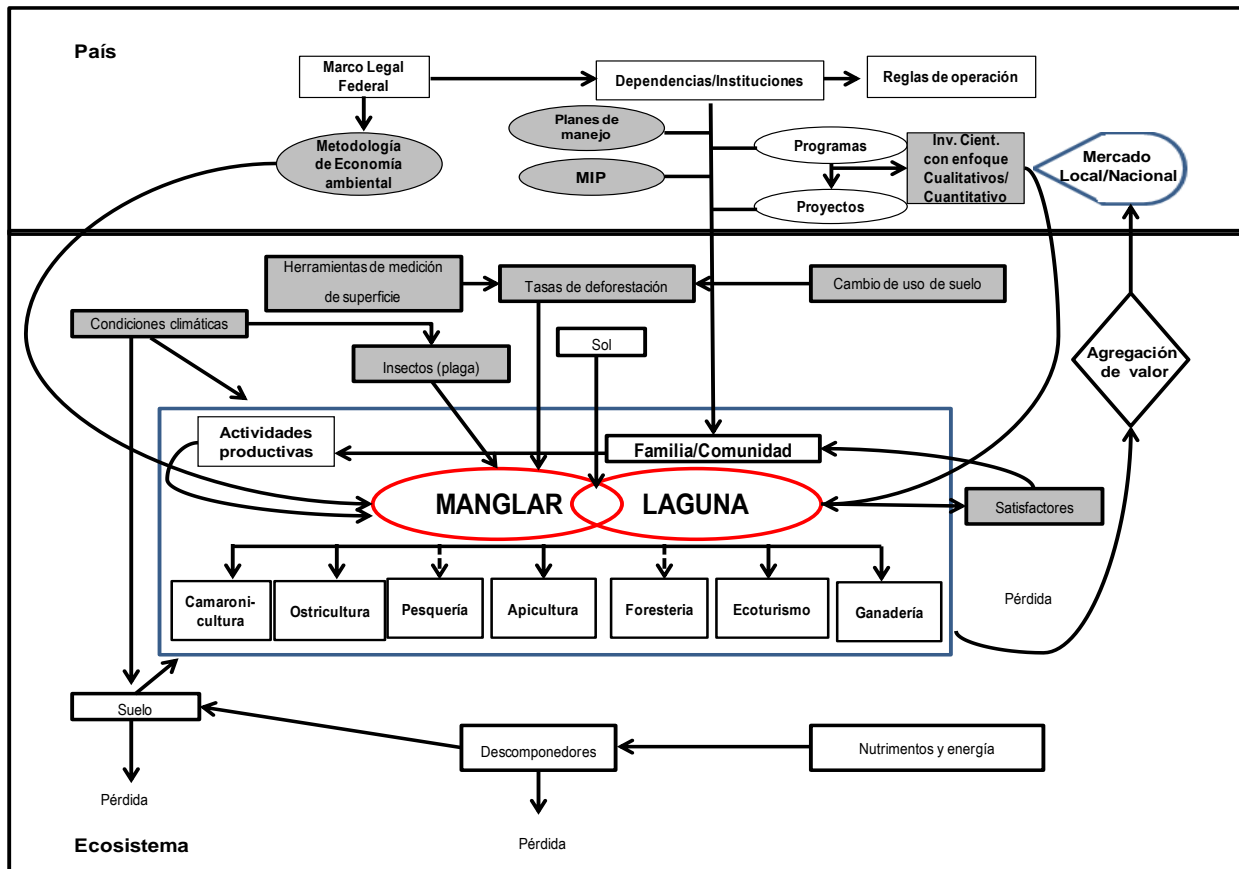


Figura 2. Esquema del Modelo conceptual del agroecosistema manglar considerando tres niveles de interacción.

La camaronicultura se desarrolla en China, Tailandia, India, Indonesia, Filipinas, Malasia, Ecuador, Honduras, Panamá, Nicaragua y México, mientras que ostricultura se realiza en Japón, Corea, China, Estados Unidos y México. En México, la producción de camarón se lleva a cabo en Sinaloa y Nayarit (Páez, 2005) y la ostricultura en Sinaloa, Colima y Tabasco (Aldana, 2004). Respecto a esta última y con el propósito de mantener una producción sustentable y responsable del ostión, la Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) restringe dos veces al año la extracción del mismo, por lo que las familias aledañas al manglar crean colectores¹ y granjas de ostión cerca de las raíces de los mangles para que se alimenten del detritus.

¹ Los pescadores ensartan las conchas de ostión en hilo (cordel) con la finalidad de devolver las conchas de ostión a la laguna y permitir que la larva de ostión se fije.

Con relación a las actividades realizadas directamente en el manglar, se enfatizan la apicultura, forestería, ecoturismo y ganadería. Con el apoyo de Proyectos institucionales, la apicultura, ha tenido gran impulso local en estados como Nayarit, Veracruz y Tabasco (García y Meza, 2012). La forestería propone como política la creación de Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) a fin de utilizar la madera de las especies de mangle de manera sostenible y beneficiar a las familias que dependen de ella (usos directos), y al mismo tiempo conservar la vida silvestre.

El ecoturismo, aunque no se ha consolidado como una actividad económica en la comunidad, genera ingresos económicos derivados de paseos en lancha, caminatas por el manglar y actividades cinegéticas (Rudzewicz y Lanzer, 2008). Por último, la ganadería que se realiza en el manglar es esporádica, debido a que animales domesticados como las gallinas (*Gallus gallus domesticus* L.), los cerdos (*Sus scrofa domestica* L.) y el ganado vacuno (*Bos primigenius taurus* L.), se adentran eventualmente al manglar para consumir cangrejos, bivalvos y hojas de mangle negro y rojo. Aunque el ganado bovino consume pastos principalmente, también consume propágulos de mangle negro que constituyen una fuente secundaria (FOMIPYME, 2003; Ramírez *et al.*, 2010).

El ecosistema manglar realiza funciones ecológicas importantes que ayudan a mantener su equilibrio. Por los recursos que éste ofrece, el hombre ha realizado la extracción de árboles y especies acuáticas y la implementación de sistemas productivos y actividades recreativas, ocasionando cambios al ecosistema. La extracción regulada de madera a través de las UMAs y del ostión por medio de las vedas proporciona un manejo sostenible de estos recursos. Los sistemas productivos acuícolas permiten la producción de especies durante todo el año. Para el caso del ostión, durante las dos épocas de veda, la legislación no restringe la captura de éste dentro de los sistemas de producción. Resulta importante considerar que la implementación intensiva de estos dos sistemas puede ocasionar pérdida de la superficie del manglar y la eutrofización de los cuerpos de agua.

Aun cuando la apicultura, la ganadería y el ecoturismo son actividades recientes o esporádicas que se llevan a cabo en el manglar, el simple hecho de establecerlas modifica al ecosistema. Entonces, al ocasionar estos cambios en el ecosistema, convierte a éste en un agroecosistema, en donde las actividades de extracción y producción deben estar en apego a la legislación para evitar el riesgo de perder sus funciones ecosistémicas básicas, las cuales desempeñan un papel importante en las comunidades aledañas a éste, al generar ingresos complementarios, suministro de alimentos, y fuentes de empleo que en conjunto contribuyen al desarrollo económico y social de dichas comunidades.

6. Literatura citada

- Aldana A., D. 2008. Diagnóstico de los bancos ostrícolas del estado de Tabasco para su uso racional y sustentable. Memoria. CINVESTAV. Unidad Mérida. Pp: 30-39.
- Aldana A., D. 2008. El papel de la mujer en la pesquería de ostión en Tabasco. Ciencia. octubre-diciembre. Pp: 56-67.
- Aldana A., D. 2004. Diagnóstico de los bancos ostrícolas del estado de Tabasco para su uso racional y sustentable. Memoria. CINVESTAV. Unidad Mérida. 38 p.
- Alongi D., M. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 76: 1-13.
- Alonso-Pérez F., A. Ruiz- Luna, J. Turner, C.A. Berlanga-Robles and G. Mitchelson-Jacob. 2003. Land covers changes and impact of shrimp aquaculture on the landscape in the ceuta coastal lagoon system, Sinaloa, Mexico. *Ocean & Coastal Management* 46: 583-600.
- Álvarez F., J. L. Villalobos y R. Robles. 2005. Crustáceos. *En* Bueno J., F. Álvarez y S. Santiago. (eds.). Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de biología, UNAM-CONABIO. México. Pp:177-194.
- Arreguín-Sánchez F. y E. Arcos-Huitrón. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica* 21: 431-462.
- Ashton E.C., J Macintosh, D. 2002. Preliminary assessment of the plant diversity and community ecology of the Sematan mangrove forest. Sarawak Malasia. *Forest Ecology and management*. 166: 111-129.

- Barreto M. B. 2008. Diagnostics about the State of Mangroves in Venezuela: Case Studies from the National Park Morrocoy and Wildlife Refuge Cuare. *In*: Lieth, H., S. García M. and B. Herzog (eds). *Mangroves and Halophytes*. Springer. Pp:51-64.
- Bradley B. W., P Ronnback, J. Kovacs M., B Crona, H Ainul S., R Badola, J H Primavera, E. Barbier and F Dahdouh-Guebas. 2008. Ethnobiology, socio-economic and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*. 89: 220-236.
- Brander L. M., J Wagtendonk A., S Hussain S., A McVittie, H Verburg P., S De Groot R. and P Van der S. 2012. Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia: A meta-analysis and value transfer application. *Ecosystem Services*. 1:62-69.
- Bueno J., F Álvarez y S. Santiago. 2005. Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología. 1a ed. UNAM-CONABIO. México. 386 p.
- Camargo M. R. and Coutinho R. 2012. Structural characteristics of mangrove forests in Brazilian estuaries. A comparative study. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47: 87-98.
- Cannicci S., D Burrows, S Fratini, J Smith III T., J Offenber, F Dahdouh-Guebas. 2008. Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*. 89: 186-200.
- Carrasquilla-Henao M., H A González O., A Luna G. and G Rodríguez Q. 2013. Mangrove forest and artisanal fishery in the southern part of the Gulf of California, Mexico. *Ocean & Coastal Management* 83: 75-80.
- Carmona D. G., M Morales J.E. y E Rodríguez L. 2004. Plan de manejo para el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México: una estrategia para la conservación de sus recursos naturales. *Madera y Bosques*. 2:5-23.
- Carta Nacional Pesquera, 2010. SAGARPA. Consultado en mayo de 2013. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/actualizacion_de_la_carta_nacional_pesquera_2010
- Centurión H D., J G Cázares C. y J Espinosa M. 2004. Inventario de Recursos Fitogenéticos alimentarios de Tabasco. Colección José María Pino Suárez. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Pp: 2-6.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro de México. CONABIO. Instituto Biológico, UNAM. Agrupación Sierra Madre. SCP. 847 p.

- Chale M M F. 1996. Litter production in an *Avicennia Germinans* (L.) stearn forest in Guyana, South America. *Hydrobiologia* 330: 47-53.
- Charcape R M y F Moutarde. 2005. Diversidad florística y conservación del Santuario Regional de Piura Manglares San Pedro de Vice-Sechura *Rev. Peru. Biol.* 12: 327-334.
- Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2008. Manglares de México. Consultado en octubre de 2013. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/manglaresMexico.pdf>
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). 2012. Anuario estadístico de pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Consultado en mayo 2014. <http://www.sagarpa.gob.mx/conapesca/index.htm>.
- Conway G R. 1987. The Properties of Agroecosystems *Agricultural Systems* 24: 95-117.
- Dajoz R. 2001. Tratado de ecología. 2a. ed. Mundi Prensa. España. 357 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2014. Código Penal Federal. Cámara de Diputados. Consultado en mayo 2014. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/7.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. 2014. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Cámara de Diputados. Consultado en mayo 2014. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf>.
- Diario Oficial de la Federación. 2014. Ley General de Bienes Nacionales. Cámara de Diputados. Consultado en mayo 2014. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/267.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. 2014. Ley General de Pesca y Acuacultura sustentable. Cámara de Diputados. Consultado en mayo 2014. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. 2014. Ley General de vida silvestre. Cámara de Diputados. Consultado en mayo 2014. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146.pdf>.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Consultado en abril de 2014. <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3438/1/nom-029-pesc-2006.pdf>

- Diario Oficial de la Federación. 2009. SAGARPA. Acuerdo por el que se establece veda para la pesca comercial de ostión (*Crassostrea virginica*) en las aguas de jurisdicción federal en el estado de Tabasco. Consultado en mayo de 2015. <http://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/resources/PDFContent/6532/Dof%20veda%20ostion%20200409.pdf>
- Díaz G J M. 2011. Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. *Ra Ximhai*. 7: 355-369.
- Diele K, D M Tran N., T Tran, U Saint-Paul, H Q Pham, S J Geist, F W Meyer and U Berger. 2012. Impact of typhoon disturbance on key macrobenthos in a monoculture mangrove forest plantation. *In: Dahdouh-Guebas F., B. Satyanarayana. (eds.) Proceedings of the International Conference 'Meeting on Mangrove ecology, functioning and Management. Sri Lanka. 57 p.*
- Din N., R J Priso, M Kenne, D E Ngollo and F Blasco. 2002. Early growth stages and natural regeneration of *Avicennia germinans* (L.). Stearn in the Wouri estuarine mangroves (Douala- Cameroon). *Wetlands Ecology and Management* 10:461–472.
- Dodd S R and Z Afzal R. 2002. Evolutionary genetics of mangroves: continental drift to recent climate change. *Trees*. 16:80–86.
- Dodd S R., Z. Afzal R., F Fromard and F Blasco. 1998. Evolutionary diversity among Atlantic coast mangroves. *Acta Oecologica*. 19: 323-330.
- Domínguez D M., J Zavala C. y P Martínez Z. 2011. Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 137 p.
- Duke N C., H J A. Benzie, A J Goodall and R E Ballment. 1998. Genetic structure and evolution of species in the mangrove genus *Avicennia* (avicenniaceae) in the indo-west pacific. *Evolution*, 52:1612-1626.
- Ellison A M. and E J Farnsworth. 1996. Anthropogenic disturbance of Caribbean mangrove ecosystems: past impacts, presents trends and future predictions. *Biotropica* 28: 549-565.
- Espinoza P H. y A Daza Z. 2005. Peces. *En: Bueno J., F. Álvarez y S. Santiago. (eds.). Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de biología, UNAM-CONABIO. México. Pp: 225-240.*
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1991. *Silvicultura y seguridad alimentaria. Consultado en febrero de 2014. http://www.fao.org/docrep/016/t0178s/t0178s00.pdf.*

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. México. Informe Nacional. FAO. Roma. Informe nacional 189. 68 p.
- Field C D. 1999. Charter for mangroves. *En: Yáñez-Arancibia A. y A L Lara-Domínguez, A.L.(eds). Ecosistemas de manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS. United State of America. 380 p.*
- Flores V F J., H C Agraz, P D Benítez. 2007. Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. *En: Sánchez O., M P Herzig, H R Márquez y L Zambrano (eds.). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología. 297 p.*
- Flower J M. and D Imbert. 2006. Recovery deficiency following tree mortality in mangroves of two Caribbean islands: field survey and statistical classification. *Wetlands Ecology and Management 14:185–199.*
- FOMIPYME. Ministerio de comercio, industria. Artesanías de Colombia, S.A. 2003. Informe Investigación preliminar y parcela demostrativa conducentes al repoblamiento de la palma de coco utilizada en la elaboración de artesanías. Bogotá, D.C. 71 p.
- Galmiche T A. y N Solana V. 2011. El contexto de vulnerabilidad de las poblaciones costeras y valores asignados al manglar en Tabasco. *Ambiental. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 140 p.*
- García G L E. y Meza R E. 2012. Oportunidades y obstáculos para el desarrollo de la apicultura en Nayarit. Disponible en EUMED <http://www.eumed.net>.
- González M G., J O Grimaldo y D L Cervantes. 2008. Los Elementos potencialmente tóxicos en las plantas de manglar: una revisión de los mecanismos de tolerancia involucrados. *Interciencia. 33:817-820.*
- Hernández M G I. 2013. Legislación, Cambio de uso de suelo y reforestación en manglares de Cárdenas, Tabasco. Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Pp: 5-20.
- Hernández M G I., Á Sol S., O Ruiz R., J I Valdez H. y J C López C. 2012. Aplicación legislativa y los manglares de Tabasco, México. *En: Memoria del II congreso Mexicano de Ecosistemas de Manglar. 22- 26 de octubre Ciudad del Carmen, Campeche, México. 102 p.*
- Jayakumar R., M Prabakaran, S V Nair, S Tokura, H Tamura and N Selvamurugan. 2010. Novel carboxymethyl derivatives of chitin and chitosan materials and their biomedical applications. *Progress in Materials Science 55: 675–709.*

- Jiménez J A. 1994. Los mangles del Pacífico Centroamericano. Universidad Nacional, Instituto Nacional de Biodiversidad. UNA. 336 p.
- López B., M B Barreto y E J Conde. 2011. Caracterización de los manglares de zonas semiáridas en el noroccidente de Venezuela. *Interciencia*. 36:888-893.
- López-Rocha J A., E F Félix-Pico y M E Hernández-Rivas. 2012. Productividad secundaria en los esteros de la barra de arena El Mogote en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica* 22: 79-88.
- Madhumita R., R Santanu and B G Phani. 2011. Modelling of Impact of Detritus on Detritivorous Food Chain of Sundarban Mangrove Ecosystem, India. *Procedia Environmental Sciences* 8: 377-390.
- Marín- Mézquita L., L Baeza, O Zapata-Pérez and G Gold-Bouchot. 1997. Trace metals in the American oyster, *Crassostrea virginica*, and sediments from the coastal lagoons Mecoacan, Carmen and Machona, Tabasco, Mexico. *Chemosphere*. 34:2437-2450.
- Martínez J P., C Landeros S. y A Pérez V. 2004. El concepto de Agroecosistemas y Sostenibilidad. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 16 p.
- Micheli F. 1993. Effect of mangrove litter species and availability on survival, moulting, and reproduction of the mangrove crab *Sesarma mesa*. *J. Exp. Mar. Biol.* 17:149-163.
- Montiel O S., L M Arias R., F Dickinson. 1999. La cacería tradicional en el norte de Yucatán. *Revista Geografía Agrícola* 29: 45-52.
- Nagelkerken I., S J M Blaber, S. Bouillon, P Green, M Haywood, L G Kirton, J O Meynecke, J Pawlik, H M Penrose, A Sasekumar and P J Somerfield. 2008. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*. 89:155–185.
- Nash D L. y M Nee. 1984. Flora de Veracruz. Verbenaceae. Instituto Nacional de Investigación sobre recursos Bióticos. Fascículo 41. Xalapa, Veracruz. pp: 12-17.
- Navarro-Rodríguez M C., J Téllez-López, L F González, B Cruz-Romero. 2010. *Ciencia y Mar*. 14:35-42.
- Nguyen T T., H Hideki, S Atsushi, D Q Tran, T N Mai and O Koji. 2012. Food sources of macro-invertebrates in an important mangrove ecosystem of Vietnam determined by dual stable isotope signatures. *Journal of Sea Research*. 72:14-21.

- Ogburn M B., M M Criales, R T Thompson and J A Browder. 2013. Endogenous swimming activity rhythms of postlarvae and juveniles of the penaeid shrimp *Farfantepenaeus aztecus*, *Farfantepenaeus duorarum*, and *Litopenaeus setiferus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 440: 149-155.
- Orihuela B., D. Edith, C Tovilla H., M Vester, F Henricus y T Álvarez L. 2004. Flujo de materia en un manglar de la costa de Chiapas. *Madera y bosques*. 2:45-61.
- Orozco R A. 1997. El defoliador de manglar en Tabasco. *En: Memoria del IX simposio Nacional sobre parasitología forestal*. 15-17 de octubre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Pp: 5-8.
- Páez O F., 2005. Retos y perspectivas de la camaronicultura en la zona costera. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 1: 21-31.
- Pennington T D. y J Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Ediciones científicas universitarias. 3a. ed. México, DF. UNAM. pp. 47-59.
- Ramírez S A F., S O Trujillo, E H Zentmyer R., R B Martínez, H I Sheseña M. y A J Rivas. 2010. Identificación y tipificación de áreas potenciales para la restauración de manglares: el caso de los humedales de la cuenca del Río Papaloapan Veracruz. México, Pro-natura A.C. Coordinación de Proyectos Eco-forestales. 64 p.
- Rangel R L J y A J Gamboa. 2005. Moluscos, Gasterópodos. *En* Bueno J., F. Álvarez y S. Santiago. (eds.). Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de biología, UNAM-CONABIO. México. Pp: 167- 176.
- Rey J., C.R. Rutledge. 2001. Marismas y manglares de la laguna Indian River. University of Florida, IFAS Extension. pp: 1- 3.
- Rico G V. 1993. Origen y ruta de dispersión de los mangles: una revisión con énfasis en las especies de América. *Acta botánica mexicana*. 25: 1-13.
- Roy M., S Ray, P G Bhusan. 2012. Modelling of Impact of Detritus on Detritivorous Food Chain of Sundarban Mangrove Ecosystem, India. *Procedia Environmental Sciences*. 13: 377-390.
- Rudzewicz L. y R M Lanzer. 2008. Ecoturismo y Conservación de los ecosistemas. Reservas particulares de Patrimonio Natural de Brasil. *Estudios y perspectivas en turismo*. 17. pp. 246-249.
- Ruíz-Rosado O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*. 31:140-145.

- Sánchez A L E. and A Ruiz C. 2008. The Effect of Temperature on the Accumulation of Salts and Chromium in Seedlings of *Avicennia germinans* ("Mangle Salado") and *Rhizophora mangle* ("Mangle Rojo") Exposed to Tannery Wastewaters. *In*: Lieth, H., S. García M. and B. Herzog (eds.). *Mangroves and Halophytes*. Springer. pp:119–131.
- Sanjurjo R. E. y P Campos P. 2011. Análisis de las actividades económicas en un manglar de usos múltiples. Un estudio de caso en San Blas, Nayarit, México. *Estudios sociales*. 19: 195-220.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005. Evaluación preliminar de las tasas de pérdida de superficie de manglar en México. Instituto Nacional de Ecología. http://www.inecc.gob.mx/descargas/con_eco/informe_manglar.pdf.
- Shokita S. 2004. The role of aquatic animals in mangrove ecosystems. *En*: Vanucci M. *Mangrove management and conservation: present and future*. United Nations University Press. United States of America. Pp: 76-108.
- Sol S. A, G I Hernández M. y F Sánchez G. 2012. Volumen de madera de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) muerto defoliado por la oruga de *Anacamptodes* sp. en el ejido Las Coloradas, Cárdenas, Tabasco, México. *En*: Memoria del II Congreso Mexicano de Ecosistemas de Manglar. 22-26 de octubre. Ciudad del Carmen, Campeche. Pp:33-35.
- Spalding M., M Kainuma, L Collins. 2010. *Atlas Mundial de los Manglares*. 1a. ed. Earthscan. Washington. Pp:26-28.
- Trebuil G. 1990. Principles and steps of method of diagnosis on agrarian systems: A case study from Sathing Phra Area Southern Thailand. *In*: *Farming Systems Research and Development in Thailand*. Prince f Songhla University. Kasetsart University and Technological Research and Exchange Group Thailand. Pp:29-63.
- Varma A J., S V Deshpande, J F Kennedy. 2004. Metal complexation by chitosan and its derivatives: a review. *Carbohydrate Polymers* 55: 77-93.

CAPÍTULO 1. CONOCIMIENTO DEL IMPACTO SOCIO- ECONÓMICO DE LA DEFOLIACIÓN DE *Avicennia germinans* L. EN LA ACTIVIDAD PESQUERA EN TABASCO, MÉXICO

RESUMEN

La pesca constituye una de las actividades principales para el estado de Tabasco, debido a que cuenta con vastos cuerpos de agua; sin embargo, ésta se ve afectada por factores antrópicos y naturales. En el año 2010, la presencia de *Anacamptodes* sp. (Lepidoptera: Geometridae) en Tabasco afectó 3,841 ha de mangle negro en el municipio de Cárdenas. Ante esta situación se evaluó el impacto de la defoliación de *A. germinans* en el contexto socio-económico de la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas de Cárdenas, Tabasco. Se utilizaron dos cuestionarios, uno aplicado a 33 pescadores de la comunidad que participaron en un proyecto de restauración del área de manglar y otro a 18 informantes clave (investigadores, técnicos) que laboran en Instituciones gubernamentales y organizaciones económicas. Los resultados indicaron que los pescadores dedican diariamente a la pesca entre 7 y 10 h y la laguna constituye el lugar primordial de pesca. Las especies que capturan pertenecen a tres grupos principales; de los peces que capturan 270 kg por día, principalmente el robalo (*C. poeyi*); de los crustáceos como el camarón café (*F. aztecus*), el camarón rosado (*F. duorarum*) y el camarón siete barbas (*X. kroyeri*), de los cuales se capturan 221 kg por día; y de los moluscos, principalmente el ostión (*C. virginica*) con 56 kg capturados por día. En cuanto a los informantes clave entrevistados, el 78 % no tienen conocimiento del problema de defoliación y el 22 % conoce el problema debido a que han asistido a eventos de divulgación científica. Por tanto, se encontró que existe falta de comunicación entre las instancias estatales y las comunidades aledañas al manglar, situación que conlleva a la pérdida de áreas por falta de apoyos ante la carencia de información que involucre sanidad forestal, realización de talleres, apoyos económicos, entre otros.

Palabras clave: actividades económicas, biodiversidad, manglar, pesquería.

SOCIO-ECONOMIC KNOWLEDGE IMPACT OF DEFOLIATION OF *Avicennia germinans* L. ON FISHING IN TABASCO

ABSTRACT

Fishing is one of the major activities at the state of Tabasco, because it has vast water reservoirs; even so, it's affected by the anthropogenic and natural factors. The presence of *Anacamptodes* sp. (Lepidoptera: Geometridae) in Tabasco in 2010, damaged 3,841 ha of black mangrove in the municipality of Cardenas. In response, the impact of defoliation of *A. germinans*, under the socio-economic context of fishing activity at the ejido Las Coloradas, Ampliacion Las Aldeas, Cardenas, Tabasco was evaluated. Two questionnaires were used, one was applied to 33 local fishermen who participated in the project to restore the mangrove area of the community and the other one was applied to 18 key informants (researchers, technicians), employees of government institutions and business enterprises). The results indicated that fishermen spend between 7 and 10 hours per day for fishing and use the lagoon as main spot. They fishing species belonging to three main groups: the group of fish from which the fishermen capture 270 kg day⁻¹, mainly the bass species (*C. poeyi*); crustaceans such as brown shrimp (*F. aztecus*), shrimp pink (*F. duorarum*) and seabob (*X. kroyeri*) of which 221 kg day⁻¹ are captured; and mollusks such as oyster (*C. virginica*) with 56 kg day⁻¹ captured. The 78% of the key informants was unaware of the problem of defoliation and the remaining 22% knew the problem because they have attended scientific events. Therefore, it found that there is lack of communication between state agencies and surrounding mangrove communities, a situation that leads to the loss of areas for lack of support in the absence of information involving forest health, workshops, and financial support, among others.

Keywords: economic activities, biodiversity, mangrove swamp, fishery

1.1. Introducción

De la población que se dedica a la actividad pesquera a nivel mundial, el 90 % se enfoca a la extracción de las especies tanto para autoconsumo como para la comercialización y es un complemento en la seguridad alimentaria de más de doce millones de personas (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011; Anderson y Alford, 2013; Helge *et al.*, 2014). Esta actividad resulta relevante para los países en vías de desarrollo debido a que provee los medios de subsistencia y asegura la generación de ingresos (De Silva y Soto, 2009; González-Laxe, 2012; Helge *et al.*, 2014). Con base en el grado de tecnificación, diversidad de recursos sobre los que operan y zonas de captura, la pesca se clasifica como de altura, mediana altura y ribereña. Esta última se efectúa en lagunas, bahías, estuarios, ríos y zona litoral marina (NOM-029-PESC-2006).

En México, la pesca forma parte del sector primario, puesto que se basa en el aprovechamiento de recursos naturales extraídos de manera directa del ambiente acuático, predominando la pesca de tipo ribereña misma que aporta más del 40 % de la producción total de productos marinos y representa el sustento para 600 mil mexicanos (Guzmán, 2005; CONAPESCA, 2010).

En el estado de Tabasco, la ganadería, la agricultura, el aprovechamiento forestal y la pesca ribereña representan las principales actividades económicas. Esta última, resalta debido a que los cuerpos de agua representan el 17 % de la superficie total del estado (Bueno *et al.*, 2005). De estos cuerpos de agua destacan los sistemas lagunares Carmen-Pajonal-Machona, Tupilco-Ostión y Mecoacán que favorecen la pesca de diversas especies, principalmente del ostión (*C. virginica*), el cual ocupa el segundo lugar a nivel nacional de la producción acuícola (Toledo, 2005; Marín-Mezquita *et al.*, 1997). Esta especie, además de servir de alimento, genera fuentes de empleo para tres mil familias de las comunidades costeras del estado (Aldana, 2008). Los manglares alojan especies como el ostión, peces y crustáceos y en conjunto con los sistemas

lagunares desempeñan un papel esencial en la dinámica ecológica y económica de las comunidades costeras (Chale, 1996; Din *et al.*, 2002).

Dentro de los insectos plaga, está el insecto *Anacampodes* sp. que defolió 200 ha de mangle incluyendo el mangle negro (*A. germinans*), mangle rojo (*R. mangle*) y mangle blanco (*L. racemosa*) en los estados de Campeche, Veracruz y Tabasco en el año de 1995 (Orozco, 1997; SEMARNAP, 2000) y en el año 2010 esta misma plaga provocó la muerte de árboles en una superficie de 3,841 ha de mangle negro en el estado de Tabasco (Sol *et al.*, 2015).

Bajo la hipótesis de que la defoliación de mangle negro afectó el desarrollo socio-económico de la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas, Ampliación las Aldeas en Tabasco, se planteó el objetivo de evaluar el impacto de la defoliación de mangle negro en el contexto socioeconómico de la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas, Ampliación las Aldeas del Municipio de Cárdenas, Tabasco.

1.2. Materiales y métodos

1.2.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas ubicado en el municipio de Cárdenas, Tabasco. El ejido se ubica geográficamente entre las coordenadas 18°18'30 y 18°20'10 N y 93°32'20 y 93°34'40 W, respectivamente; colinda al norte con la laguna La Redonda, al sur con el ejido Las Coloradas, al este con el ejido El Golpe y al oeste con el ejido Francisco Trujillo Gurría (Figura 3); su población es de 666 habitantes con un grado de marginación alto (CONAPO, 2012).

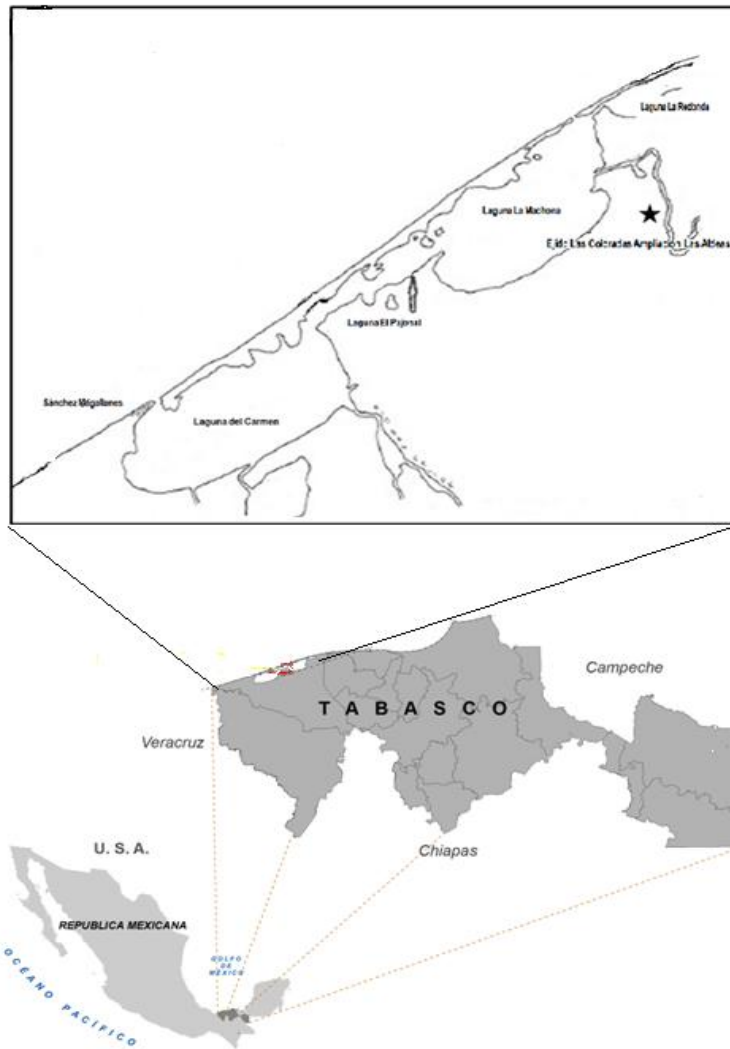


Figura 3. Ubicación del ejido Las Coloradas, Ampliación las Aldeas, Cárdenas, Tabasco.

1.2.2. Sujetos de estudio y muestra

Los sujetos de estudio se dividieron en dos grupos, pescadores e informantes clave y se utilizó la encuesta como el método para la obtención de la información y determinar el impacto de la defoliación del mangle negro en la actividad pesquera. Para los pescadores se empleó el censo (marco muestral) de las personas (33) que participaron en el desarrollo del proyecto titulado: “Mantenimiento y Protección de 50 ha de mangle

negro (*Avicennia germinans* L.) en el ejido Las Coloradas Ampliación las Aldeas de Cárdenas, Tabasco. Para los informantes clave, se usó la muestra dirigida, eligiendo a 18 personas expertas o conocedoras del tema en cuestión que laboran en Instituciones Gubernamentales y en organizaciones económicas (Cooperativas pesqueras) en el estado de Tabasco y que se relacionan con el manglar y la actividad forestal.

1.2.3. Diseño de los cuestionarios

La herramienta utilizada para los sujetos de estudio fue un cuestionario constituido por preguntas abiertas. Para los pescadores, el cuestionario se constituyó de 33 preguntas, 27 de ellas abiertas y seis de opción múltiple y estuvo dividido en tres secciones relacionadas con el perfil del entrevistado y las actividades de pesca, el impacto social y el impacto económico. Estas dos últimas estuvieron en función de la defoliación del mangle con la pesca, los recursos físicos y ecológicos de los que dispone, y la relación de la defoliación del mangle con la actividad pesquera (Anexo 1). El cuestionario para los informantes clave, incluyó 31 preguntas abiertas y dos de opción múltiple abordando aspectos relacionados con el conocimiento del problema y el impacto económico, ecológico, social y político de la defoliación de mangle (Anexo 2). Previo a la entrevista formal, ambos cuestionarios se validaron aplicando éstos a una muestra piloto de cinco personas para cada grupo de sujetos de estudio.

1.2.4. Desarrollo de la entrevista

La técnica utilizada para la obtención de la información fue por medio de una entrevista personal, abordándose en forma de conversación, de tal manera que cada entrevista realizada a los pescadores duró de 20 a 30 minutos mientras que para los informantes clave fue de 40 a 60 minutos. Las entrevistas a los pescadores se realizaron en el vivero y módulo de reproducción de *A. germinans* de Las Coloradas, Ampliación las Aldeas y en las casas de los mismos. Para el caso de los informantes clave, las entrevistas se realizaron en las instituciones Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de

Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Comisión Estatal Forestal (COMESFOR), Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), Colegio de Postgraduados (COLPOS), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Cooperativas Pesqueras de Sánchez Magallanes.

1.2.5. Análisis de la Información

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico *Statistica* versión 7, con el cual se realizó la prueba Kruskal-Wallis ANOVA con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$ para la separación de los grupos de edades, tablas de contingencia de doble entrada para relacionar los grupos de edades con las actividades secundarias. Asimismo, se realizaron tablas de frecuencia para determinar el impacto social y económico.

1.3. Resultados y discusión

1.3.1. Perfil de los pescadores

De las variables correspondientes al perfil de los 33 pescadores entrevistados, se desglosaron cuatro grupos de edades con intervalos de edad de 15 años, los cuales fueron: I) joven (de 20 a 35 años), II) adulto (de 35 a 51 años), III) adulto maduro (de 52 a 67 años) y IV) adulto mayor (de 68 a 83 años) (Figura 4). La edad promedio del grupo I fue 26 años, mientras que para los grupos II, III y IV, la edad media fue de 45, 59 y 74 respectivamente.

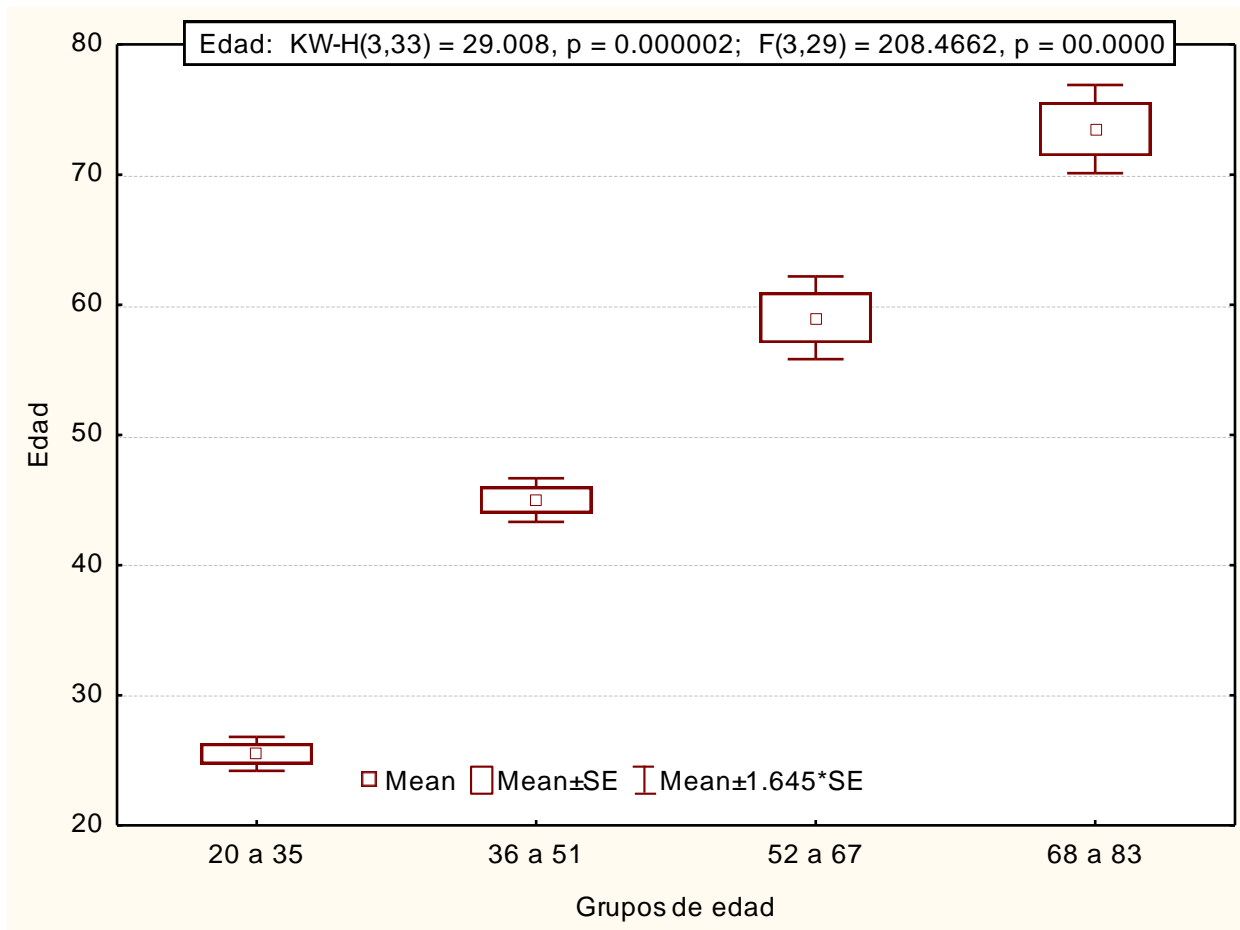


Figura 4. Diferenciación de grupos de edades del ejido Las Coloradas, Ampliación las Aldeas.

La edad promedio de los pescadores fue de 29.6 años. En el Cuadro 1 se observa que el 30.3 % de ellos tuvo una edad de 20 a 35 años, el 39 % de 36 a 51 años, el 18.2 % de 52 a 67 años y el 12 % de 68 a 83 años. La escolaridad de los pescadores jóvenes y adultos fue de primaria; el resto fue analfabeta. Complementario a esta información se tiene que el 70 % de los pescadores argumentaron que anteriormente había pocas oportunidades para estudiar y tenían que desplazarse a otras comunidades. De acuerdo con el INEGI (2010), el grado de escolaridad de la comunidad es de 6 años (primaria).

Cuadro 1. Variables del perfil de entrevistados relacionadas con los intervalos de edad.

Variables	Grupos de edad			
	I (joven)	II (adulto)	III (adulto maduro)	IV (adulto mayor)
Edad promedio*	10 (30.3 %)	13 (39.4 %)	6 (18.2 %)	4 (12.1 %)
Escolaridad máxima	Primaria	Primaria	Analfabeta	Analfabeta
Género	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino
Principal actividad productiva	Pesca	Pesca	Pesca	Pesca
Años dedicados a la pesca	14.8	27.6	44.8	50
Horas promedio de pesca	7	6	8	10

*Media de la edad 29.60 Desviación estándar 14.48 con N=33

En el Cuadro 1 se indica que el 100 % de los pescadores son del género masculino siendo la pesca la principal actividad productiva. Con respecto a lo anterior, Galmiche y Solana (2011), reportan que la pesca es un trabajo exclusivamente para los hombres debido a que en México, la cultura ha establecido que los roles que desempeñan las mujeres en la pesquería se enfoquen a actividades como el desconchado de ostión, la extracción de carne de jaiba y cangrejo y la limpieza del pescado, en la cual la participación femenina es indispensable y es lo que le confiere valor agregado a los productos.

Los años dedicados a la pesca están directamente relacionados con la edad de los pescadores; así, las personas jóvenes presentaron un promedio de 14.8 años, 27.6 años para el grupo adulto, 44.8 años para los adultos maduros y 50 años para los adultos mayores. Heyman y Granados (2012), reportaron resultados similares en el Golfo de Honduras, donde el 70 % de los pescadores tienen experiencia de más de 10 años en esta actividad considerando una media de edad que oscila alrededor de 35 años.

Con relación a las horas dedicadas a la pesca, se obtuvo que todos los pescadores dedican de 7 a 10 horas a la pesca, lo que coincide con lo que Heyman y Granados

(2012), reportan para un grupo de 286 pescadores quienes se dedican de tiempo completo a esta actividad en el Golfo de Honduras. Además, los entrevistados contestaron que se ven obligados a realizar actividades alternas o secundarias (Cuadro 2) cuando la pesca no es fructífera debido a factores como la sobre explotación, las épocas de veda, las lluvias y los eventos meteorológicos, que ocasionan que las áreas de pesca sean inaccesibles o que disminuya el volumen de las especies de importancia comercial.

El 51.5 % de los pescadores trabajan como jornaleros cuando los recursos pesqueros son insuficientes, el 6 % realizan trabajos de albañilería y el 42.4 % no realizan ninguna actividad aparte de la pesca. En contraste, el INEGI (2010), reporta que la pesca es la única actividad realizada en el ejido Las Coloradas, Ampliación las Aldeas por lo que no considera los trabajos alternos y eventuales que desempeñan los entrevistados en este trabajo. Pérez y Muir (2003), mencionan que aun cuando las comunidades cercanas a la costa dependen de la pesca para subsistir, otras actividades económicas como la extracción de madera, la agricultura, el turismo y el trabajo en la industria petrolera han surgido en beneficio de las comunidades. Al respecto, en esta región se ha observado que los pobladores utilizan la madera para elaborar herramientas de trabajo (boyas y raquetas para extracción de ostión) y como leña; como parte de la agricultura se han establecido la siembra del cocotero y pastizales; también se ha fomentado el turismo y la construcción de plataformas petroleras.

Cuadro 2. Actividades secundarias realizadas por cada grupo de edad del ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas.

Grupo de edad	Actividad		
	Jornaleros	Albañilería	Otra (ninguna)
I (joven)	6 (18.1 %)	1 (3.0 %)	3 (9.0 %)
II (adulto)	3 (9.0 %)	1 (3.0 %)	9 (27.2 %)
III (adulto maduro)	4 (12.2 %)	0	2 (6.0 %)
IV (adulto mayor)	4 (12.2 %)	0	0
Total	17 (51.5 %)	2 (6.0 %)	14 (42.4 %)

N=33

El análisis de la tabla de contingencia indicó que en función del volumen de pesca los pescadores tienen cuatro lugares principales donde realizan la extracción de las

especies acuáticas: la laguna, la combinación laguna-río, la combinación laguna-río-playón² y el Complejo lagunar. De éstos, los entrevistados indicaron que la laguna es el mejor lugar para pescar seguido del Complejo lagunar Carmen-Pajonal-Machona, la asociación laguna- río y laguna,-río- playón (Cuadro 3). Estos resultados concuerdan parcialmente con los de Galmiche y Solana (2011), quienes indican que el 61.2 % de los pescadores de la costa de Tabasco realizan esta actividad en las lagunas, además de los ríos y mares. De la misma manera Pérez y Marcos (2012), reportan que esto se debe a que las lagunas se consideran los ecosistemas de mayor producción biológica en todo el mundo.

El grupo de jóvenes pesca en la laguna, la laguna-río y la laguna-río y playón (Cuadro 3); la mayoría de los adultos capturan las especies en la laguna y ocasionalmente en el Complejo lagunar; los adultos maduros pescan en la laguna, laguna-río-playón y en el Complejo lagunar; y los adultos mayores realizan la actividad en la laguna y la combinación laguna-río.

El grupo IV presenta mayor vulnerabilidad, debido a que la edad es un factor limitante y los restringe a realizar la captura en los lugares más cercanos a la comunidad, puesto que tienen que usar lanchas con remos, lo que implica una demanda mayor de energía; además, la cercanía del lugar de pesca les permite dedicarle más horas productivas de captura en relación con los grupos I, II y III. Asimismo, Rönnbäck (1999) y Pérez y Miur (2003), indican, que el lugar donde se pesca está en relación con la proximidad de las casas y los cuerpos de agua y se realiza en pequeños grupos o parejas (miembros de la familia).

² El término se refiere al área o superficie originada durante el periodo final de la creciente, donde la carga del material transportado por el río se deposita al bajar el caudal del río, produciéndose una sedimentación de los mismos.

Cuadro 3. Lugares de captura de especies acuáticas por grupo de edad del ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas.

Grupos de edad	Lugar de pesca				Total
	Laguna	Laguna-Río	Laguna-Río-Playón	Complejo lagunar	
I (joven)	8	1	1	0	10
II (adulto)	11	0	0	2	13
III (adulto joven)	4	0	1	1	6
IV (adulto maduro)	3	1	0	0	4
Total	26 (79 %)	2 (6 %)	2 (6 %)	3 (9 %)	33 (100 %)

En la Figura 5 se indica el volumen de pesca por día con relación a los grupos de especies (A) enfatizando el grupo de los crustáceos (B). Para el grupo de los peces se tiene una pesca de 270 kg que incluye especies como el robalo (*C. poeyi*), la lisa (*Mugil cephalus* L.), la liseta (*Mugil curema* Valenciennes 1836), el sábalo (*Megalops atlanticus* Valenciennes 1847) y la mojarra rayada (*Eugerres plumieri* Cuvier 1830). El volumen de pesca de los crustáceos es de 221 kg (Figura 5 A) e incluye al camarón con 188 kg, el cangrejo azul (*C. guanhumi*) con 32 kg y la jaiba azul (*C. sapidus*) con un kg (Figura 5 B). Las especies más comunes de camarón incluyeron el camarón café (*F. aztecus*), el camarón rosado (*F. duorarum*), y el camarón siete barbas (*X. kroyeri*). El grupo de los moluscos representó un volumen de pesca de 56 kg de ostión *C. virginica* como única especie.

Dentro del grupo de los peces, la especie que sobresale debido a su demanda en el mercado nacional es el robalo (*C. poeyi*); éste alcanza precios altos en comparación con otras especies de peces debido a la aceptación y preferencia de los consumidores (Lorán-Núñez *et al.*, 2012).

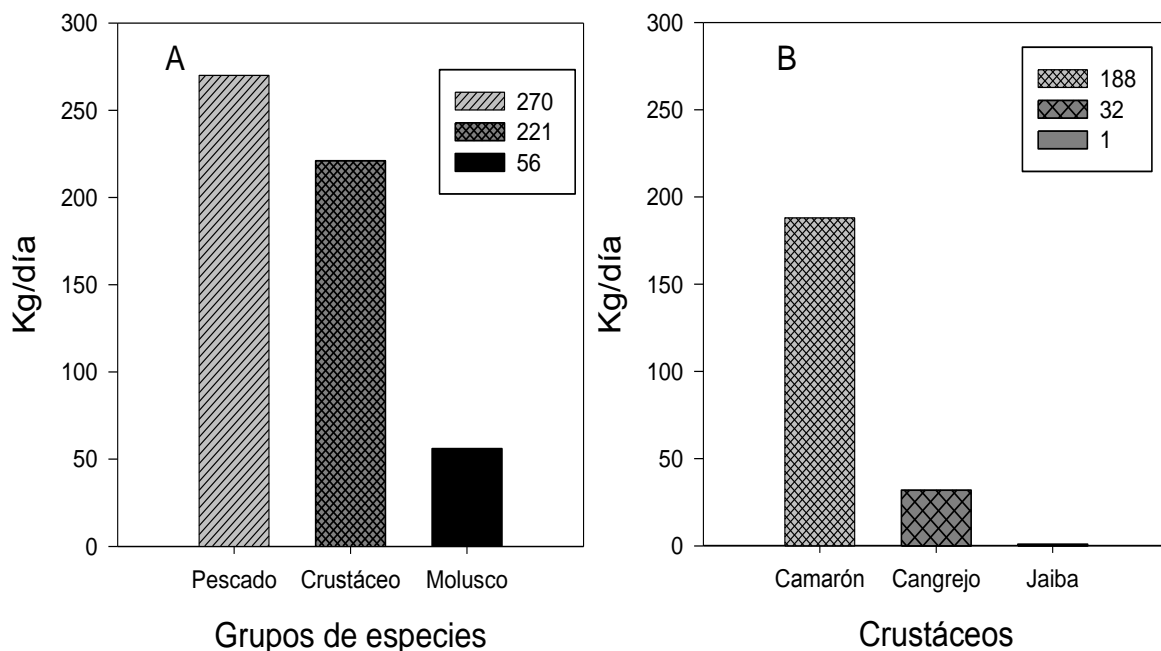


Figura 5. Volumen promedio de pesca por grupo de especies (A) y de crustáceos (B) en el ejido Las Coloradas Ampliación las Aldeas, Cárdenas Tabasco durante el año 2014.

Aun cuando el grupo de los peces resultó tener mayor volumen de pesca diaria, los crustáceos se consideran de mayor importancia económica, ecológica y cultural, no solamente en esta área de estudio sino que también en otros lugares; por ejemplo, en Puerto Rico, Cuba, Brasil, Honduras, Venezuela el cangrejo azul es una especie que se captura tanto para autoconsumo como para comercialización. Además, forma parte de la cadena trófica de los manglares y sirve como fuente de alimento para peces, aves y mamíferos (Rico y Medina, 2010).

Otra especie que representa mayor viabilidad económica en Tabasco es el camarón debido al incremento de volumen de captura reportado en el periodo de 2010 a 2012 que fue del 50 % (de 325 a 577 t peso vivo) (CONAPESCA, 2012). No obstante, los entrevistados consideran que el volumen de las especies ha disminuido principalmente por el aumento de la población humana que conlleva a la sobre explotación del recurso por el aumento de la demanda.

1.3.2. Impacto social de la defoliación de mangle

Las respuestas de los entrevistados con respecto al conocimiento de la defoliación del mangle negro y las causas de ésta se presentan en el Cuadro 4. Todos los entrevistados conocen el problema de la defoliación independientemente de su edad. Sin embargo, las causas de éste estuvo en función de la edad de los entrevistados, resaltando tres causas principales: insectos (plaga), el calentamiento global y la apertura de la barra artificial (Boca de panteones). La plaga fue la causa común citada por todos los entrevistados. Esto coincide con Muñoz *et al.* (2011), quienes mencionan que la presencia de insectos es común en cualquier ecosistema; sin embargo, cuando se tiene una sobrepoblación, éstos alteran el ecosistema provocando pérdidas de árboles en una superficie considerable.

Cuadro 4. Causas de defoliación del mangle negro manifestadas por los pescadores de cada grupo de edad.

Variables	Grupos de edad			
	I (joven)	II (adulto)	III (adulto maduro)	IV (adulto mayor)
Conocimiento del problema de defoliación	Si	Si	Si	Si
Causas de la defoliación	Plaga	Plaga/Calentamiento global	Plaga/Calentamiento global	Plaga/Calentamiento global/Barrera artificial

N= 33

De acuerdo con lo mencionado por los adultos, el hecho de que los jóvenes no mencionaran el calentamiento global y la barrera artificial como causas de la defoliación se debe a que no han vivido los cambios que se han presentado a través de los años.

Con respecto a la apertura de la barra artificial, Boca de Panteones, los adultos mayores comentaron que ésta causó efectos negativos en los ecosistemas manglar y laguna debido a la salinización de éstos. Lo anterior coincide con lo reportado por Pérez-Brito *et al.* (2012) quienes mencionan que la apertura de esta barra en la laguna La Machona en Cárdenas, Tabasco en el año de 1975, condujo a la desaparición de especies nativas, reflejándose en la disminución en volumen de peces, crustáceos y

moluscos y en consecuencia a la modificación de los medios de vida de los habitantes. Otra situación similar ocurrió en Teacapan, Sinaloa con la creación de un canal artificial que causó perturbación importante en los manglares de la zona, provocando la modificación de la fauna presente en él y la disminución de su superficie que propició la entrada de larvas de insectos durante la presencia de huracanes (Kovacs, 2000).

Otro aspecto que mencionaron los entrevistados fue la reducción de la fauna del manglar que no se comercializa, pero que forma parte importante de dicho ecosistema; destacan las aves como el pijije (*Dendrocygna autummalis* L.) y el gaitan (*Tantalus loculator*) y los reptiles como la iguana (*Iguana iguana* Laurenti, 1768), el aspoque o iguana negra (*Ctenosaura similis* Gray 1831) y la tortuga (*Staurotypus triporcatus* (Wiegmann, 1928). De acuerdo con Pechman y Wilbur (1994) en Bueno *et al.* (2005), los reptiles funcionan como bioindicadores de la calidad ambiental de los humedales, por lo tanto, se consideran sensibles al deterioro ambiental; las acciones antrópicas han contribuido probablemente a la pérdida de especies de reptiles.

En el Cuadro 5 se indican las causas que modificaron las características de la laguna y que ocasionaron la disminución de las especies faunísticas antes mencionada. Las causas principales son el aumento del nivel de la marea y el cambio de cobertura vegetal, el aumento de la temperatura, entre otros.

Cuadro 5. Número de entrevistados y porcentajes que mencionaron los factores físicos que modificaron las características de la laguna.

Factores	Grupos de edad			
	I (joven)	II (adulto)	III (adulto maduro)	IV (adulto mayor)
Aumento de nivel de marea	7 (21.2 %)	8 (24.2 %)	5 (15.2 %)	2 (6.0 %)
Cambio de cobertura vegetal	4 (12.2 %)	9 (27.2 %)	5 (15.2 %)	3 (9.0 %)
Aumento de temperatura del agua	4 (12.2 %)	9 (27.2 %)	2 (6.0 %)	4 (12.2 %)
Salinidad del agua	3 (9.0 %)	8 (24.2 %)	2 (6.0 %)	2 (6.0 %)
Sequía	2 (6.0 %)	8 (24.2 %)	2 (6.0 %)	1(3.0 %)
Línea costera	2 (6.0 %)	7 (21.2 %)	2 (6.0 %)	0
Otros*	2 (6.0 %)	7 (21.2 %)	2 (6.0 %)	1(3.0 %)

*Contaminación y salinidad del suelo, N= 33 entrevistados

En cuanto al nivel de la marea, Uribe y Urrego (2009), reportaron una tasa promedio anual de 3.1 mm; esta causa no afecta a los bosques de manglar debido a que tiene la capacidad de adaptación al medio; dicha adaptación está en función de cuatro factores que son la tasa de aumento del nivel del mar en relación con los sedimentos de la superficie de los manglares, la composición de las especies, la configuración fisiográfica y los efectos acumulados de los factores que generan estrés y resiliencia.

Por tanto, se considera que esta causa no se encuentra relacionada directamente con la modificación de las características de la laguna y por ende de la disminución de especies faunísticas. Otra de las causas mencionadas fue el aumento de temperatura de los cuerpos de agua; éste ha tenido un incremento de 0.74°C en los últimos 100 años, según Field (1996), los incrementos proyectados para la temperatura del agua de mar y de la atmósfera no tendrán efectos negativos en los bosques de manglar, puesto que la tasa de cambio proyectada es menor a las oscilaciones diarias de temperatura. Sin embargo, la causa que ha propiciado los cambios y alteraciones en las características de la laguna es el incremento de la salinidad del agua.

Ante el problema de la defoliación del mangle negro, la CONAFOR, bajo la asesoría de investigadores del Colegio de Postgraduados, implementó un proyecto de restauración, en el cual se propició la participación de los pescadores de la comunidad en estudio. Los pescadores entrevistados aseveraron que la defoliación permitió la cohesión de la comunidad a través de su participación en dicho proyecto, misma que le ha permitido reforzar sus ideales y conocimiento acerca de la importancia social, cultural y ecológica que los manglares poseen. Al mismo tiempo, permitió la unión familiar debido a que se fomentó la participación de más un integrante por familia. De acuerdo con Heyman y Granados, (2012), la comunidad juega un papel importante en la integración de los conocimientos para la conservación y gestión sustentable; por tanto, el conocimiento empírico de los habitantes de la comunidad adquirido a través de los años es de vital importancia.

1.3.3. Impacto económico de la defoliación

En la sección de impacto económico, la rentabilidad de la pesca fue un punto importante debido a que el 84.8 % (28) de los pescadores indicó que esta actividad es suficiente para cubrir las necesidades básicas de alimentación y vestido; el 15.2 % consideró que se requiere realizar otras actividades (principalmente préstamos) para cubrir las necesidades que consideran básicas. Dichas necesidades abarcan alimentación (34 %), vestimenta (33 %), escuela (21 %) y pago de deudas (12 %). En referencia a lo anterior, Pérez y Muir (2003) y la FAO (2005), señalan que la pesca ha sido la fuente principal de alimento, empleo y beneficios económicos para los que viven cerca de los recursos acuáticos. Mientras tanto Rönnbäck (1999), reconoce que la pesca en los manglares, tiene potencial debido que se encuentra en el orden de 1 a 10 t⁻¹ha⁻¹año⁻¹ de peces y crustáceos, con valor de primera venta de US \$ 1000 a 10.000 dólares en los países en desarrollo, bajo un esquema de gestión adecuado.

Los entrevistados indicaron que una ventaja de realizar la pesca, es que ésta se puede efectuar durante todo el año, con sus respectivas variaciones. Por ejemplo los pescadores del ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, capturan el mayor volumen de las especies (peces y camarón) durante los meses de septiembre a diciembre. Sin embargo, durante el periodo enero a agosto, también pescan pero el volumen disminuye debido probablemente a que en estos meses las especies se encuentren en etapas de crecimiento y desarrollo. Además, también se presentan lluvias a nivel regional, motivo por el cual la pesca se encuentra restringida. Aunado a esto, los eventos meteorológicos presentes contribuyen a dicha restricción (Comunicación personal). En el caso del ostión (*C. virginica*), la veda se realiza en los meses de abril y mayo y para el cangrejo azul en julio y septiembre; la captura de este crustáceo se realiza sólo en los meses de julio y agosto. En el Cuadro 6 se muestra la relación del lugar de pesca, especies capturadas y el volumen total de captura en el área de estudio.

Cuadro 6. Volumen total de extracción por especie por día con relación al lugar de pesca en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas en el año 2014.

Lugar de pesca	Especies	Volumen total (kg)
Laguna	peces, camarón y ostión	414.9
Río	peces	42
Playón	peces, jaiba, cangrejo, camarón	26
Complejo lagunar	peces y ostión	50

Un inconveniente que han tenido los pescadores de la comunidad es la falta de Cooperativas o Asociaciones pesqueras que los involucren directamente; esto los ha conducido a vender de sus productos a intermediarios, los cuales no regulan los precios de compra. El precio que ofrecen los intermediarios por un millar de ostión es de \$130.00, mientras que el kilogramo de camarón, pescado (principalmente el robalo), pulpa de cangrejo y jaiba es de \$70.00, \$50.00, \$40.00 y \$30.00 pesos, respectivamente. Contrariamente, la Secretaría de Economía (2013), reportó precios que exceden más del 50 % del precio ofertado a los pescadores.

1.3.4. Informantes clave: Perfil de los entrevistados

De las variables correspondientes al perfil del entrevistado, se consideraron tres tipos de informantes que fueron Investigadores, Técnicos y Organizaciones económicas. Los datos se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Variables del perfil de entrevistado de acuerdo con el tipo de informante clave.

Tipo de informantes	Variables		
	Edad	Años desempeñando el cargo	Escolaridad máxima
Investigadores	42	18	Posgrado
Técnicos	39.2	18.5	Licenciatura
Organizaciones económicas	43	7.1	Primaria

*Investigadores: COLPOS, UJAT; Técnicos: CONAFOR, COMESFOR, SEMARNAT, CONAPESCA, PROFEPA, SERNAPAM, Ayuntamiento municipal; Organizaciones económicas: Cooperativas pesqueras El Botadero, Victoria del Pescador y El Pinzón. N= 18

Con respecto al conocimiento sobre la defoliación del manglar, es un tema que resultó desconocido para el 78 % (14) de los informantes clave. Esta situación se debe probablemente a que el tiempo que llevan desempeñando sus puestos es

relativamente corto, y esto no les ha permitido estar informados acerca de la problemática; sin embargo, el tiempo de desempeño ha sido de seis meses a un año. El 22 % (4) restante, tiene conocimiento de la defoliación de manglar debido a que ha asistido a eventos de divulgación científica donde se ha tratado el tema y a recorridos que se han realizado en las zonas afectadas.

En cuanto a la relación de la defoliación de manglar con la pesca, el 72 % de los informantes clave entrevistados respondieron que no hay relación de la problemática con la actividad pesquera y que por lo tanto no existe repercusión económica para los pescadores; el resto de los entrevistados (28 %), representado por los Presidentes de las Cooperativas, opinan que los problemas (plaga, tala furtiva, eventos meteorológicos, entre otros), que se presentan en el manglar se reflejan de manera negativa en la actividad pesquera, afectando los ingresos económicos de las personas que la realizan; esto concuerda con lo postulado por Constanza *et al.* (1989), Barbier y Strand (1998), Rönnbäck (1999), Bradley *et al.* (2008) y Sanjurjo y Campos (2011), quienes aseguran que los manglares son ecosistemas con importancia económica, motivo por el cual han creado metodologías que estiman el valor económico total de estos bosques y la pesca. Asimismo, Hernández (2013), asevera que por cada hectárea de manglar destruido se pierden 800 kg año⁻¹ de especies acuáticas de importancia comercial como el camarón y pescado.

El grupo de los Investigadores y técnicos propusieron la creación de medios para difundir información acerca de las problemáticas que se presenten en el ecosistema de manglar. Explicaron que las Leyes que existen son adecuadas. Sin embargo, su aplicación se ve restringida debido a que se impone la necesidad de los pobladores de hacer uso de los recursos. Es por ello que proponen un aprovechamiento de dichos recursos (manglar y especies faunísticas) a través de la creación de Unidades de Manejo Ambiental (UMAs).

Una de las especies faunísticas representativas para las comunidades pesqueras por su importancia comercial es el ostión. La sobreexplotación de esta especie condujo a la

Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable, a establecer en su artículo 4^{to} apartado XLVII la veda como un “acto administrativo por el que se prohíbe llevar a cabo la pesca por un periodo o zona específica establecido mediante acuerdos o normas oficiales con el fin de resguardar los procesos de reproducción y reclutamiento de una especie”. Por tal motivo los pescadores cuentan con apoyo del gobierno estatal para la creación de granjas de ostión, tal como lo comenta un entrevistado.

“[...] cuando se pone en veda el ostión, recibimos apoyo del gobierno a través de la SEDAFOP para lo de la granja” (Pescador).

Existen pescadores que no se encuentran constituidos en ninguna Cooperativa y hacen caso omiso de la veda establecida, situación que provoca la sobre-explotación del ostión y el disgusto entre los socios de las cooperativas que sí respetan la temporada.

“La cooperativa respeta la época de veda, el ostión ha disminuido porque los pescadores que no son socios no respetan la época de veda y capturan ostiones de todas las tallas, aunque no sirvan para su venta” (Pescador).

En México, la pesquería se basa en dos sistemas de producción: la explotación y la gestión de los bancos naturales (Pérez y Muir, 2003), como los establecidos en las comunidades aledañas al manglar, implementados cuando se establecen las épocas de veda de la especie.

Una socia de la cooperativa “El Paquillo” comentó al respecto:

“[...] La zafra de ostión de los bancos ostionales está en la laguna del Carmen. La cooperativa abre dos veces a la semana, cuando el ostión está grande bonito, blanco una tara se llena con mil ostiones, cuando se saca de los bancos ostionales el ostión esta flaco, y una tara se llena con 2000 ostiones”

Ante tal situación, la legislación debe ser más estricta. Salas y Gaertner, (2004), mencionaron que los marcos legales existen típicamente para regular la pesca en la

mayoría de los países, pero el éxito de gestión es amortiguado por la falta de recursos, la debilidad de las instituciones, y la participación limitada de los pescadores en el proceso de gestión. La pesca artesanal y las comunidades que dependen de ellos, experimentan los impactos de las gestiones mal establecidas que se reflejan en la disminución de la pesca y que pueden conducir a la inseguridad alimentaria en las comunidades que dependen de la actividad pesquera (Heyman y Granados, 2012). Por ello, la cooperación entre las personas es un factor importante para el diseño de las instituciones que faciliten la participación efectiva de la comunidad. En gran medida la organización de la comunidad depende del entorno social en el que esté establecida. El tamaño y la composición se encuentran estrechamente relacionadas y afectadas por el tipo y la percepción de los miembros ante la necesidad de una organización y su propósito (Pérez y Muir, 2003).

1.4. Conclusiones

La actividad pesquera en las Coloradas tiene gran importancia socioeconómica. La comunidad en su conjunto participa de esta actividad y representa para muchos la fuente de trabajo principal y por tanto de ingresos económicos. Los daños al manglar y a las zonas de pesca normalmente tienen un impacto en los niveles de pesca e ingresos de la comunidad. Este trabajo demostró que los habitantes dependen en su totalidad de los recursos pesqueros que le proporciona la laguna, por lo tanto se requiere de una participación activa de las instituciones para la creación de proyectos, implementación estricta de la legislación (vedas) y prácticas de conservación del manglar y de la laguna, a fin de evitar que el daño continúe y la comunidad puede seguir en la actividad pesquera por muchos años.

Para evitar una disminución del bienestar de la población local producida por sus limitaciones, se debe implementar un programa de conservación para conocer las condiciones ecológicas, sociales y económicas de las comunidades y también de los factores que pueden estar influyendo en la rentabilidad de actividades económicas actuales que producen degradación forestal. Además, se debe considerar el

financiamiento de organismos internacionales que coadyuven al aumento de la población de mangle, puesto que éstos representan una fuente alternativa de desarrollo económico.

1.5. Literatura citada

Aldana, A.D. 2008. Diagnóstico de los bancos ostrícolas del estado de Tabasco para su uso racional y sustentable. Memoria. CINVESTAV. Unidad Mérida. Pp: 30-39.

Anderson J.A., A B Alford. 2013. Ghost fishing activity in derelict blue crab traps in Louisiana. *Marine Pollution Bulletin*. 79: 261-267.

Arreguín-Sánchez F. y E. Arcos-Huitrón. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica* 21: 431-462.

Barbier E B. and I Strand. 1998. Valuing Mangrove-Fishery Linkages: A Case Study of Campeche, Mexico. *Environmental and Resource Economics* 12:151-166.

Bradley B. W., P Ronnback, J. Kovacs M., B Crona, H Ainul S., R Badola, J H Primavera, E. Barbier and F Dahdouh-Guebas. 2008. Ethnobiology, socio-economic and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*. 89: 220-236.

Bueno J., F Álvarez y S. Santiago. 2005. Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología. 1a ed. UNAM-CONABIO. México. 386 p.

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2012. Anuario estadístico de pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. www.sagarpa.gob.mx/conapesca/index.htm.

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2010. Programa maestro nacional de ostión. Consultado en abril de 2013. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/resources/LocalContent/6125/2/Programa_Maestro_Nacional_OstionVbn.pdf

CONAPO (Consejo Nacional de Población) 2012. II Censo de Población y Vivienda.

Constanza R., S S Farber and J Maxwell. 1989. Valuation and Management of Wetland Ecosystems. *Ecological Economics. Journal of the International Society for Ecological Economics*. 1-4: 335-359.

Chale M M F. 1996. Litter production in an *Avicennia germinans* (L.) stearn forest in Guyana, South America. *Hydrobiologia* 330: 47-53.

- De Silva S S y D Soto. 2009. El cambio y la acuicultura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. *En*: Cochrane K., C. De Young, D. Soto y T. Bahri (eds.). Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No 530. Roma. Pp. 169-236.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Consultado en abril de 2014. <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3438/1/nom-029-pesc-2006.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Ley General de Pesca y Acuicultura sustentable. Consultado en abril de 2014. <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3438/1/nom-029-pesc-2006.pdf>.
- Din N., R J Priso, M Kenne, D E Ngollo and F Blasco. 2002. Early growth stages and natural regeneration of *Avicennia germinans* (L.). Stearn in the Wouri estuarine mangroves (Douala- Cameroon). *Wetlands Ecology and Management* 10:461-472.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. México. Informe Nacional. FAO. Roma. Informe nacional 189. 68 p.
- Field C. 1996. La restauración de ecosistemas de manglar. Sociedad Internacional para los ecosistemas de manglar. Okinawa, Japón. 227 p.
- Galmiche T A. y N Solana V. 2011. El contexto de vulnerabilidad de las poblaciones costeras y valores asignados al manglar en Tabasco. *Ambiental*. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 140 p.
- Gamito R., C M. Teixeira, M J Costa and H N. Cabral. 2015. Are regional fisheries' catches changing with climate? *Fisheries Research* 161: 207-216.
- González-Laxe F. 2012. Suministro y demanda de los productos de la pesca. *Ciencia y mar*. 16: 11-23.
- Guzmán Amaya P., S Villanueva F., y A V Botello, 2005. Metales en tres lagunas costeras del estado de Veracruz, p. 361-372. *En*: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz- Hernández (eds). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias, 2a Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.

- Helge V J., A P Santana, A P Baloi, N De Premegi, J Meisfjord and M Cardinale. 2014. Probability-based survey to monitor catch and effort in coastal small-scale fisheries. *Fisheries Research* 151: 39-46.
- Hernández M.G.I. 2013. Legislación, Cambio de uso de suelo y reforestación en manglares de Cárdenas, Tabasco. Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Pp: 5-20.
- Heyman W D. and P Granados-Dieseldorff. 2012. The voice of the fishermen of the Gulf of Honduras: Improving regional fisheries management through fisher participation. *Fisheries Research* 125-126:129-148.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Instituto Censo General de Población y Vivienda. www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/.
- Islam S and M Tanaka. 2004. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 48: 624-649.
- Jacob S., P Weeks, B Blount and M. Jepson. 2013. Development and evaluation of social indicators of vulnerability and resiliency for fishing communities in the Gulf of Mexico. *Marine Policy*. 37:86-95.
- Kovacs J M. 2000. Perceptions of environmental change in a tropical coastal wetland. *Land degrad. Develop.* 11: 209-220.
- Lorán-Núñez R M., F R Martínez-Isunza, A J Valdez-Guzmán, M Garduño-Dionate, E R Martínez-Lorán. 2012. Reproducción y madurez sexual de robalo prieto (*Centropomus poeyi*) y robalo blanco (*C. undecimalis*) en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. *Ciencia Pesquera* 20: 49-64.
- Marín- Mézquita L., L Baeza, O Zapata-Pérez, G Gold-Bouchot. 1997. Trace metals in the American oyster, *Crassostrea virginica*, and sediments from the coastal lagoons Mecoacan, Carmen and Machona, Tabasco, Mexico. *Chemosphere*. 34: 2437-2450.
- Muñoz L C., F V Pérez, S P Cobos, A R Hernández y P G Sánchez. 2011. Sanidad forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques. 3ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 19 p.
- Orozco R A. 1997. El defoliador de manglar en Tabasco. *En: Memoria del IX simposio Nacional sobre parasitología forestal.* 15-17 de octubre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Pp: 5-8.

- Pérez-Brito E., A Galmiche-Tejeda, E. Zapata-Martelo, A. Martínez-Becerra, R. Mesenguer-Elizondo. 2012. Contexto de vulnerabilidad de las mujeres desconchadoras de ostión (*Crassostrea virginica*), del ejido Sinaloa, Primera sección, de Cárdenas, Tabasco. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 2:123-148.
- Pérez-Ruzafa A and C Marcos. 2012. Fisheries in coastal lagoons: An assumed but poorly researched aspect of the ecology and functioning of coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 110:15-31.
- Pérez S E y F J Muir. 2003. Fishermen perception on resources management and aquaculture development in the Mecoacan estuary, Tabasco, Mexico. *Ocean & Coastal Management*. 46:681-700.
- Rico P., A Medina. 2010. Plan de Manejo Pesquero del Refugio de vida Silvestre Barras y Cuero y Salado, Honduras (2010-2014) FU CSA/WWF/FFEM. 52 p.
- Rönnbäck P. 1999. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological Economics*. 29: 235-252.
- Salas S. y D. Gaertner. 2004. The behavioral dynamics of fishers: management implications. *Fish and Fisheries* 5: 153-167.
- Sanjurjo R. E. y P Campos P. 2011. Análisis de las actividades económicas en un manglar de usos múltiples. Un estudio de caso en San Blas, Nayarit, México. *Estudios sociales*. 19: 195-220.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 2000. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Instituto de Ecología. Pp: 47-60.
- Secretaría de economía (SE) 2013. Consultado el 20 de mayo de 2013. <http://www.economía-sniim.gob.mx>.
- Sol S. Á., F Sánchez G., G. I. Hernández M., L F Zamora C., O Sardiñas G., C. Rivera, P J Toruño. 2015. Volumen maderable de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) impactado por herbivoría de *Anacamptodes* spp. en Cárdenas Tabasco. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. 1:115-133.
- Toledo O A. 2005. Marco conceptual: caracterización ambiental del Golfo de México, p. 25- 52. *En: Botello A V, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias, 2a ed. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.*
- Uribe P J. y G L E. Urrego. 2009. Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar: aproximación al caso colombiano. *Gestión y Ambiente*. 12:57-72.

CAPÍTULO 2. DAÑO FOLIAR CAUSADO POR LA HERBIVORÍA EN ÁRBOLES DE MANGLE NEGRO (*Avicennia germinans* L.) EN TABASCO, MÉXICO

RESUMEN

Los manglares están sujetos a disturbios naturales ocasionados por agentes bióticos y abióticos. La incidencia de *Anacamptodes* sp. en Tabasco en el año 2010, afectó 3,841 ha de mangle negro en Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, Cárdenas Tabasco. Se evaluó el daño foliar por herbivoría en árboles de mangle negro. Se establecieron tres parcelas de 1000 m² en tres zonas geográficas distintas (alta, media y baja), seleccionando 68 árboles plantados y 68 de regeneración natural. Se evaluaron las variables daño foliar, altura y diámetro en las épocas de seca, lluvias y nortes de 2013 y 2014; también se identificaron los organismos causantes del daño foliar. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo de parcelas divididas considerando como parcela grande la zona, la parcela mediana la categoría de árbol y como parcela chica la época. Se realizó un ANOVA ($P < 0.05$) para el daño foliar y se determinó el coeficiente de correlación de Pearson entre el área foliar dañada y las variables de crecimiento y el área foliar dañada con las variables climáticas (temperatura y precipitación). No existieron diferencias significativas en cuanto a la zona ni al porcentaje de área foliar dañada entre categorías de árboles, en contraste con la época y las interacciones zona x categoría de árbol, categoría de árbol x época, zona x época y la triple interacción. Los porcentajes mayores de daño foliar se observaron en las épocas de nortes de 2013 y seca de 2014. En los árboles plantados el porcentaje mayor de área foliar dañada se registró en la época de lluvias (17.5 %) del 2013 y los de regeneración en la época de seca de 2014 (19.4 %). Se encontró una correlación de Pearson alta para los árboles plantados en la zona alta $r = -0.895$ $P = 0.015$ para la altura y $r = -0.917$ $P = 0.009$ para el diámetro; para las zonas media y baja éstos coeficientes fueron moderados y bajos, respectivamente. Las orugas de *Junonia* sp., saltamontes de las familias Acrididae y Tettigoniidae y *Aratus pisonii* ocasionaron daño foliar que consistió en el consumo del área foliar de los márgenes de las hojas, el cual no afectó significativamente el crecimiento de los árboles.

Palabras clave: área foliar, defoliación, manglar.

LEAF DAMAGE CAUSED BY HERBIVORY ON BLACK MANGROVE (*AVICENNIA GERMINANS* L.) TREES IN TABASCO, MEXICO

ABSTRACT

Mangrove swamps are exposed to natural disturbances caused by biotic and abiotic factors. In 2010, the incidence of *Anacamptodes* sp. affected 3,841 ha of black mangrove in Tabasco, México. Therefore, leaf herbivory damage on black mangrove trees in Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, Tabasco was evaluated. In three plots of 1000 m² each, located in three geographic zones, 68 black mangrove manually planted trees and 68 naturally regenerated trees were selected. Leaf damage, tree height, and stem diameter variables were measured during dry, rainy and windy seasons in 2013 and 2014; besides, organisms responsible of leaf damage were identifying. A completely randomized design in split plot arrangement was used considering the zone, the tree category, and the season as big, middle and small plots, respectively. For leaf damage data, an ANOVA ($P < 0.05$) was performed while Pearson correlation coefficient was determined between leaf damage and growth variables, and between leaf damaged and weather variables (temperature and rainfall). There was a not significant difference the area or the percentage of leaf area damaged between categories of trees, in contrast to the season and the interactions zone x tree category, tree category x time x season, zone x season and the triple interaction. The highest leaf damage values were register during windy season in 2013 and dry season in 2014. Planted trees registered higher leaf damage during rainy season (17.5 %) of 2013 and regeneration in dry season of 2014 (19.4 %). There was found a high significant Pearson correlation coefficient between leaf damaged and tree height ($r = -0.895$ $P = 0.015$) and between leaf damaged and stem diameter $r = -0.917$ $P = 0.009$; the coefficients were moderate and lower for the middle and low zones. Foliar damage was caused by caterpillars of *Junonia* sp. grasshoppers of the family Acrididae and Tettigoniidae and crabs (*Aratus pisonii*), and consisted on consumption of leaf area around leaf edges; this damage did not significantly affect the growth of black mangrove trees.

Key words: Leaf area, defoliation, mangrove swamp.

2.1. Introducción

El manglar constituye un ecosistema costero de importancia ecológica, económica y social en las zonas tropicales del mundo, con una superficie aproximada de 16,530,000 ha (CONABIO, 2008). Su diversidad comprende 60 especies de mangle, de las cuales cuatro, *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* L., *Conocarpus erectus* L. y *Avicennia germinans* L. están registradas en México; éstas, en conjunto ocupan una superficie a nivel nacional de 655,667 ha, de las cuales 45,210 ha (6.3 %) se localizan en el estado de Tabasco (Domínguez *et al.* 2011).

El deterioro y alteración de los manglares en México, particularmente en Tabasco, se debe principalmente a actividades antrópicas, como la tala clandestina; el cambio de uso del suelo para el establecimiento de pastizales, cultivos agrícolas e infraestructuras para el cultivo de camarón, desarrollo turístico y urbano y construcción de carreteras; y la contaminación ocasionada por la industria petrolera (Díaz, 2011; Domínguez *et al.*, 2011). Los manglares también están sujetos a disturbios naturales ocasionados por agentes abióticos como los huracanes y tormentas (Palacio *et al.*, 1999; Ruíz *et al.*, 2013) y al daño provocado por agentes biológicos como las plagas y enfermedades (Castillo, 2001; Cruz *et al.*, 2004; Menezes y Peixoto, 2009; Flores *et al.*, 2014).

Con respecto a los factores anteriores, en septiembre y octubre de 1995, después del paso de los huracanes “Opal” y “Roxanne” por la costa del Golfo de México en los estados de Campeche y Tabasco, México, se presentó una plaga identificada como *Anacamptodes* sp. (Lepidoptera: Geometridae) que defolió severamente 200 ha de manglar, incluyendo las especies de mangle negro (*A. germinans*), rojo (*R. mangle*) y blanco (*L. racemosa*) localizadas en ambos márgenes del río San Pedro y San Pablo, que divide a dichos estados. Como consecuencia de la defoliación sobrevino la muerte de los árboles en una superficie de 80 ha (Orozco, 1997; Palacio *et al.* 1999) al grado que la pérdida en madera se estimó en $53,522 \text{ m}^3 \text{ r/ha}^{-1}$. En el año 2010 esta misma plaga incidió nuevamente en Tabasco afectando 3,841 ha de mangle negro en la costa de los municipios de Cárdenas, Huimanguillo y Paraíso. La pérdida de madera de

árboles muertos se cuantificó en 50 ha, estimando un valor promedio de $38.3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ (Sol *et al.*, 2015).

Considerando los daños ocasionados, paralelamente a la regeneración natural, en 2012 se reforestaron 50 ha de mangle negro en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas (Sol *et al.* 2012); esto con la finalidad de proteger y conservar el manglar. En virtud de que la plaga ocasionó daños tanto a árboles jóvenes y adultos, esta área reforestada se consideró importante para dar seguimiento al proceso de conservación del manglar y realizar algunos estudios más puntuales, como es el caso del daño ocasionado por insectos defoliadores. Por tanto, el objetivo presente trabajo fue estimar el daño foliar por la herbivoría en las poblaciones de *A. germinans* en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas de Cárdenas Tabasco, México, además de identificar el posible agente causal.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el área de manglar afectada por *Anacamptodes* sp., en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco (Figura 7). En esta zona, la vegetación está compuesta principalmente por las especies de mangle *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*; algunas especies se encuentran en asociación son *Batis marítima* L. (Bataceae), *Spartina spartinae* (Trin.) Merr. (Poaceae), *Sesuvium portulacastrum* L. (Aizoaceae), *Acchmea bracteata* (Sw) Griseb. (Bromeliaceae), *Achrostrichum aureum* L. (Pteridaceae), entre otras. La vegetación adyacente al manglar, está compuesta principalmente por plantaciones de pastizales y coco, además de vegetación hidrófila (Hernández, 2013).

El clima en la zona es cálido húmedo con lluvias intensas en verano; la temperatura media anual es de $26 \text{ }^\circ\text{C}$, siendo la mínima de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ registrada en diciembre y enero, y la máxima de $30.3 \text{ }^\circ\text{C}$ registrada en mayo. La precipitación anual es de 2,163 mm con

promedio máximo mensual de 335 mm en el mes de septiembre y un mínimo de 10 mm en el mes de abril; los cuerpos de agua corresponden al de la laguna La Machona, cuya superficie es de 6,500 ha, misma que pertenece al sistema fluvial Grijalva-Usumacinta (Marín-Mezquita *et al.*, 1997).

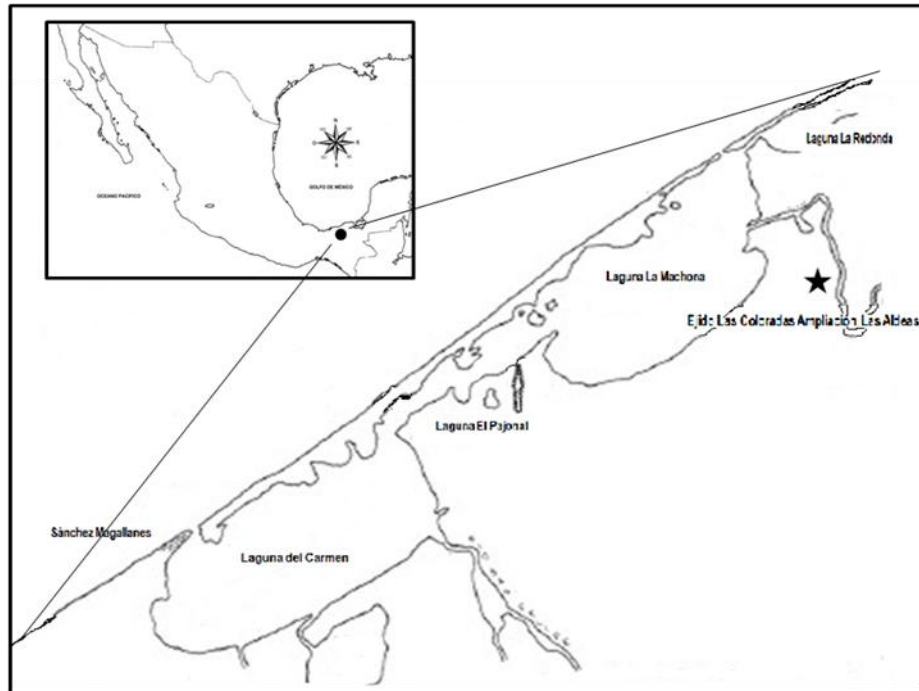


Figura 6. Área de estudio en Cárdenas, Tabasco.

2.2.2. Selección de las parcelas de muestreo

Se establecieron tres parcelas de muestreo de 1000 m² (20 m x 50 m) cada una, ubicadas en tres zonas diferentes: zona alta (ZA) que presenta suelos firmes e inundados por períodos cortos, zona media (ZM) donde los suelos se mantienen inundados por períodos más largos en épocas de lluvias y nortes, y zona baja (ZB) que presenta un suelo fangoso e inundado la mayor parte del año. La selección de las zonas estuvo en función de la variación existente en relación con el nivel de manto freático (González, 2014). En la Figura 7 se muestran las parcelas establecidas y las coordenadas de los cuatro vértices de cada parcela en cada una de las zonas. Las parcelas se dividieron en cinco sub-parcelas de 10 m x 20 m (200 m²) de las cuales tres

se consideraron para realizar las evaluaciones correspondientes, quedando separadas por las dos sub-parcelas restantes para amortiguar un posible efecto de borde.

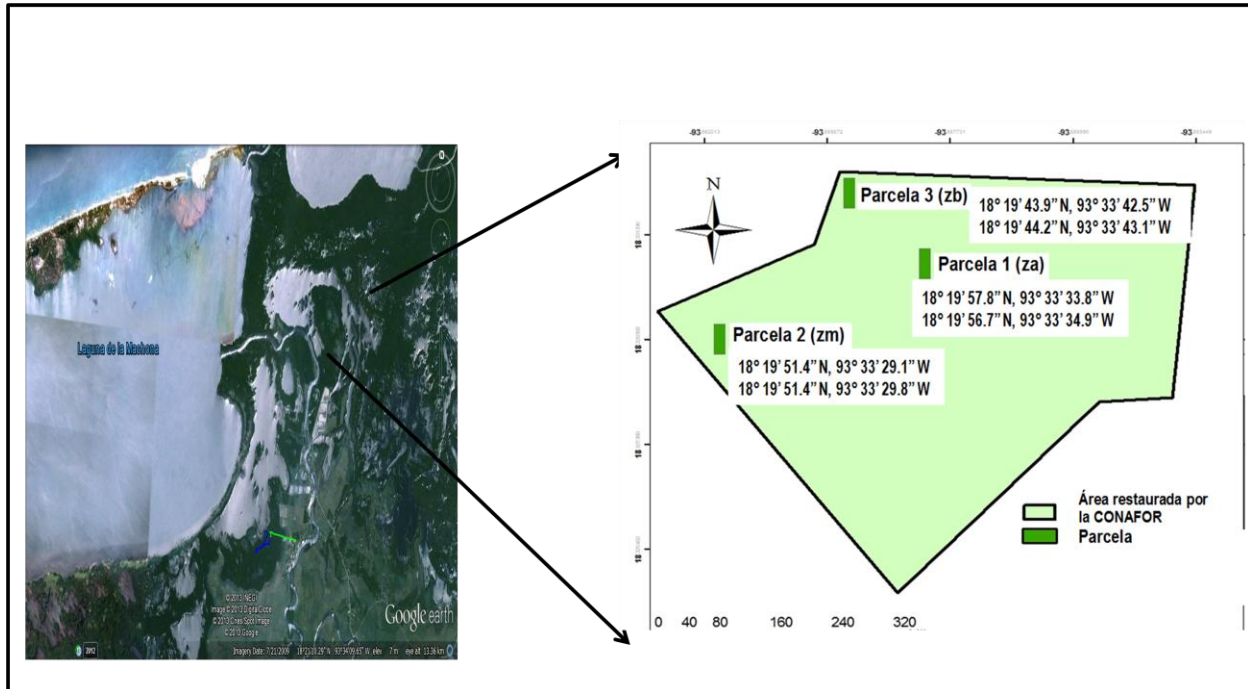


Figura 7. Distribución y coordenadas de las parcelas de muestreo en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, Cárdenas Tabasco.




2.2.3. Selección de individuos de mangle negro

Para el trabajo de investigación, se consideraron dos categorías de árboles, plantados y de regeneración natural. Los primeros procedieron de un vivero de la comunidad de estudio, donde se fertilizaron en dos ocasiones con Triple 17 y posteriormente con fertilizante foliar (Grogreen®); éstos se plantaron en julio de 2012 (Sol *et al.*, 2012); para los árboles de regeneración natural se consideraron aquellos que crecieron en las parcelas seleccionadas. De cada categoría de árbol, se seleccionaron 68 árboles, de las cuales 28 se encontraban en la parcela ubicada en la zona alta, 29 en la parcela de la zona media y 11 en la parcela de la zona baja. Las parcelas no tuvieron el mismo número de árboles debido a que al momento de la selección, el porcentaje de sobrevivencia de los árboles fue diferente en cada zona. La selección de ellos se

realizó del 20 al 22 de febrero de 2013. En total se seleccionaron 136 árboles con una altura aproximada de 80 cm para ambas categorías de árboles.

Las variables evaluadas fueron daño foliar, altura del árbol y diámetro del tallo. Para el daño foliar, en cada muestreo se seleccionaron seis hojas por árbol, dos en la parte baja, dos en medio y dos en el dosel del árbol. En el primer muestreo se evaluaron un total 816 hojas, número que disminuyó gradualmente en cada muestreo debido a la muerte de algunos árboles bajo evaluación. En total se evaluaron 2,400 hojas considerando los seis muestreos. Se utilizó una escala de cinco niveles elaborada con base en los trabajos de Mohamed *et al.* (1995) y Fernández (2002) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Escala de evaluación para medir el área foliar dañada por la herbivoría en *A. germinans*.

Nivel de daño	Área foliar dañada (%)	
0	Sanas	
1	1 a 19	
2	20 a 49	

Continuación...

3 50 a 79



4 > 80



La escala se validó previamente utilizando 60 hojas de mangle negro dañadas y 60 hojas sanas que fueron seleccionadas al azar y provenientes de diez árboles plantados en la parcela establecida. Se seleccionaron y se cortaron seis hojas por árbol considerando tres tamaños de longitud: grande (9-10 cm), mediana (7-8 cm) y chica (5 cm). La longitud abarcó desde la base del peciolo hasta el ápice de la misma. Posteriormente, estas hojas fueron trasladadas al Laboratorio de Fisiología vegetal del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco donde se midió el área foliar mediante un scanner Licor LI-3100 C *Área meter* (cm²). El daño de la hoja se determinó por la diferencia de valor de área foliar de las hojas dañadas y las sanas. Para determinar la posible relación del daño foliar y las variables de crecimiento de los árboles, se midió la altura de los mismos a partir de su base hasta la copa usando un flexómetro y el diámetro del tallo mediante un vernier, a la altura de 4 cm a partir de su base.

Las mediciones se llevaron a cabo durante las tres épocas del año definidas con base en el régimen de precipitaciones del estado de Tabasco: seca, lluvias y nortes (Aceves *et al.*, 2008); aquellas correspondientes a la época seca se realizaron del 23 de febrero al 02 de marzo del 2013 y del 03 al 08 de marzo del 2014; para la época de lluvias del

29 de junio al 05 de julio en 2013 y del 07 al 12 de julio en 2014; para la época nortes del 04 al 10 de noviembre de 2013 y del 04 al 11 de noviembre de 2014.

2.2.4. Colecta de herbívoros

Para conocer sobre los posibles organismos causantes del daño foliar, al momento de las evaluaciones del 2014 se recolectaron invertebrados encontrados en las hojas de árboles de mangle negro. Los individuos se colocaron en viales de vidrio de 100 ml conteniendo alcohol al 70% y se guardaron hasta el momento de su identificación en el Laboratorio de Entomología del Campus Tabasco. Su identificación se realizó a nivel de clase, orden, familia o género.

2.2.5. Análisis estadístico

El diseño experimental consistió en un diseño completamente al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fue la zona, la parcela mediana la categoría de árboles y la parcela chica los muestreos (6), realizados en las tres épocas durante dos años; las unidades experimentales fueron las hojas de los árboles seleccionados. El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + Z_i + \epsilon_i + C_j + E_k + \epsilon_k + (ZE)_{ik} + (ZC)_{ij} + (ZEC)_{ijk}$$

$i=1, 2, 3$ (zonas) $j= 1, 2$ (categoría de árbol) $k=1, 2, 3$ (épocas)

Donde:

μ = media general

Z_i = efecto de la zona

ϵ_i = error de la parcela grande (zona)

E_k =efecto de la época

ϵ_k =error de la parcela chica

C_j =efecto de la categoría de árbol

$(ZE)_{ik}$ =interacción zona x época

(ZC)_{ij} = interacción zona x categoría de árbol

(ZEC)_{ijk} = triple interacción zona x época x categoría de árbol

Con los datos de porcentajes de daño foliar obtenidos, se realizó una prueba de Bartlett ($P < 0.05$) para corroborar el supuesto de homogeneidad de varianzas y la prueba de Shapiro-Wilk para el supuesto de normalidad. Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos, éstos se transformaron con arcoseno. Una vez transformados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias Tukey ($P < 0.05$). También se determinó el coeficiente de correlación de Pearson para asociar el daño foliar y el crecimiento en altura y diámetro de los árboles previamente seleccionados utilizando el programa SAS versión 9.1 (SAS, 1995).

Además, se analizaron los registros de los promedios mensuales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación (mm) de los años en que se llevó a cabo el experimento. Los datos correspondieron a los registrados en la estación meteorológica del municipio de Paraíso, mismos que fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Delegación Tabasco y el SMN-CONAGUA del DF con la finalidad de relacionar la incidencia de los insectos con las condiciones climatológicas.

2.3. Resultados y discusión

El análisis estadístico no mostró diferencias estadísticas significativas para el porcentaje de área foliar dañada entre zonas (Cuadro 9), esto contrario a lo esperado, sobre todo si se consideran las características contrastantes de cada una de ellas. Igualmente Reyes y López (2002) explican que la cantidad y la distribución del daño foliar en los individuos de mangle negro dependen de los periodos de inundación y éstos dependen de la microtopografía del terreno.

Cuadro 9. Análisis de varianza del arcoseno de los porcentajes de daño foliar de árboles de *A. germinans* del ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas de Cárdenas, Tabasco.

F.V.	G.L.	CM daño foliar
Modelo	35	0.6069*
Error	2670	0.095
Total corregido	2705	
Zona	2	0.1147 ^{NS}
Categoría de árbol	1	0.4122 ^{NS}
Época	5	0.6045*
Zona x categoría de árbol†	2	0.5086*
Zona x época	10	0.6064*
Categoría de árbol x época	5	0.4796*
Zona x categoría de árbol x época	10	0.4097*

Abreviaciones: CM= cuadrado de la media, *significativo ($P < 0.05$), NS= No Significativo ($P < 0.05$). † Efecto probado utilizando la interacción zona x categoría de árbol como término de error.

Para el porcentaje de área foliar dañada entre los árboles plantados y los árboles de regeneración natural tampoco hubo diferencia estadística, en contraste con la época y las interacciones entre los factores. Aun cuando no hubo diferencias significativas entre categorías de árbol, los plantados presentaron daño que osciló de 4.9 % y 72.9 % mientras que para los de regeneración natural el daño fluctuó entre 3.9 % y 77.4 %. En manglares de Belice Farnsworth y Ellison (1991) registraron alrededor del 5% de área foliar dañada en los márgenes de las hojas en plantas de *A. germinans*, coincidiendo el daño más bajo registrado en la presente investigación.

El daño foliar observado consistió básicamente en el consumo del área foliar de los márgenes de las hojas en ambas categorías de árbol (Figura 8 a y b). Una posible interpretación de este daño es que tanto árboles plantados como de regeneración natural no presentaron características diferentes que indujeran a los organismos causantes del daño foliar a tener alguna preferencia alimenticia, aun cuando los primeros fueron fertilizados en el vivero. Al respecto, Farnsworth y Ellison (1991) consideran que el enriquecimiento nutritivo de árboles de manglar no se relaciona con el daño que ocasiona la herbivoría. La especie *Anacamptodes* sp., que constituyó una plaga defoliadora en 1995 y 2010, también presenta el patrón de consumo que se reporta, sin embargo, dicha especie tiene un comportamiento voraz debido a que

consume toda la hoja dejando sólo las nervaduras de las mismas interfiriendo en los procesos de fotosíntesis, transpiración y translocación de los nutrimentos de los árboles debido a que puede causar defoliación total (INE, 2000).

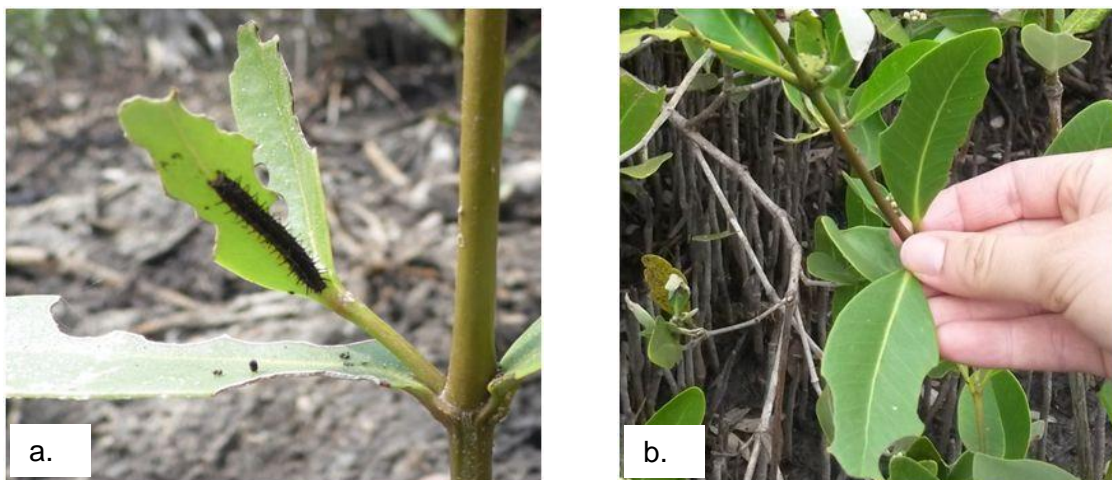


Figura 8. Daño foliar en los márgenes de las hojas de árboles plantados (a) y de regeneración natural (b) de *A. germinans* en el manglar del ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas Cárdenas, Tabasco.

El 3.7 % del total de las hojas presentaron daños foliares severos con valores de 72.9 y 77.4 % para los árboles plantados y regenerados, respectivamente. Resulta importante señalar que este daño fue más recurrente en las hojas superiores o jóvenes. Estos valores de daño fueron más altos que aquellos reportados por Romero *et al.* (2006) quienes obtuvieron 62 % de la pérdida de material foliar en el margen de las hojas de mangle negro de la costa pacífica Colombiana y el daño también fue causado por herbívoros masticadores presentes en dicho manglar. Asimismo, en Nueva Guinea y Australia, Robertson *et al.* (1992) demostraron que los insectos masticadores ocasionan pérdidas de área foliar en los árboles de mangle. Menezes y Peixoto (2009) encontraron 80% de área foliar dañada con las mismas características en plantas de *Avicennia schaueriana* en Brasil; sin embargo; en la información se desconoce la edad o posición de las hojas donde ocurrió el daño.

Existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para el factor época; los porcentajes mayores de daño foliar se observaron en las épocas de lluvias y nortes de

2013 y seca de 2014 y los menores en lluvias y nortes de 2014 (Figura 9). Coincidiendo con Earlester *et al.* (1999) y Schowalter (2011) quienes registraron que los insectos herbívoros causan daño foliar principalmente en mangle negro en los meses de agosto a diciembre (épocas de lluvias y nortes) en Colombia; asimismo, Menezes y Peixoto (2009) también observaron daño en hojas de *A. germinans* en época de lluvia en Brasil. Además del papel que tiene la época, es muy importante considerar que la diversidad de especies de insectos en cada región también tiene un efecto determinante en el daño. Sin embargo, de manera general Schowalter (2011), asevera que los periodos de herbivoría están más asociados a la sequía que a las lluvias; igualmente, Sousa y Dangremon (2011), consideran que los eventos estacionales ocurren a partir de abril y mayo, aumentando la herbivoría y ocasionando la defoliación total de los árboles en un intervalo de tres meses. Por lo tanto, en este tipo de estudios es importante conocer el tipo de hospedero y la dinámica poblacional de los organismos involucrados.

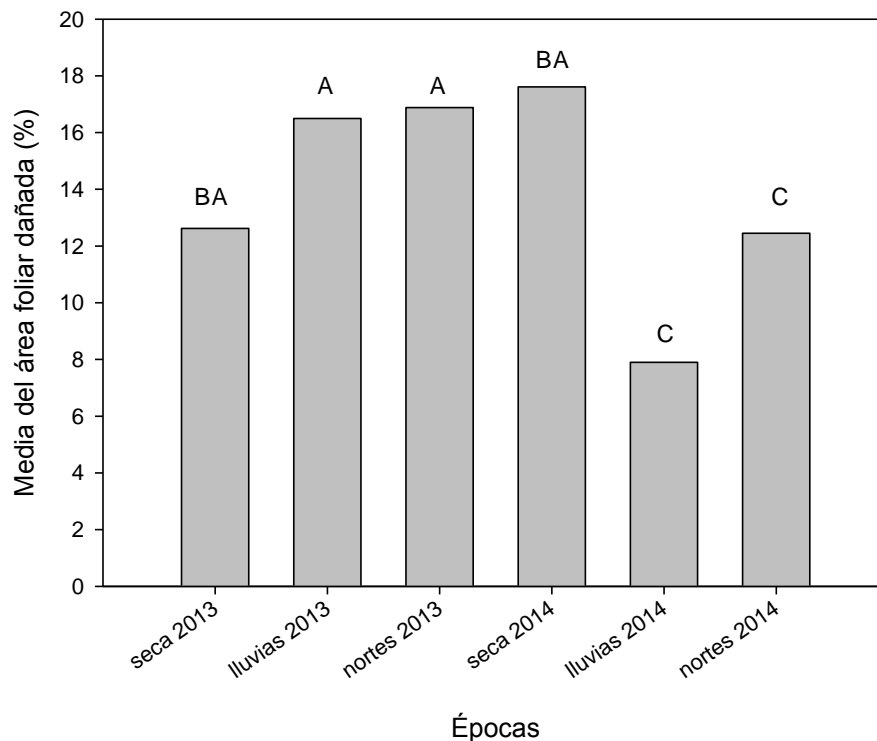


Figura 9. Porcentaje de área foliar dañada en árboles de *A. germinans* en tres épocas del año durante el periodo 2013-2014. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales con la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Con respecto a las interacciones, para la interacción zona x categoría de árbol, el porcentaje de daño foliar más alto se observó en los árboles plantados en la zona media (19. %) y el porcentaje más bajo para la misma categoría fue en la zona baja (12.5 %); para los árboles regenerados, el daño mayor (16.4 %) se presentó en la zona alta y el menor en la zona media (10.1 %) (Figura 10).

El hecho de que los árboles plantados presentaron una mayor susceptibilidad al daño foliar, pudo deberse probablemente al periodo de adaptación que pasaron después de la etapa de vivero y de trasplante en el manglar. El hidroperiodo puede ser otra causa de estos resultados ya que este influye en el desarrollo de los árboles. En la zona baja, los árboles estuvieron más propensos a la inundación y a las concentraciones de sales provenientes de la laguna La Machona, contrario a los árboles de las zonas media y alta; por lo tanto, estas características afectaron el desarrollo de los árboles en la zona baja de tal manera que al término de la investigación más del 90% de los árboles tanto plantados como de regeneración natural estaban muertos, no siendo éstos una fuente de alimento para la herbivoría. Al respecto Ruíz *et al.* (2013) indicaron que el hidroperiodo, afecta negativamente el desarrollo de los árboles, principalmente de las raíces y hojas.

En la interacción zona por época, en la zona baja en la época de lluvia de 2013 se presentó el porcentaje mayor de daño con 27.7 % y el porcentaje menor fue en la zona baja para la época de lluvias de 2014 con 3.5 % (Figura 11). En relación con la interacción entre la categoría de árbol x época también presentó diferencias estadísticas para la variable evaluada (Cuadro 9). En la Figura 12 se observan los resultados del daño foliar en ambas categorías de árboles en los seis muestreos. Los árboles plantados registraron el porcentaje mayor de área foliar en las épocas de seca (15.3 %) y lluvias (19.2 %) de 2013. En árboles de regeneración natural, el daño foliar presentó un patrón diferente al de los árboles plantados; los porcentajes más altos de daño se observaron en la época de nortes de 2013 (17.7 %) y seca de 2014 (19.4 %).

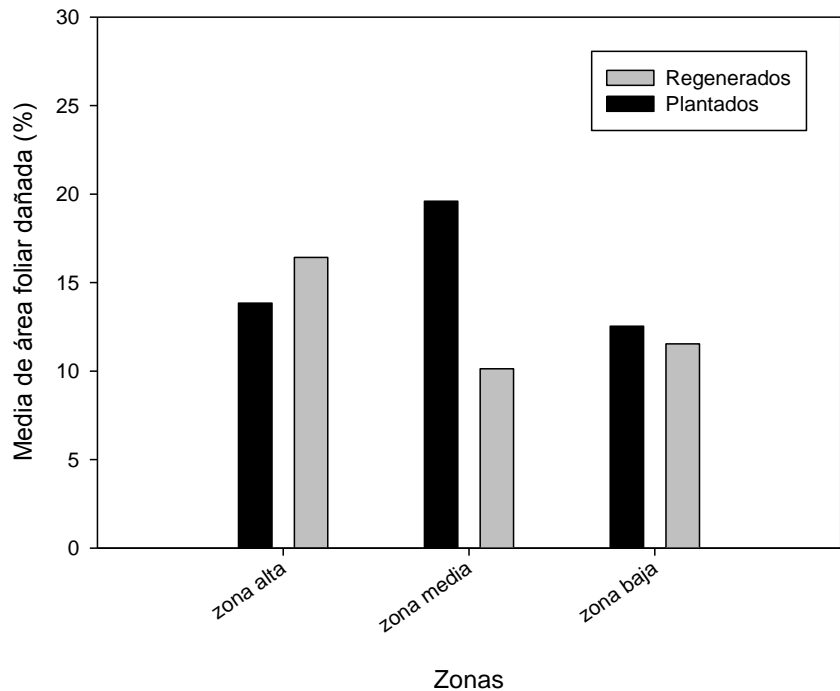


Figura 10. Porcentaje de área foliar dañada en árboles de *A. germinans* en la interacción zona x categoría de árbol.

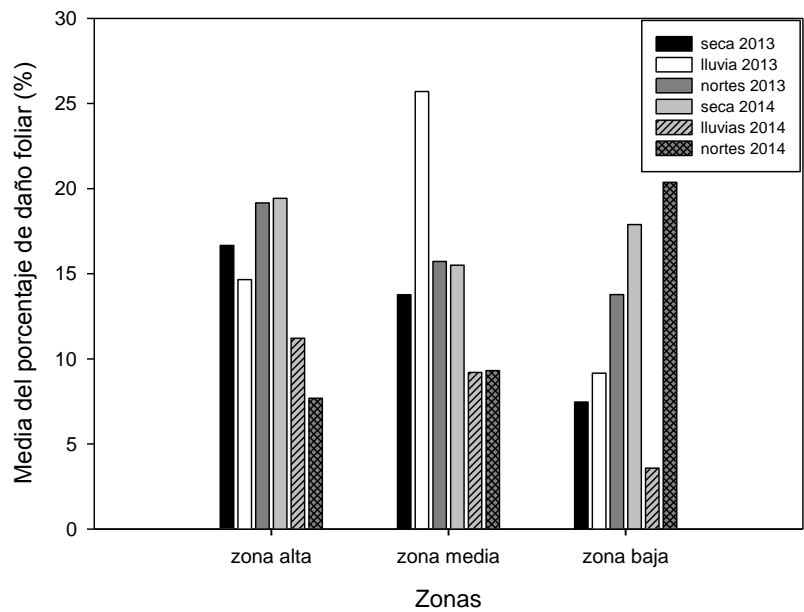


Figura 11. Porcentaje de área foliar dañada en árboles de *A. germinans* en la interacción zona x época durante el periodo 2013-2014.

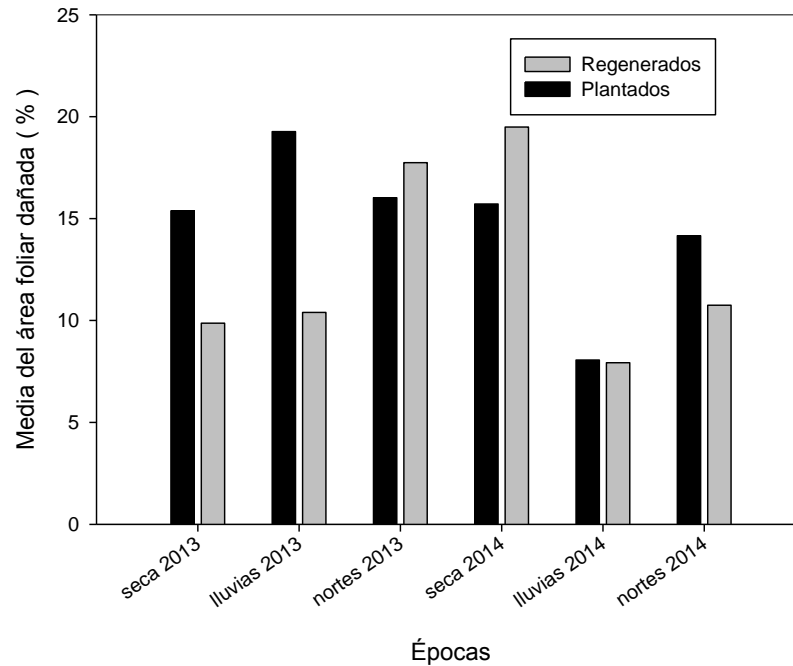


Figura 12. Porcentaje de área foliar dañada en árboles de *A. germinans* en la interacción categoría de árbol por época durante el periodo 2013-2014.

Finalmente, el análisis estadístico reveló que existe diferencia estadística en la interacción zona x categoría de árbol x época, destacando que hubo un daño foliar mayor en la zona media en los árboles plantados para la época de lluvias del año 2013 y que no hubo daño en la zona baja en la época de lluvia de 2014 en la categoría de árbol plantado (Cuadro 10); esto se debe principalmente a que en el segundo año de muestreos, el número de árboles evaluados eran sólo dos plantados y estuvieron exentos de daño foliar. Una situación similar ocurrió para las zonas alta y media, donde el porcentaje de árboles plantados y regenerados que sobrevivieron fue de 33 y 34 % por zona respectivamente.

Cuadro 10. Porcentaje de área foliar dañada en árboles de *A. germinans* en la interacción zona x categoría de árbol x época durante el periodo 2013-2014.

Zonas	Épocas por año											
	2013						2014					
	Seca		Lluvias		Nortes		Seca		Lluvias		Nortes	
	PI	RN	PI	RN	PI	RN	PI	RN	PI	RN	PI	RN
% %		% %		% %		% %		% %		% %		
Alta	20.1	13.1	1.5	12.7	15.2	27.1	11.3	27.5	11.0	11.4	8.7	6.6
Media	17.7	9.7	43.4	8.0	17.8	13.5	15.0	16.0	13.1	5.2	10.4	8.2
Baja	8.2	6.7	7.8	10.4	15.0	12.5	20.8	14.9	0.0	7.1	23.3	17.4

Abreviatura: PI= árboles plantados, RN= árboles de regeneración natural.

2.3.1. Identificación de de herbívoros

En relación con los herbívoros encontrados sobre el follaje de los árboles, éstos se identificaron como orugas de *Junonia* sp. (Insecta: Lepidoptera: Nymphalidae), saltamontes de las familias Acrididae y Tettigoniidae (Insecta: Orthoptera), y una especie pequeña de cangrejo (Crustacea), posiblemente la especie *A. pisonii* (H. Milne Edwards, 1837) común en el estado de Tabasco (Barba *et al.*, 2010) (Cuadro 11). Menezes y Peixoto (2009) indican que los organismos que consumen el área foliar de los márgenes de las hojas de mangle en Rio de Janeiro, Brasil, son insectos del orden Lepidoptera; la especie *Junonia evarete* (Cramer 1775) del orden Orthoptera (Tettigoniidae), así como el cangrejo *A. pisonii* (Crustacea). Aunque solo se observó a la especie *Junonia* sp. alimentarse del follaje de los árboles evaluados, es probable que también los ortópteros y cangrejos se alimenten de las hojas, y en conjunto sean los principales causantes del daño foliar en plantas de mangle negro. En Florida, Estados Unidos esta especie de cangrejo se reporta como consumidor de hojas de mangle rojo principalmente; sin embargo, cuando la densidad de estos cangrejos es alta y existe escasez del mangle rojo, éstos tienden a consumir hojas de mangle negro (Erickson *et al.* 2012).

Cuadro 11. Identificación de los organismos herbívoros recolectados en hojas de mangle negro en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco.

Nombre común	Nivel de identificación	No. de herbívoros recolectados
Mariposa ojo de venado o mariposa cuatro ojos	<i>Junonia</i> sp.	39 (larvas)
Saltamontes	Tettigoniidae	10 (adultos)
Saltamontes	Acrididae	8 (adultos)
Cangrejo de manglar	No identificado	6 (adultos)

2.3.2. Correlación de Pearson

El análisis de correlación de Pearson entre el daño foliar y las variables de crecimiento (altura y diámetro del tallo) de los árboles plantados en la zona alta dio como resultado coeficiente de correlación alto para la altura ($r = -0.895$ $P = 0.015$) como para el diámetro ($r = -0.917$ $P = 0.009$) con un nivel de significancia del 0.05, lo que significa que a mayor daño menor crecimiento (Figura 13). Lo anterior se corrobora con lo observado ya que los árboles plantados tuvieron un porcentaje menor de daño foliar que los árboles de regeneración natural. Esto está relacionado con el suelo de dicha zona puesto que éste se mantiene firme y no se inunda durante el hidroperiodo, sea éste por la lluvia o por la entrada del agua de la laguna La Machona. Además de lo anterior, existen otros factores que pueden afectar esta correlación. Por ejemplo, en Panamá, Coley (1988) determinó que en general, el crecimiento de los árboles en altura está en función de la herbivoría; De la Riva *et al.* (2005) indicaron que existe una relación débil entre el tamaño de la planta de *Munnozia hastifolia* y el daño foliar causado por herbívoros masticadores en Bolivia; Herrera *et al.* (2007) indicaron que los fenoles y flavonoides presentes en las hojas de *A. germinans* registraron una relación positiva con la herbivoría en La Mancha, Veracruz, México. En contraste con los árboles plantados, para los árboles de regeneración natural en la zona alta, el coeficiente de correlación presentó valores bajos para ambas variables, altura ($r = -0.130$ $P = 0.804$) y diámetro ($r = -0.009$ $P = 0.985$).

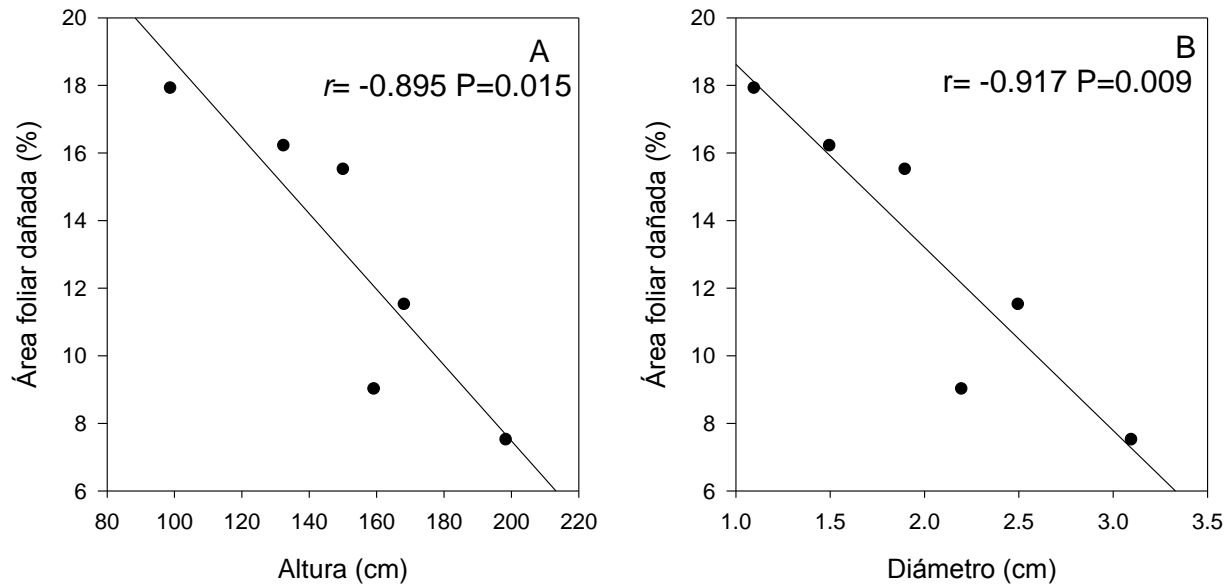


Figura 13. Correlación entre el porcentaje de área foliar dañada (daño foliar) y la altura (A) y diámetro del tallo (B) de la categoría de árbol de *A. germinans* plantados en la zona alta en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco. ($\alpha = 0.05$).

Con respecto a la zona media, el análisis de correlación de Pearson presentó un coeficiente de correlación moderado para la altura de los árboles plantados ($r = -0.562$; $P = 0.245$) y ($r = -0.590$; $P = 0.217$) para el diámetro (Figura 14); y un coeficiente de correlación bajo para los árboles de regeneración natural ($r = -0.394$; $P = 0.439$) y ($r = -0.451$; $P = 0.368$) para la altura y el diámetro, respectivamente. Finalmente, no hubo correlación entre el daño foliar y las variables de crecimiento para la zona baja. Al respecto, se considera que el hidropериodo o periodo de inundación fue un factor determinante para estos resultados ya que los árboles permanecieron inundados durante 23 meses de los 24 que duró el experimento.

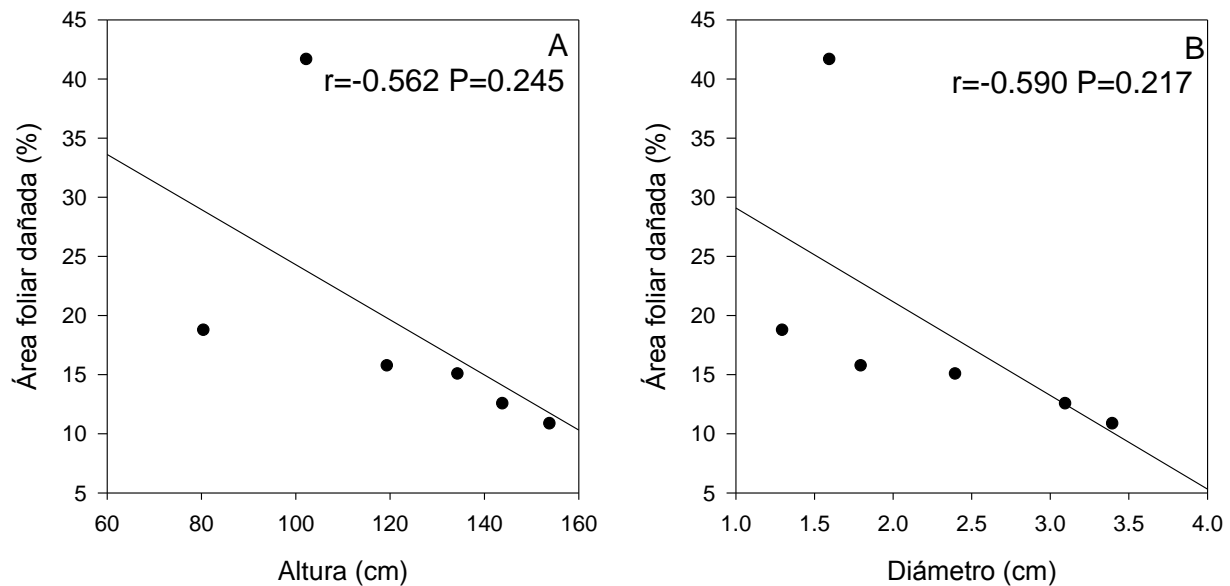


Figura 14. Correlación entre el porcentaje de área foliar dañada (daño foliar) y la altura (A) y diámetro del tallo (B) de la categoría de árbol de *A. germinans* plantados en la zona media en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco. ($\alpha = 0.05$).

En virtud de los resultados anteriores, es probable que la herbivoría tenga algún efecto negativo sobre algún componente del crecimiento o la reproducción de los árboles de *A. germinans* evaluados, ya que el porcentaje promedio de área foliar consumida por herbívoros es considerablemente mayor que en otras especies tropicales como lo reporta Herrera *et al.* (2007). Asimismo, Sousa y Dangremon (2011), aseguran que la pérdida de área foliar es menor para las especies como *Rizophora mangle* L. y *Laguncularia racemosa* L. debido a que presentan defensas físicas y químicas (taninos) que proporcionan un sabor desagradable para los insectos herbívoros, situación que resulta diferente para la especie *A. germinans* que comparte afinidad con los insectos. Por tanto, es probable que la herbivoría tenga cierto efecto aunque sea mínimo sobre algún componente del crecimiento o la reproducción ya que el porcentaje promedio de área foliar consumida por herbívoros es considerablemente mayor que en otras especies tropicales.

El análisis de correlación de Pearson entre el daño foliar y la fluctuación de la temperatura y la precipitación en la zona cercana al ejido Las Coloradas, Ampliación

Las Coloradas, dio como resultado un coeficiente de correlación alto para la variable temperatura para los árboles plantados del año 2014 ($r= 0.942$ $P=217$), para los árboles de regeneración natural el coeficiente obtuvo un valor de correlación alto pero del año 2013 ($r= -0.790$ $P=419$). La temperatura presente en los años de los muestreos se mantuvo entre 24 y 28 °C y los porcentajes de daño foliar variaron entre la categoría de árbol y las épocas, alcanzando el porcentaje mayor cuando la temperatura fue de 26 °C. En la época de lluvias del año 2014, la temperatura fue de 27 °C y el porcentaje de daño descendió hasta 8 % para ambas categorías de árbol (Figura 15).

En cuanto a la precipitación, la correlación fue alta en el 2013 para los árboles plantados ($r= 0.879$ $P=315$) y para los árboles de regeneración la correlación también fue alta pero para ambos años ($r= 0.974$ $P=0.144$ y -0.977 0.136 , respectivamente).

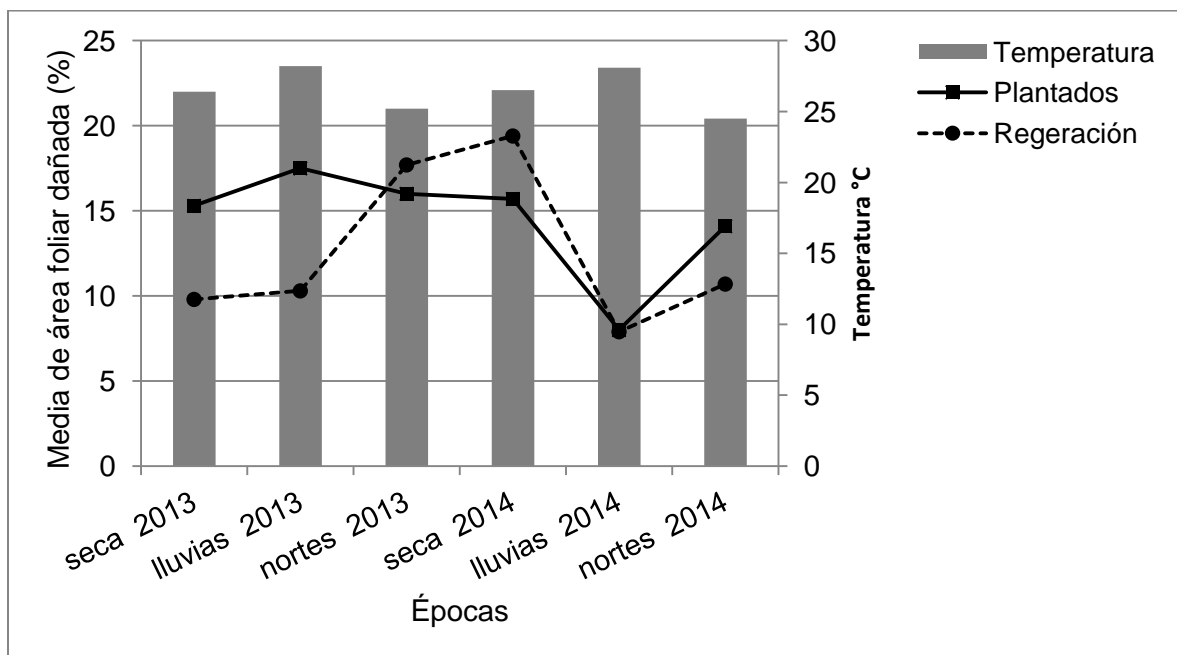


Figura 15. Porcentaje de área foliar dañada en árboles de *A. germinans* y la temperatura °C durante el periodo comprendido entre el 2013 y 2014. Los datos climatológicos se obtuvieron de la estación meteorológica Paraíso (Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA).

En la Figura 16 se presentan los porcentajes de daño foliar con respecto a la precipitación acumulada; aun cuando en el año 2013, la precipitación acumulada fue

mayor en la época de nortes (358 mm), el daño foliar observado en dicha época fue menor, por tanto, los patrones de consumo de los insectos no son estables.

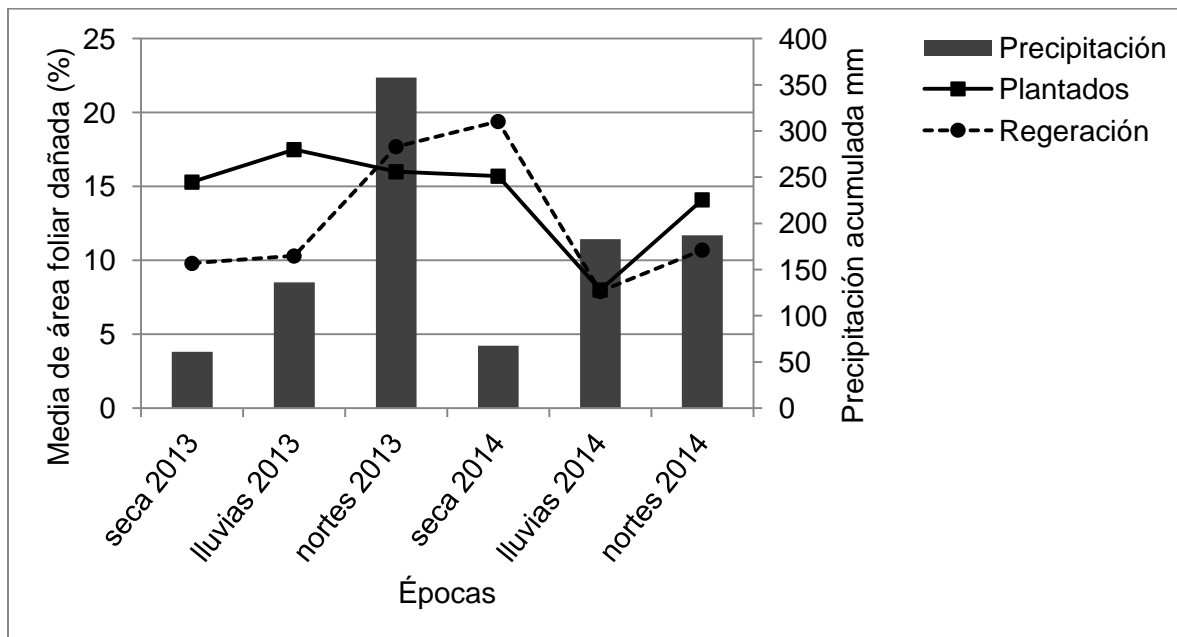


Figura 16. Porcentaje de área foliar dañada en árboles de *A. germinans* y la precipitación en mm durante el periodo comprendido entre el 2013 y 2014. Los datos climatológicos se obtuvieron de la estación meteorológica Paraíso (Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA).

Durante el periodo de muestreo, no se observó la presencia de especies del género *Anacamptodes* sp., Esta situación hace pensar que esta especie es una plaga esporádica y que su presencia se debe a condiciones climáticas específicas tales como radiación solar, temperatura del aire, precipitaciones y viento, variables climáticas que se consideran críticos para la incidencia, distribución y desarrollo de insectos plaga. Además, probablemente la presencia de huracanes y tormentas tropicales fueron los responsables directos de la presencia de dicha especie debido a que la incidencia de esta especie coincidió con la entrada de los huracanes “Opal” y “Roxanne”, que acontecieron en octubre de 1995 con vientos de 185 km/h, que pudieron propiciar la entrada a los bosques de manglar puesto que estos actúan como barreras rompeviento en las zonas costeras (Orozco, 1997; SMN, 2015). Trabajos realizados por diversos autores corroboran que los factores climáticos coadyuvan a la dinámica poblacional de los insectos plaga, por ejemplo Gerónimo *et al.* (2015) mencionan que

los factores climáticos (temperatura y precipitación) determinan la presencia de una plaga de árboles de cacao; Bravo *et al.* (2005) encontró que la temperatura y las lluvias influyen directamente en la dinámica poblacional del picudo del maguey; la FAO (2009), asegura que la temperatura y la precipitación son factores de estrés que repercuten en la sanidad forestal, aumentando la vulnerabilidad ante insectos y patógenos.

2.4. Conclusiones

La herbivoría identificada en las hojas de mangle negro en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, ocasionó un daño foliar mínimo (nivel 1) en este estudio, lo que implica que dicho daño no es suficiente para considerarlo como un problema de defoliación como el ocasionado por *Anacamptodes* sp. en los años 1995 y 2010. En general, el daño foliar ocasionado por los organismos identificados no estuvo correlacionado fuertemente con el crecimiento en altura y diámetro de los árboles durante el periodo de evaluación; por lo tanto, se requiere realizar estudios considerando otros factores bióticos y abióticos.

Los herbívoros de los bosques de manglar son numerosos y se especializan en los diferentes órganos de las especies de mangle, los herbívoros registrados en el presente estudio se enfocaron en las hojas, principalmente el margen de las mismas. Aunque la especie *Junonia* sp. presentó hábitos más voraces en comparación con los otros organismos recolectados no fue posible determinar los hábitos y la tendencia de consumo de ésta y de las otras especies que causaron daño. La identificación del agente causal del daño en cualquier hospedero es de vital importancia para considerar el tipo de manejo; en este caso para la restauración del ecosistema manglar.

Se deduce que los organismos herbívoros asociados al follaje de árboles jóvenes de mangle negro en la costa del municipio de Cárdenas, Tabasco, tienen el suficiente potencial para afectar el desarrollo de los mismos. Por lo que se sugiere dar seguimiento a la identificación de las especies y realizar estudios de dinámica

poblacional con el fin de determinar las épocas de mayor incidencia y los factores relacionados con el incremento de sus poblaciones.

2.5. Literatura citada

- Aceves N L A., J F Juárez L., D J Palma L, R. López L., B Rivera H., J. A. Rincón R., R. Morales C., R. Hernández A., A. Martínez S. y J. L. Hernández S. 2008. Estudios para determinar zonas de alta potencialidad de los cultivos en el estado de Tabasco (informe general). Tomo I.SAGARPA, Colegio de Postgraduados. Tabasco, México.pp:14-16.
- Barba E, J. Juárez-Flores y F. Estrada-Loreto. 2010. Distribución y abundancia de crustáceos en humedales de Tabasco, México, Revista Mexicana de Biodiversidad, 81:53-183.
- Bravo M E, V C Arredondo, P H Espinosa. 2005. Efectos de la lluvia, temperatura y dinámica poblacional del picudo de maguey mezcalero *Scyphophorus interstitialis*. Naturaleza y desarrollo. 1:17-24.
- Castillo P S. 2001.Evaluación de las principales plagas del “mangle rojo” (*Rhizophora mangle*), “mangle salado” (*Avicennia germinans*) y “mangle blanco” (*Laguncularia racemosa*) en Tumbes, Perú. Rev. Per. Ent.42:185-189.
- Coley, P. D.: 1988.Effects of plant growth rate and leaf lifetime on the amount and type of anti-herbivore defense, *Oecologia*, 74:531-536.
- Comisión nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2008. Manglares de México. Consultado en octubre de 2013. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/manglaresMexico.pdf>
- Cruz H T N., R López, M C Berrios, Y Varela, A Fernández, M Betancourt, C Sosa y M Valle. 2004. Lista anotada de los termitas en Cuba. Fitosanidad. 8:3-8.
- De la Riva, P. A. Palabral, M. Apaza y N. Altamirano. 2005. Inferencias sobre el rol de los succionadores (*Metamasius* sp.) en el daño producido por insectos fitófagos a partir de un análisis de daño foliar en *Munnozia hastifolia*, *Ecología en Bolivia*, 40: 5-9.
- Díaz, G. J. M. 2011. Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos

- antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo, Ra Ximhai. 7:355-369.
- Domínguez D M., J Zavala C. y P Martínez Z. 2011. Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 137 p.
- Erickson, A. A., S. S. Bell and C. J. Dawes. 2012. Associational resistance protects mangrove leaves from crab herbivory, *Acta Oecologica* 41:46-57.
- Farnsworth E J. and A M Ellison. 1991. Patterns of herbivory in Belizean mangrove swamps. *Biotropica*. 23: 555-567.
- Fernández J L. 2002. Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera Frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del maíz. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 17: 467-474.
- Flores R M E., M H Ruíz y S U S Salas. 2014. "Insectos xilófagos y su incidencia en la muerte de mangle en Barra salada, del área natural protegida "Los Cóbanos", Sonsonate y Bahía de Jiquilisco, Usulután, El Salvador. Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. El Salvador. 81 p.
- Gerónimo C A M, H J H R Mendoza, S S Sánchez, M A Equihua, D C M Pérez. 2015. Fluctuación poblacional y periodo de ataque de *Hemeroblemma* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) en una plantación de cacao en Tabasco, México. *Entomotrópica*. 6:49-56.
- González H. L. 2014. Respuesta de adaptación del mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en la costa de Tabasco. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.
- Hernández M G I. 2013. Legislación, Cambio de uso de suelo y reforestación en manglares de Cárdenas, Tabasco. Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 220 p.
- Herrera, J, Y. Maldonado-López, C. L. F. Cuenca y P. Cueva-Reyes. 2007. Patrones de herbivoría en *Avicennia germinans*: Importancia de la defensa química y la calidad nutricional, *Biológicas*. 9:72-80.
- INE: Instituto Nacional de Ecología. Textología Forestal. 2000. 4^{ta} edición. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 157 p.

- Marín- Mézquita, L., L Baeza, O Zapata-Pérez and G Gold-Bouchot. 1997. Trace metals in the American oyster, *Crassostrea virginica*, and sediments from the coastal lagoons Mecoacan, Carmen and Machona, Tabasco, Mexico. *Chemosphere*. 34: 2437-2450.
- Menezes T L F and L A Peixoto. 2009. Leaf damage in a mangrove swamp at Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasil. Bot.*, 32:715-724.
- Mohamed Y F., M Bardin, P C Nicot, and M Pitrat. 1995. Causal agents of powdery mildew of cucurbits in Sudan. *Plant Dis.* 79 :634-636.
- Moore B. G Allard. FAO, 2009. Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal. Roma, Italia. 98 p.
- Orozco R A. 1997. El defoliador de manglar en Tabasco. *En: Memoria del IX simposio Nacional sobre parasitología forestal*. 15-17 de octubre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.
- Palacio P J L., M A P Ortiz, A P Garrido. 1999. Cambios morfológicos costeros en Isla del Carmen, Campeche por el paso del huracán "Roxanne". *Investigaciones geográficas. Boletín* 40. pp. 48-57 Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018846111999000300004&lng=es&nrm=iso. ISSN.
- Reyes, D. C. A., G. López-Ocaña. 2002. Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle. *Universidad y Ciencia*. 18:135-139.
- Robertson, A. I.; D. M. Alongi; K. G. Boto.: Food chains and carbon fluxes. *In: Robertson, A. I.; D. M. Alongi (eds.). Tropical mangrove ecosystem*. American geophysical Union, Washington, D. C. pp: 294-295.
- Romero, C. I.; J. R. Cantera; S. E. J. Peña. 2006. Consumo de hojas por herbívoros en manglares del estuario del Río Dagua, Costa Pacífica Colombiana. *Rev. Biol.Trop.* San José, Costa Rica. 4: 1205-1214.
- Ruíz B T M D M., J L Rangel-Salazar, C B Hernández. 2013. Resilience in a Mexican Pacific Mangrove after Hurricanes: Implications for Conservation Restoration. *Journal of Environmental Protection*. 4:1383-1391.

SAS, Institute Inc. 1995. Logistic Regresión Examples Using the SAS System, Version 6, 1ª edition. Cary, NC. 163 p.

Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. Disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/ciclones/historia/ciclones 1970-2011.pdf](http://smn.cna.gob.mx/ciclones/historia/ciclones%201970-2011.pdf). Consultado el 25 de marzo de 2015.

Sol S. Á., F Sánchez G., G. I. Hernández M., L F Zamora C., O Sardiñas G., C. Rivera, P J Toruño. 2015. Volumen maderable de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) impactado por herbivoría de *Anacamptodes* spp. en Cárdenas Tabasco. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático. 1:115-133.

Sol S. A, G I Hernández M. y F Sánchez G. 2012. Volumen de madera de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) muerto defoliado por la oruga de *Anacamptodes* sp. en el ejido Las Coloradas, Cárdenas, Tabasco, México. *En: Memoria del II Congreso Mexicano de Ecosistemas de Manglar*. 22-26 de octubre. Ciudad del Carmen, Campeche. pp:33-35.

Schowalter, D. T. 2006. Herbivory. *In: Insect Ecology. An ecosystem approach*. 2ª. edition. California, USA. pp:360-396.

Sousa, W.P. and E.M. Dangremond. 2011. Trophic relationships of Coastal and Estuarine Ecosystems. *In: Wolanski, E. and D. McLusky (eds). Treatise on Estuarine and coastal science*. University of California, Berkeley, CA, USA. Elsevier Inc. Pp:43-90.

CAPÍTULO 3. DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE ÁRBOLES DE *Avicennia germinans* L. PLANTADOS Y DE REGENERACIÓN NATURAL

RESUMEN

En el año 2010, en el municipio de Cárdenas, Tabasco se presentó una plaga que defolió 3,841 ha de mangle negro. Ante tal situación, en el año 2012 se reforestaron 50 ha de mangle negro afectadas, localizadas en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas. Como parte del seguimiento al proceso de crecimiento del mangle negro en esta localidad, se realizó el presente estudio que tuvo como objetivo determinar los factores que inciden en la dinámica de la regeneración temprana de *A. germinans* en la comunidad antes mencionada. Se evaluó la altura y el diámetro en dos categorías de árbol de mangle negro, 68 plantados y 68 de regeneración natural en tres zonas geográficas (alta, media y baja). El diseño experimental consistió en un completamente al azar con arreglo en parcelas divididas donde la parcela grande correspondió a la zona, la mediana a la categoría de árboles y la chica a las épocas de muestreo. Se realizó un ANOVA para determinar diferencias estadísticas y una prueba de comparación de medias Tukey ($P < 0.05$) con el programa SAS versión 9.1. También se determinó el porcentaje de sobrevivencia de árboles en cada una de las zonas, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Weiner y se realizaron análisis fisicoquímicos del suelo y del agua de las parcelas de estudio durante las tres épocas del año 2013. Se encontraron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P < 0.05$) para la altura en la categoría de árboles y para la interacción zona x categoría de árbol. Para el diámetro, las diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P < 0.05$) se reflejaron para la zona y la categoría de árbol. Los árboles de regeneración natural presentaron los porcentajes mayores de sobrevivencia (39.2 %) con respecto a los plantados (28.5 %). Se encontró un valor de 0.7 para el índice de diversidad de Shannon-Weiner. El crecimiento y sobrevivencia de *A. germinans* están en función del tipo de regeneración, las condiciones ambientales presentes en la zona, las condiciones fisicoquímicas del suelo y agua, y del hidropериodo.

Palabras clave: clases diamétricas, hidropериodo, manglar, sobrevivencia.

DYNAMIC GROWTH OF TREES *Avicennia germinans* L. PLANTED AND NATURAL REGENERATION

ABSTRACT

In 2010, 3,841 ha of black mangrove were defoliated for a pest in the municipalities of Cardenas, Tabasco. In 2012, at Las Coloradas, Ampliacion Las Aldeas in Cardenas, Tabasco, 50 ha affected by the pest were reforested. As part of monitoring of the process growth of black mangrove, the objective of this research was to determine factors affecting the dynamic of the regeneration of *A. germinans* at Las Coloradas, Ampliacion Las Aldeas. Height and diameter of 68 black mangrove trees planted and similar number of trees naturally regenerated were evaluated. A completely randomized design in split plot arrangement was used considering the zone, the tree category, and the sampling times season as big, middle and small plots, respectively. ANOVA analysis and Tukey test means comparison ($P < 0.05$) were performed to determine statistical differences using SAS version 9.1. The survival rate of trees and the diversity index of Shannon-Weiner were also determined in each of the geographic areas and physicochemical analysis of the soil and water of the plots was performed during dry, rainy and windy seasons in 2013. It was found significant differences (Tukey, $P < 0.05$) for the variable plant height for factors such as tree category (planted and naturally regenerated) and the interaction zone x tree category. For tree diameter, significant differences were reflected for the geographic zone and the tree category. The naturally born trees had the highest survival values (39.2 %) as compared to planted trees (28.5 %). The diversity index of Shannon-Weiner was 0.7. The growth and survival of *A. germinans* depend on the type of regeneration, the prevailing environment at the location, the physicochemical conditions of soil and water, as well as the hydroperiod.

Keywords: diameter classes, hydroperiod, mangrove swamp, survival, climate change.

3.1. Introducción

Los bosques de manglar están compuestos por árboles, arbustos, palmeras y helechos terrestres que crecen en la zona intermareal (Duke, 1992). Las especies de mangle han desarrollado características morfológicas y fisiológicas como la presencia de raíces aéreas, neumatóforos, la excreción de sal por medio de glándulas foliares, así como estrategias reproductivas peculiares como la viviparidad para hacer frente a las condiciones ambientales difíciles como los suelos saturados de agua, salinidad variable, sustrato suelto y recurrencia de tormentas tropicales (Flower e Imbert, 2006). Aunque los bosques de manglares mantienen una diversidad orgánica rica, su diversidad florística, en comparación con los bosques tropicales adyacentes es baja. Sin embargo, sirven como refugio a otras formas de vida, entre ellas, las plantas epífitas como *Acchmea bracteata* L., parásitas como *Phoradendron mucronatum* (DC.) Krug & Urb, *Helosis* sp., algunas enredaderas como *Passiflora coriácea* Juss, especies como las orquídeas y bromeliáceas, bejucos (Dodd y Afzal, 2002), y el helecho *Achrostrichum aureum* L. (Pennington y Sarukhán, 2005).

Las especies de mangle están sujetas a cambios espaciales y temporales de acuerdo con la salinidad del suelo como resultado de las variaciones en los patrones de precipitación y la topografía del terreno (Suárez y Medina, 2006). Por tal motivo, se han clasificado en diferentes tipos en función de su fisonomía, la posición espacial de las características intermareales, funcionales, y el ajuste geomorfológico (Sousa y Dangremons, 2011). En Tabasco, los manglares se clasifican en dos tipos fisionómicos que son el manglar ribereño y el de cuenca. El primero se ubica a lo largo de los ríos y arroyos, principalmente cerca de la costa donde hay presencia de agua salina. Existe flujo continuo de agua dulce en la época de lluvias proporcionando oxígeno y evitando la acumulación de nutrientes; la especie dominante es *R. mangle*. En el manglar de cuenca, presente en lagunas costeras, el suelo carece de oxígeno y no hay acumulación de nutrientes. Comúnmente existe presencia de agua dulce y salina, encontrándose principalmente *R. mangle* en frente y hacia la parte interna donde se concentra mayor salinidad se ubican las especies *L. racemosa* y *A. germinans* (Novelo

y Ramos, 2005). Una característica importante de los manglares ribereños es que se desarrollan en el agua dulce debido a que son menos tolerantes a la salinidad, los de cuenca, difieren de los ribereños al tolerar de 60 a 65% de salinidad, representado principalmente por *A. germinans*, éstos son impulsados por el agua de mar casi a diario (Chale, 1996).

Aun cuando el manglar tiene importancia social, ecológica, cultural y económica, su superficie ha disminuido por diversas causas, una de ellas ha sido por la presencia de insectos que se presentan en densidad poblacional alta provocando la muerte de los árboles. En Tabasco, se presentó un insecto del orden Lepidoptera, identificado como *Anacamptodes* sp. que defolió 80 ha de mangle en la Reserva Los Pantanos de Centla en 1995 (Orozco, 1997). En el año 2010, ocurrió una segunda infestación de la misma especie pero con resultados más severos debido a que defolió totalmente los árboles de mangle negro presentes en 3,841 ha en comunidades cercanas a la costa tabasqueña (Sol *et al.*, 2015). Ante tal escenario, se implementó un proyecto de reforestación en el cual se trasplantaron 40,800 plantas de mangle negro en 50 ha. Dicho proyecto fue encabezado por investigadores del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco y apoyados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

Las clases diamétricas (distribución de los valores de diámetros de árboles a intervalos que son determinados por el valor más bajo y el valor más alto) tienen un papel importante en la reforestación del manglar, pues a través de las clases se evalúa el dinamismo de las poblaciones forestales y el estado ecológico (condiciones ambientales) de los árboles y se detecta la falta de regeneración o el envejecimiento de las masas. Con la distribución de las clases diamétricas se infiere que existe relación entre el tamaño de un árbol y su edad y se refleja la estructura demográfica de un bosque. Cuando existen espacios vacíos en alguna categoría diamétrica se puede deducir que corresponde a determinadas épocas de crisis o eventos en la dinámica de la población forestal como por ejemplo, la muerte de los árboles por causas epidémicas, que se reflejan en la falta de árboles en las clases de diámetro mayor (Ajbilou *et al.* 2003). Dependiendo de la categoría de las clases diamétricas, las plantas

se clasifican en brinzales (que miden de 30 cm de altura y <5 cm de diámetro), latizales (>5 cm de altura 10 cm de diámetro) y fustales (> 10 cm de altura y <20 cm de diámetro) (Ministerio de Desarrollo, 1997). Además, a través de la distribución de las clases diamétricas se determina el grado de alteración del ecosistema que dependiendo del impacto de las condiciones ecológicas se clasifican en nivel uno o fase incipiente, nivel dos que requiere la intervención del ser humano y el nivel tres o crítico (Blasco *et al.*, 2001; Sol *et al.*, 2002).

Una vez establecidas las clases diamétricas y el grado de alteración del bosque, se propicia la restauración del ecosistema a través de la plantación directa de las semillas, la germinación en vivero y posterior trasplante de árboles y también la regeneración de manera natural. Esta última, se considera un parámetro que permite medir la respuesta de las especies al aprovechamiento y niveles de reposición del bosque; por lo tanto, es importante medir el crecimiento de las especies presentes para obtener los criterios y las herramientas claves para el manejo y conservación de dichos bosques. Las variables de medición más importantes son la altura y el diámetro. (Carrillo *et al.*, 2008; Moreno- Casasola e Infante, 2009; Aguirre y León, 2011), mismas que se realizan con la finalidad de observar el crecimiento de los arboles, la cual indica que éste se está desarrollando bajo condiciones adecuadas (Rondeux, 2010). El objetivo del presente trabajo fue determinar los factores que inciden en la dinámica de la regeneración de *A. germinans* en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, Cárdenas, Tabasco.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Área de estudio

La presente investigación se realizó en el área de manglar del ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas, donde predomina la especie *A. germinans*, la cual fue afectada por la plaga *Anacamptodes* sp. que provocó la muerte de 3,841 ha. Ante tal situación, se reforestaron 50 ha de mangle en el año 2012 mediante el apoyo de la Comisión

Nacional Forestal (CONAFOR) a través del proyecto titulado “Restauración ecológica de 50 hectáreas de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en Las Coloradas, Tabasco” (Figura 17). Dicho ejido se conforma de 666 habitantes; presenta un grado de marginación alto, lo que lo lleva a ocupar el lugar 222 en el contexto estatal y la actividad económica principal es la pesca (INEGI, 2010; CONAPO, 2012). El clima de la región es cálido-húmedo con lluvias en verano, presenta régimen normal de calor con cambios térmicos en los meses de diciembre y enero; presenta una temperatura media anual de 29°C, la máxima y la mínima absoluta alcanzan los 45 °C y 23°C, respectivamente.

3.2.2. Establecimiento de las parcelas de muestreo

Se establecieron tres parcelas de muestreo de 1000 m² (20 m x 50 m) cada una, ubicadas en tres zonas diferentes: zona alta (ZA) que presenta suelos firmes e inundados por períodos cortos, zona media (ZM) donde los suelos se mantienen inundados por períodos más largos en épocas de lluvias y nortes, y zona baja (ZB) que presenta un suelo fangoso e inundado la mayor parte del año. La selección de las zonas estuvo en función de la variación existente en relación con el nivel de manto freático (González, 2014). A su vez, cada parcela se dividió en cinco sub-parcelas de 10 m x 20 m (200 m²) de las cuales tres se consideraron para realizar las evaluaciones y dos para amortiguar un posible efecto de borde. Asimismo, se seleccionó una parcela en una zona testigo (ZT) ubicada en el ejido El Mingo, del mismo municipio y que no fue afectada con el problema de defoliación por herbívoros.

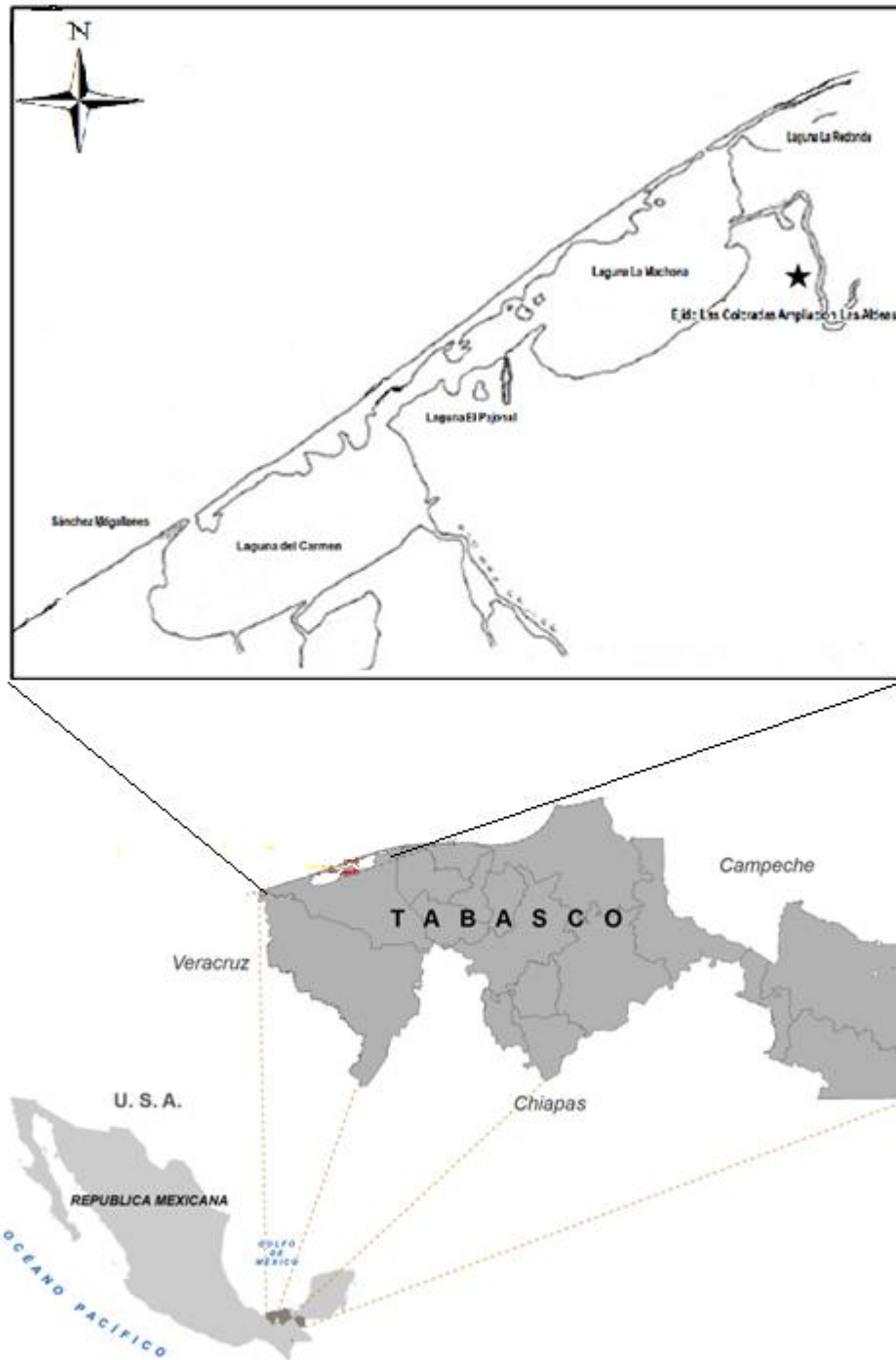


Figura 17. Área de estudio en Cárdenas, Tabasco.

3.2.3 Selección de las unidades experimentales

Para el trabajo de investigación, se consideraron dos categorías de árboles, plantados y de regeneración natural. Los primeros procedieron de un vivero de la comunidad de estudio, donde se fertilizaron en dos ocasiones con Triple 17 y posteriormente con fertilizante foliar (Grogreen®); éstos se plantaron en julio de 2012 (Sol *et al.*, 2012); para los árboles de regeneración natural se consideraron aquellos que crecieron en las parcelas seleccionadas. De cada categoría de árbol, se seleccionaron 68 árboles, de las cuales 28 se encontraban en la parcela ubicada en la zona alta, 29 en la parcela de la zona media y 11 en la parcela de la zona baja. Las parcelas no tuvieron el mismo número de árboles debido a que al momento de la selección, el porcentaje de sobrevivencia de los árboles fue diferente en cada zona. La selección de ellos se realizó del 20 al 22 de febrero de 2013. En total se seleccionaron 136 árboles con una altura aproximada de 80 cm para ambas categorías de árboles.

Las variables evaluadas fueron la altura del árbol y el diámetro del tallo. Las variables que se midieron fueron diámetro (cm) con apoyo del vernier y la altura (cm) utilizando flexómetro y cinta métrica. Las mediciones se llevaron a cabo durante las tres épocas del año definidas con base en el régimen de precipitaciones del estado de Tabasco: seca, lluvias y nortes (Aceves *et al.*, 2008); aquellas correspondientes a la época seca se realizaron del 23 de febrero al 02 de marzo del 2013 y del 03 al 08 de marzo del 2014; para la época de lluvias del 29 de junio al 05 de julio en 2013 y del 07 al 12 de julio en 2014; para la época nortes del 04 al 10 de noviembre de 2013 y del 04 al 11 de noviembre de 2014.

3.2.4. Análisis estadístico

El diseño experimental consistió en un diseño completamente al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fue la zona, la parcela mediana la categoría de árboles y la parcela chica los muestreos (6), realizados en las tres épocas durante

dos años; las unidades experimentales fueron los árboles seleccionados. El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + Z_i + \epsilon_i + C_j + E_k + \epsilon_k + (ZE)_{ik} + (ZC)_{ij} + (ZEC)_{ijk}$$

$i=1, 2, 3$ (zonas) $j= 1, 2$ (categoría de árbol) $k=1, 2, 3$ (épocas)

Donde:

μ = media general

Z_i = efecto de la zona

ϵ_i = error de la parcela grande (zona)

E_k =efecto de la época

ϵ_k =error de la parcela chica

C_j =efecto de la categoría de árbol

$(ZE)_{ik}$ =interacción zona x época

$(ZC)_{ij}$ = interacción zona x categoría de árbol

$(ZEC)_{ijk}$ =triple interacción zona x época x categoría de árbol

Con los datos de altura y diámetro se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias Tukey ($P<0.05$) utilizando el programa SAS versión 9.1 (SAS, 1995).

3.2.5. Distribución de clases diamétricas

Se llevó a cabo la medición del diámetro de todos los árboles registrados en dichas parcelas con el apoyo de un vernier marca Pretul 21454. Los datos se organizaron por categoría diamétrica a intervalos de un cm, los cuales fueron determinados de acuerdo con los valores más bajos y los más altos registrados (Ajbilou *et al.*, 2003). Considerando el número de árboles en las categorías diamétricas, se identificó el grado de alteración del manglar.

3.2.6. Determinación del índice de diversidad de Shannon-Weiner

Se determinó la diversidad de las especies vegetales en el área de muestreo utilizando el índice de diversidad de Shannon-Weiner (Magurran, 2004), con la formula siguiente:

$$H = -\sum p_i \ln (p_i)$$

H: índice de diversidad de Shannon-Wiener

p_i : Proporción de de individuos de x especie

Ln: Logaritmo natural de p_i

3.2.7. Determinación de porcentaje de sobrevivencia, temperatura del suelo y nivel de profundidad del agua en las parcelas.

Se determinó el porcentaje de sobrevivencia de los árboles de *A. germinans* plantados y los de regeneración natural de las tres parcelas de estudio. Además, se midió la temperatura del suelo con un termómetro infrarrojo de largo alcance y el nivel de profundidad de inundación con una regla graduada. La información se registró en papel para después capturarlas en hojas de cálculo Excel.

3.2.8. Obtención de muestras para el análisis de suelo y agua

Se realizó un análisis físico-químico de suelo y de agua en cada época de evaluación durante el 2013 de acuerdo con la metodología establecida por Salgado *et al.* (1996). Ambos tipos de muestras se obtuvieron a una profundidad de 30 cm en cada una de las parcelas. Se seleccionó una zona testigo (ZT), para la comparación con las parcelas muestreadas. Las muestras de suelo se colocaron en bolsas de polietileno y se codificaron para su respectivo análisis. Para el análisis de agua las muestras se tomaron a una profundidad de 30 cm, se colocaron en botellas de polietileno de un litro,

las cuales fueron previamente enjuagadas con la misma agua de las parcelas y se guardaron a temperatura ambiente hasta su análisis.

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Variables de crecimiento

Los factores de estudio presentaron diferencias estadísticamente significativas en las variables de crecimiento de *A. germinans* (Cuadro 12). La zona sólo fue significativa ($P < 0.05$) para el diámetro. La categoría de árbol tuvo efecto un significativo ($P < 0.05$) en las dos variables evaluadas. La época no presentó diferencias para ninguna de las dos variables, de acuerdo con Keplac (1983) el crecimiento de las plantas con respecto a la altura se manifiesta en primavera y ocurre a gran intensidad, dicho crecimiento se extiende hasta tres semanas para posteriormente detenerse gradualmente, asimismo, la variación del incremento en altura se debe probablemente a la diferente reacción al fotoperiodo. En cuanto al diámetro, el incremento ocurre anualmente y depende de la cantidad de reservas materiales acumuladas para el árbol durante el año, del medio ambiente, del espacio y la luz.

La interacción de la zona x categoría de árbol sí presentó diferencias estadísticas significativas para la altura. Con respecto a las demás interacciones no se presentaron diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 12. Análisis de varianza de las variables altura y diámetro de los árboles plantados y de regeneración natural del periodo 2013 y 2014.

Fuente de variación	gl	CM altura	CM diámetro
Modelo	35	35787.971 ^{ns}	8.6079738 ^{ns}
Error	415	624.701	0.1672218
Total corregido	450		
zona	2	37029.1565 ^{ns}	3.5014471*
categoría de árbol	1	152.2869*	4.4622378*
zona x categoría de árbol†	2	1416.7689*	4.0691747 ^{ns}
época	5	98842.3181 ^{ns}	23.8753297 ^{ns}
zona x época	10	1943.8960 ^{ns}	0.4321708 ^{ns}
categoría de árbol x época	5	10983.3798 ^{ns}	1.0487175 ^{ns}
zona x categoría de árbol x época	10	2171.1918 ^{ns}	0.5166435 ^{ns}

^{ns}= no significativo ($P>0.05$), * significativo ($P<0.05$).

† Efecto probado utilizando la interacción zona x plantados y regenerados de manera natural como término de error.

Al analizar la comparación de medias de Tukey de la variable altura, se observó que la diferencia estadística entre los árboles plantados y los regenerados de manera natural presentaron mejores resultados para los árboles plantados debido a que registró un valor más alto en comparación con los de regeneración natural, esto probablemente se deba a que los árboles plantados recibieron fertilizaciones foliares que coadyuvaron a su crecimiento y desarrollo en comparación con los árboles de regeneración natural (Figura 18).

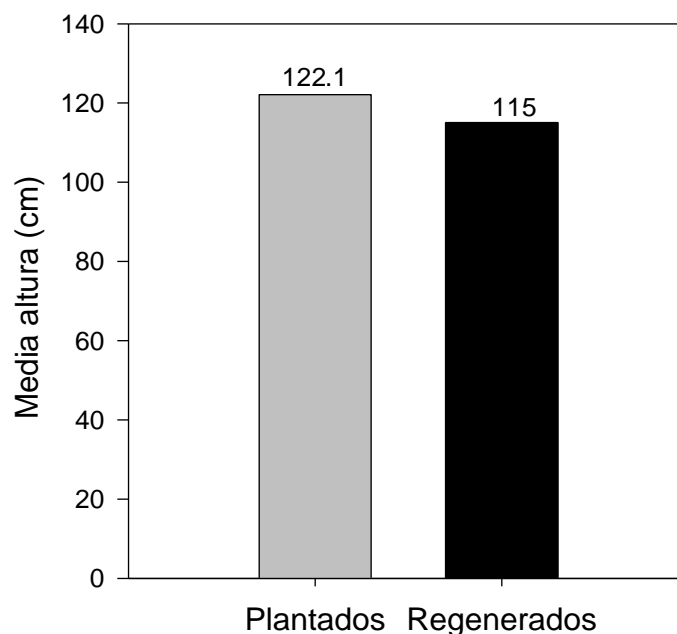


Figura 18. Media de la altura (cm) de los árboles plantados y árboles de regeneración natural evaluados.

Para la interacción de la zona x categoría de árbol para la variable altura, la media más alta le correspondió a la ZA con 151.4, seguida de la ZM con 122.5 y para la ZB fue de 117.6. Las medias de altura para los arboles regenerados de manera natural fueron 137.5, 133.1 y 107.8, para las ZA, ZM y ZB, respectivamente. Datos presentados por Ferreira *et al.* (2015), infieren que los árboles de mangle plantados mostraron un comportamiento similar a los árboles recuperados naturalmente, es decir, no mostraron diferencias; sin embargo, los mismos autores consideran que el crecimiento y desarrollo de un árbol dependen de las condiciones de las zonas y de la depredación de los propágulos para que los bosques logren recuperarse.

Para la variable diámetro, la prueba de comparación de medias presentó resultados favorables se inclinaron para la ZA, con una media de 1.7, 1.5 para la ZM y 1.2 para la ZB (Figura 19 A). Para los árboles muestreados, la media para plantados fue de 1.7 y 1.4 para los de regeneración natural (Figura 19 B).

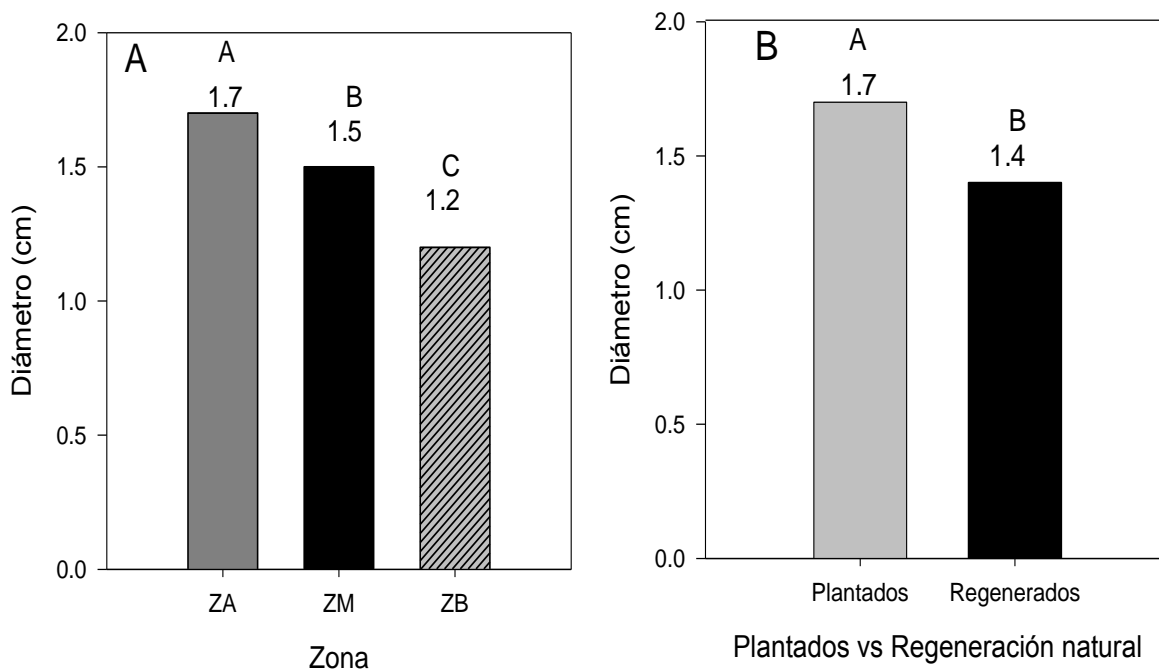


Figura 19. A. Medias de variable diámetro (cm) para la zona; B. Medias de la variable diámetro para la categoría de árbol.

En este estudio, los árboles plantados representaron la opción más viable para la reforestación del área afectada; sin embargo, la regeneración natural también constituye una alternativa viable que representa bajos costos, aunque está limitada por la estructura de la vegetación, las zonas a restaurar y el grado de alteración del bosque.

3.3.2. Características de los árboles evaluados

Las parcelas presentaron características diferentes aun cuando se encuentran en el mismo bosque de manglar; en la parcela uno (ZA), las especies faunísticas terrestres que se observaron fueron el cangrejo moro (*Ucides cordatus* L.) y el pochitoque (*Kinosternon leucostomun* (Dumeril & Bibron, 1851) y aves como la garza blanca (*Bubulcus ibis* L.), la garza chocolatera (*Platelea ajaja* L.) y el pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos* L.). En cuanto a las especies vegetales se registró la

chilera (*Batis marítima* L.) y también las especies de mangle, destacando el mangle negro (*A. germinans*), seguido del mangle blanco (*L. racemosa*) y el mangle rojo (*R. mangle*).

Con relación a las clases diamétricas, del total de los árboles registrados, la clase diamétrica de 0.1 a 1.1 cm registró el mayor número de individuos con 1,152 individuos de mangle, seguido por la clase 1.2 a 2.2 cm con 383 individuos para el mangle negro. Para el mangle blanco y el mangle rojo, las mismas clases diamétricas (0.1 a 1.1 y 1.2 a 2.2) fueron las que registraron el mayor número de individuos con 161, 81, 164 y 113 y 110, respectivamente. Para la clase diamétrica >4.5 cm, el diámetro mayor fue de 15 cm para *A. germinans*, 14.3 para *L. racemosa* y 14.8 cm para *R. mangle*. (Figura 20. A).

La parcela ZM, ubicada a 50 m con dirección al oeste de la primera parcela, presenta un dren artificial que le permite la entrada y la salida de agua; la presencia de especies faunísticas se restringe a pocos ejemplares de cangrejos moros; en cuanto a las aves, se observaron la garza blanca (*B. ibis*) y la garza azul (*Egretta caerulea* L.). En cuanto a la vegetación, la especie dominante la representa el mangle negro con un gran número de plántulas y brinzales ubicados en las clases diamétricas de 0.1 a 1.1 con 1,474 individuos y de 1.2 a 2.2 cm con 42 individuos. Para el mangle blanco y el mangle rojo, se registraron alrededor de ocho individuos por especie distribuidos entre las clases diamétricas >4.5 cm. Los diámetros mayores fueron 13.8, 14 y 14.5 para *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*, respectivamente (Figura 20. B).

En la parcela ZB, situada a 200 m hacia el norte de las parcelas antes mencionadas; se observó el agua de lluvia estancada debido a que es una zona de inundación periódica. La presencia de vegetación está dada por *A. germinans*, siendo la clase diamétrica de 0.1 a 1.1 la que obtuvo el número mayor de individuos con 137. Las otras dos especies de mangle se distribuyeron en las clases de 0.1 a 1.1 y >4.5, con dos plántulas para *L. racemosa* y ocho para *R. mangle* (Figura 20. C).

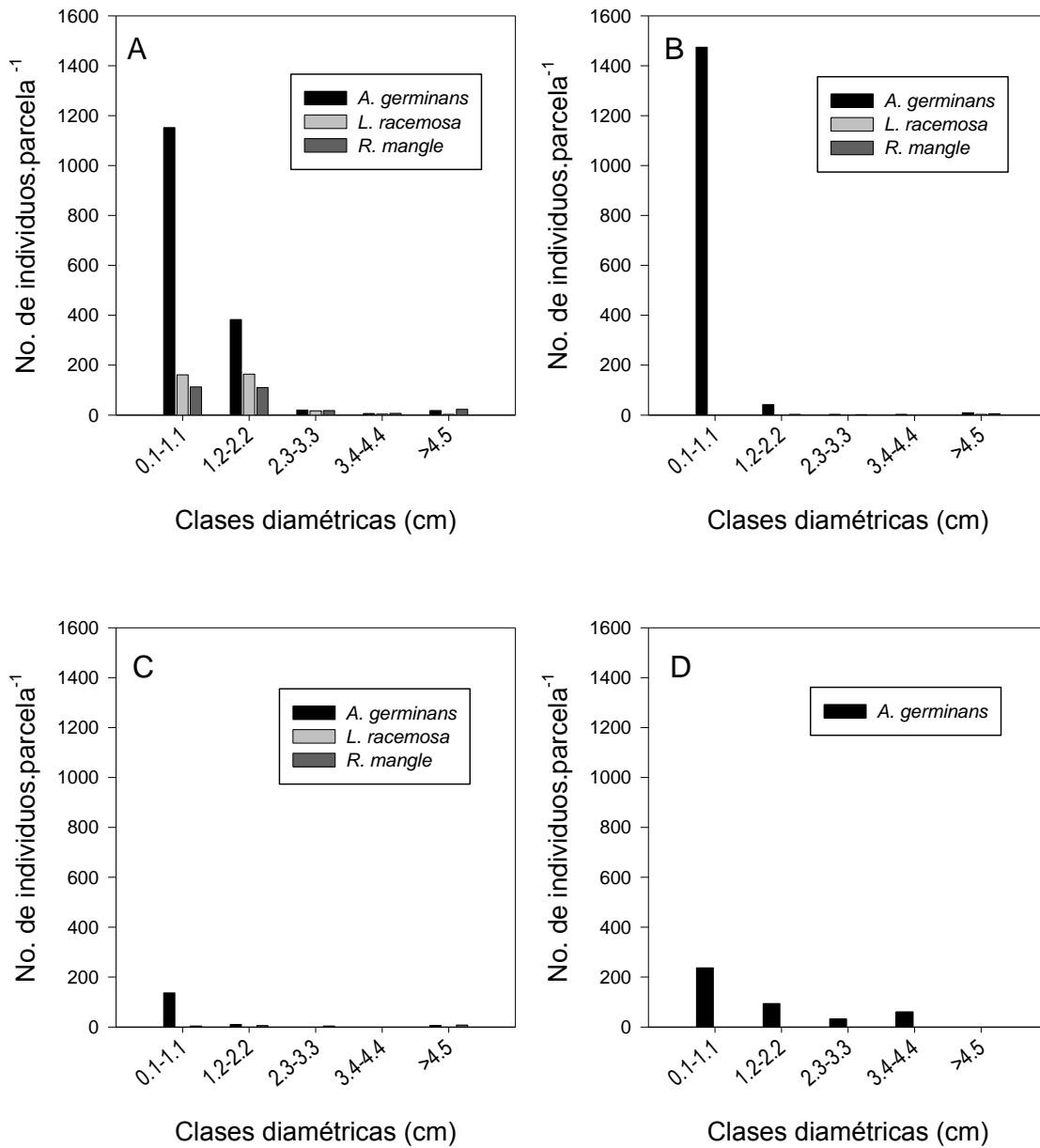


Figura 20. Clases diamétricas establecidas de datos registrados en la época de seca de 2013. A, B, C y D corresponden a las zonas de marea alta, media, baja y testigo.

Con respecto a la parcela ZT, la vegetación está constituida por *A. germinans*; dichos individuos tuvieron valores de diámetro que variaron de 0.1 hasta 22 cm. De los árboles contabilizados, la clase diamétrica de 0.1 a 1.1 fue la que tuvo el número mayor de mangles con 237, seguido de la clase 1.2 a 2.2 y 3.4 a 4.4 con 94 y 61 árboles, respectivamente (Figura 20. D). Esto indica que los árboles se clasifican principalmente en brinzales y muy pocos individuos de latizales, por lo que se augura una

regeneración y salud adecuada del ecosistema manglar; cabe recalcar que esta zona no se vio afectada por la defoliación masiva como ocurrió con las parcelas ubicadas en el ejido Las Coloradas.

De acuerdo con Ajbilou *et al.* (2003), las clases diamétricas son una herramienta que permiten estudiar el dinamismo de las poblaciones forestales y se infiere que al existir clases con vacíos se debe a la presencia de eventos naturales o antrópicos. Estos vacíos se miden en grados de alteración. Ante tal situación, Sol *et al.* (2002) propusieron una clasificación para medir los grados de alteración de un ecosistema.

Estos autores describen tres grados: el nivel uno o fase incipiente, cuando el ecosistema se recupera sin la intervención del hombre; el nivel dos, cuando el ecosistema se encuentra degradado pero aún puede recuperarse con la ayuda del hombre; y el nivel tres o nivel crítico, cuando el ecosistema no se recupera completamente y difícilmente recupera las condiciones propias del lugar aún con la restauración natural, difícilmente su puede restablecer por completo el equilibrio entre sus componentes. En este caso, el manglar del ejido Las Coloradas se ubicó en el nivel dos, debido a que el bosque fue alterado de manera significativa por la presencia del insecto plaga (*Anacamptodes* sp.) que defolió por completo ha de mangle negro, sin embargo con la intervención oportuna del ser humano, a través de la restauración ecológica (reforestación) se logró la estabilidad dinámica de dicho bosque.

En la Figura 21 se presentan imágenes que indican el grado de alteración del manglar en el ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas acontecido el mes de junio de 2010.



Figura 21. Grado de alteración Nivel II del manglar del ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas en junio de 2010.

Todos los ecosistemas se encuentran expuestos a eventos que propician alteraciones. Por tanto, la restauración de los ecosistemas con la intervención del hombre, es una actividad primordial, tal como lo demostraron Ferreira *et al.* (2015), quienes han realizado estudios donde se propicia la regeneración inducida por el hombre después de la presentación de disturbios en países como Brasil, Colombia, Cuba, México, Estados Unidos, Tailandia, Kenia y Vietnam. Sin embargo, para lograr dicha regeneración se requiere de dos factores fundamentales, la edad de los árboles y las características del ecosistema.

Stone *et al.* (2008), aseguran que la clave del éxito para lograr la restauración es la participación comunitaria, y se añadiría la concientización de la gente local sobre la importancia económica y ambiental del manglar y la participación activa de las Instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Situación que se refleja en Tabasco, México, donde instituciones como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), han participado cuando se detectan agentes externos que provocan cambios severos o drásticos en las poblaciones de mangle. En el año de 1995 la SEMARNAT elaboró un programa de monitoreo para determinar la causa de la defoliación de mangle en la Reserva de los Pantanos de Centla; sin embargo, se limitó al monitoreo de la plaga y no se propició la regeneración en el área afectada. El Colegio de Postgraduados a

través de sus investigadores y con apoyo de la CONAFOR reforestaron 50 ha de mangle negro en el Ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, tras la defoliación acontecida en el año 2010.

3.3.3. Índice de diversidad de Shannon-Weiner

En relación con la diversidad vegetal del área de estudio, se registraron cuatro especies vegetales en las tres parcelas de muestreo ubicadas en la zona de manglar bajo estudio; éstas fueron *A. germinans*, *L. racemosa*, *R. mangle* y *B. marítima*. El valor del índice de Shannon-Weiner obtenido fue de $H=0.717$, resultados que concuerdan parcialmente con los obtenidos por Manrow-Villalobos y Vilchez-Alvarado (2012), en manglares de Costa Rica quienes obtuvieron valores de 0.69 y 0.33, lo que indica una menor diversidad de especies vegetales en comparación con otros ecosistemas como selvas o bosques.

Aún cuando se considera que los bosques de manglar se restringen a pocas especies por las características que presentan, éstos comprenden un complejo florístico de especies de distintos géneros y familias con cierta distribución espacial. Dodd y Afzal (2002) y Pennington y Sarukhán, (2005), corroboran este hecho al registrar plantas parásitas como *Phoradendron mucronatum* (DC.) Krug & Urb (Santalaceae), *Helosis* sp. (Balanophoraceae), algunas enredaderas como *Passiflora coriácea* Juss (Passifloraceae), especies epífitas como *Acchmea bracteata* (Sw) Griseb. (Bromeliaceae), orquídeas, bejucos y el helecho *Achrostrichum aureum* L. (Pteridaceae). Asimismo, Moreno-Casasola e Infante. (2009), también mencionan al helecho *Acrostichum danaeifolium* (Bromeliaceae), diversas especies de higueras *Ficus* spp., (Moraceae), *Acacia farnesiana* (Fabaceae), *Sabal mexicana* (Arecaceae) y *Pachira aquatica* (Bombacaceae). Aunque, también se pueden encontrar ocasionalmente *Mikania micrantha* (Asteraceae), *Rhabdadenia biflora* (Apocinaceae) y *Sporobolus virginicus* (Poaceae).

3.3.4. Supervivencia de *A. germinans* evaluados

En cuanto a la supervivencia, *A. germinans* L. presentó un 28.5 % de supervivencia para los árboles plantados y 39.2 % para los de regeneración natural para la ZA; dicha situación puede atribuirse a la presencia de *B. marítima* debido a que el porcentaje por metro cuadrado resultó considerable en relación con *A. germinans*, además de otros factores como los niveles de inundación que causaron la muerte de árboles, y causas antrópicas (tala de árboles). Los porcentajes de supervivencia de las unidades experimentales fueron disminuyendo durante el primer año de muestreo realizado tanto para los árboles plantados como para los de regeneración natural; sin embargo, en el segundo año de muestreo, los árboles regenerados de manera natural presentaron porcentajes mayores de supervivencia. Las épocas en las que se obtuvieron los valores más bajos de supervivencia fueron en el año 2014 en la época de nortes para los árboles plantados y la época de seca para los árboles de regeneración natural. Estos datos son alarmantes, debido a que se esperaba un porcentaje de supervivencia mayor como el obtenido por Tovilla *et al.* (2004), quienes obtuvieron un porcentaje de supervivencia de 75 % de *A. germinans* bajo el método de siembra directa en la costa de Chiapas.

Para la ZM, el porcentaje de supervivencia fue de 20.6 y 51.7 % para los árboles plantados y de regeneración natural, respectivamente, con N= 29. Finalmente en la ZB, los porcentajes de supervivencia fueron de 9 % para los plantados y 18.1 % para los de regeneración natural con N= 11. Este escenario se atribuye a las condiciones del terreno donde se estableció la plantación, debido a que presenta un nivel de inundación (manto freático) constante a lo largo del año con niveles de hasta 60 cm de profundidad en la época de norte. Asimismo, se observó que de los 68 árboles plantados muestreados en las tres parcelas, 36 murieron en pie, ocho fueron talados y nueve desaparecieron a causa del desprendimiento de las raíces del suelo y arrastrados por el agua (Figura 22).

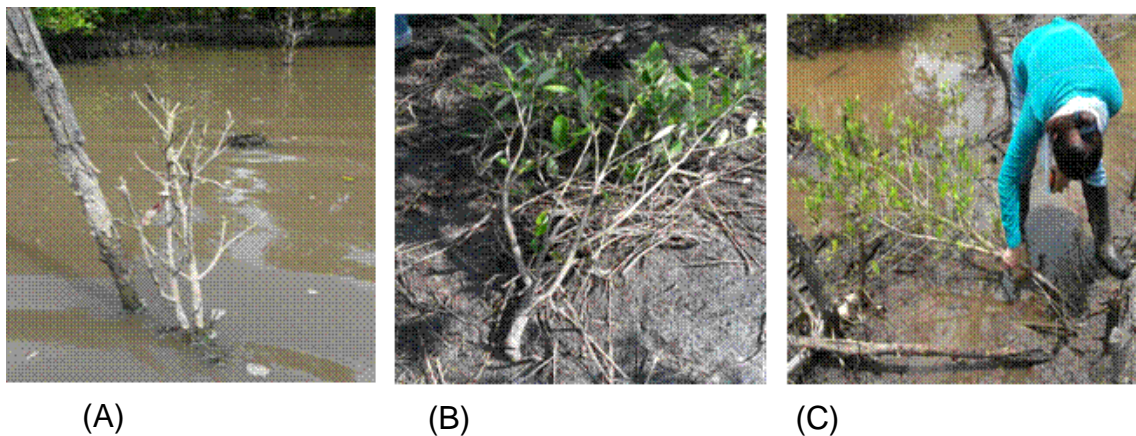


Figura 22. Situación de los árboles muestreados (A) árbol muerto en pie, (B) árbol macheteado/talado, (C) árbol desraizado con tendencia a desprenderse del suelo.

Los porcentajes de sobrevivencia estuvieron en función de las condiciones imperantes en las zona de estudio; dichas condiciones la representan las concentraciones de sal en suelo (89.8 meq/100 g) y agua (15,627 ppm), el hidropereodo (60 cm de profundidad) y las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, radiación solar). Además, un aspecto importante es que las plantas nativas crecen con lentitud, pero la viabilidad a es mayor a través del tiempo debido a que están adaptadas a las condiciones locales y están mejor preparadas para sobrevivir a variaciones climáticas, plagas y enfermedades (Hernández *et al*, 2010). Flower e Imbert (2006), atribuyen que la mortalidad de los arboles se debe a la recuperación débil del bosque y de su dinámica; estos mismos autores observaron una mortalidad baja y un proceso de regeneración gradual de los arboles de mangle en zonas afectadas y deforestadas por huracanes en las Antillas.

Para la ZB, el porcentaje de sobrevivencia fue de nueve para los árboles plantados y 18 para los regenerados de manera natural. La época de lluvias del 2014 fue en la que se observó el número mayor de árboles muertos tanto para los plantados como para los de regeneración natural. Asimismo, debido a las características que presenta esta zona no es apta para la restauración, debido a que se mantiene inundada por periodos largos, lo que provoca anoxia en las plántulas y árboles que se encuentran en él.

3.3.5. Determinación de temperatura del suelo y nivel de profundidad del agua en las zonas

La temperatura registrada en las parcelas osciló entre 27 y 30 °C para las cuatro parcelas, registrándose los valores más bajos en la época de lluvia y los más altos en la seca (Cuadro 13). En cuanto a la profundidad del agua, esta fue considerable en la ZB época de nortes para el 2013 (90 cm) y para la ZA (60 cm). Las épocas en que la profundidad del agua no causó estragos fue en las épocas de seca y lluvia del año 2014. En la parcela testigo, la profundidad del agua se mantuvo estable durante los dos años de muestreo. La profundidad del agua se considera un factor importante porque influye en la sobrevivencia de las plántulas, además del crecimiento en diámetro y altura.

Cuadro 13. Profundidad del agua en las parcelas en el periodo de 2013 y 2014.

Parcela/zonas	Profundidad del agua (cm)					
	2013			2014		
	Seca	Lluvias	Nortes	Seca	Lluvias	Nortes
1 Z Alta	1	1	60	0	0	0
2 Z Media	3	1	27.5	0	0	12
3 Z Baja	15	1	90	1	0	24
4 Z Testigo	Sd	1	1	1	1	1

Sd= sin datos.

Éste último afectó directamente la sobrevivencia de los individuos de mangle negro en etapa de plántulas, brinzales y latizales debido a que se presentó por periodos largos, provocando la muerte en pie por la falta de oxígeno debido a que la altura de los neumatóforos fue baja.

3.3.6. Análisis de suelo y agua

Los valores físico-químicos obtenidos en el análisis de las muestras de suelo proyectaron un pH promedio de 5.4 para las ZA, ZM y ZB en las tres épocas (seca, lluvia y nortes); por lo tanto el pH fue clasificado como moderadamente ácido; dicha acidez podría deberse al lavado de las bases del suelo debido a las constantes inundaciones originadas por la marea baja y las precipitaciones que se presentan en la

parcelas de estudio, aunado a esto, este tipo de acidez limita la disponibilidad de macroelementos importantes como el P, Ca y Mg los cuales son esenciales para el crecimiento de las plantas (Armida, 2010). Para la ZT, el pH fue de 8.2 en las épocas de seca y lluvia, variando en la época de norte que disminuyó a 6.2, clasificándose como un suelo moderadamente alcalino.

La conductividad eléctrica (CE) se clasificó como muy ligeramente salino en la época de seca, oscilando entre 0.054 y 0.084, para las cuatro parcelas. En la época de lluvia, los valores ascendieron de 40 a 65.08 dS m⁻¹, obteniéndose el valor más elevado en la ZA. La ZT tuvo un valor de 16.81 dS m⁻¹. En la época de norte, estos valores disminuyeron en las zonas ZA, ZM y ZB, pero aumentó en un 50 % en la parcela testigo obteniendo un valor de 34.31. Dichos valores infieren que podría llegar afectar la germinación normal de las semillas además del crecimiento de las plantas o la absorción de agua. De acuerdo con la NOM 021-SEMARNAT (2000) las sales que se encuentran en los suelos y superior al 0.1 % están formados principalmente por los cationes Na, Ca y Mg, asociados con los aniones Cl, SO₄²⁻, NO₃³⁻ y HCO₃⁻.

El contenido de materia orgánica (MO) se clasificó como muy rica; los porcentajes mayores se presentaron en la ZM con 36.97 y 33.17 en las épocas de seca y lluvia respectivamente y disminuyó hasta 7 % en la época de norte. La parcela testigo tuvo un porcentaje promedio de 7 % en las tres épocas, lo cual es común en suelos que permanecen inundados durante periodos extensos y con aportes constantes de MO (Moreno *et al.*, 2002). Para las bases intercambiables, las concentraciones de Ca se clasifican como altas, oscilando entre 17 y 57 meq/100 g para las épocas de lluvia y norte y el menor de 6.3 para la seca. El Na también se clasificó como concentraciones altas en la época de seca para las tres parcelas (46.7, 89.86 y 48.97) y el menor en norte con 7 meq/100 g; dicho elemento constituye un factor limitante del crecimiento y nocivo para el metabolismo de la planta cuando se presenta en concentraciones elevadas (Schenetter, 2002); la parcela testigo tuvo los valores menores en las tres épocas del año (Cuadro 14).

De los elementos considerados en el análisis, el Fe presentó concentraciones altas principalmente en la época de seca, llegando a registrarse hasta 1120 ppm en la ZA. En cuanto a los elementos Cu, Mn y Zn, los valores altos se observaron en la época de seca en la ZA y los valores mínimos correspondieron a las épocas de lluvia y norte.

La textura de los suelos en la época de seca para la ZA y la ZM fue franco arcillosa. En el caso de la ZB y la ZT fue arcillosa. Para las épocas de lluvia y norte la textura de los suelos fue arcillosa con un promedio de 69.44 % de arcilla, 32.14 % de limos y 118 de arenas. La textura presente en los suelos tiene como característica un drenaje lento y expuesto a la compactación, además de brindarle permeabilidad, escurrimiento superficial e infiltración (Armida, 2010). Los valores obtenidos difieren de los reportados por Domínguez *et al.* (2011) en los manglares de la Costa de Tabasco, quienes reportan valores de pH con tendencia más alcalina y una CE mayor (90 dS m⁻¹), aun cuando ésta indica que los suelos de Tabasco con vegetación de manglar poseen concentraciones altas de sales. Sin embargo, tienen cierta similitud en lo que respecta a la materia orgánica (27.54 %). González (2014), en la misma zona de estudio en la época de seca, obtuvo valores de pH similares, sin embargo, difiere a los datos de CE que reportó fue menor con valores que fluctuaron entre 12.24 y 15.98 dS m⁻¹, característicos de un suelo salino. Una característica fundamental de *A. germinans* es la tolerancia a la salinidad, sin embargo, cuando la concentración de sal en el suelo es alta se reduce el proceso de fotosíntesis (Sobrado, 1999).

Asimismo, Moreno *et al.* (2002), quienes realizaron un trabajo en suelos de la parte oeste del estado de Tabasco, reportaron un pH fuertemente ácido, situación que atribuyen a la relación del agua de mar la materia orgánica representada por el mangle. Los valores de CE superior a 4 dS m⁻¹, lo que significa que son suelos salinos y que se debe a la presencia del agua de mar que inunda la zona por periodos prolongados, el contenido de MO fue mayor (43 hasta 85 %), que la obtenida en las zonas ZA, ZM, ZB y ZT.

Con respecto a los valores físico-químicos de las muestras de agua fueron un pH promedio de 7.84 para las cuatro parcelas; la CE fue muy ligeramente salino en la época de seca, sin embargo, para la lluvia y norte aumentó considerablemente en las cuatro parcelas, reportando el valor más alto de 64.64 dS m^{-1} y el menor de 0.02. Con respecto a los elementos, del B se registró entre 0.3 a 4.4 ppm para las cuatro parcelas en las tres épocas, los valores de Ca fueron altos, sobre todo el registrado en la ZA en la época de lluvia (1063 ppm), el Cu se encontró sólo en las ZA y la ZB en la época de seca con valores de 0.001 y 0.011, para la época de lluvia sólo se encontró en la ZM (0.009) y para la época de norte estuvo presente en la ZA y ZT con 0.034 y 0.005, respectivamente.

El elemento Fe obtuvo un valor alto en la ZA para la época de lluvia (81.90 ppm), difiriendo de las demás zonas cuyos valores fueron de 0.2 a 9.35. Además se encontraron elementos como el K, Mg, Mn, Na, P, Zn, Cl, NO_3^- y HCO_3^- en concentraciones altas (Cuadro 15). Rivera-Monroy *et al.* (1995), reportó valores de salinidad de 21 para la época de lluvia y 24 época de seca, y valores altos de NO_3^- en la época de seca y norte para un bosque de manglar en Laguna de términos en México. Por otra parte, Medina (1999), reporta valores de 261 ppm de Na en muestras tomadas en la época de lluvia y 891 ppm en la seca en manglares de América tropical, con relación a los resultados obtenidos para dicho elemento, éstos fueron más bajos. La absorción del agua salina impone restricciones severas osmóticas que se reflejan en la tasa de transpiración de los mangles; éstos están expuestos a exceso de energía de excitación que conduce a problemas de foto inhibición del aparato fotosintético.

La presencia de Cu y Fe, detona que la contaminación de los cuerpos de agua repercute a los suelos, dicha contaminación se da principalmente por vertimientos de residuos tóxicos de las industrias adyacentes a las comunidades (ingenios azucareros) y que a su vez, es coadyuva en la muerte progresiva de los individuos de mangle. Además de estos elementos, la presencia de nitratos también ocurre por dicho vertimiento de aguas residuales locales o industriales que provocan el agotamiento de oxígeno y muerte de organismos acuáticos (NOM-127-SSA-1994).

Cuadro. 14. Propiedades físico-químicas del suelo de las parcelas establecidas para las tres épocas del año 2014.

Propiedades	2014											
	Seca				Lluvias				Nortes			
	ZA	ZM	ZB	ZT	ZA	ZM	ZB	ZT	ZA	ZM	ZB	ZT
pH	5.27	5.36	5.62	8.02	5.59	6.06	5.5	8.13	5.59	5.95	5.81	6.21
CE ^a	0.05438	0.08468	0.05786	0.0287	65.08	40.77	50.95	16.81	48.27	4.18	48.07	34.31
M.O. ^b	23.11	36.97	19.19	7.36	24.0679	33.1747	27.970	2.276	27.970	16.587	14.635	7.8058
Na ^c	46.731	89.866	48.977	14.738	14.1	7.65	10.85	4.4	14.2	7.7	8.9	7.05
Ca ^c	16.2	19.5	14.2	6.3	57.68	41.20325	44.499	17.717	36.258	31.726	31.72	26.782
NO ₃ ^{-d}	50.4	78.4	47.6	53.2	18.9	6.3	6.3	7.7	18.9	11.9	6.3	0.700
Cu ^d	12.193	1.605	9.543	3.149	0.356	1.952	1.208	1.195	0.573	0.92	0.889	2.736
Fe ^d	1120.936	930.925	891.726	55.616	138.089	174.813	156.239	14.154	250.583	128.638	167.083	184.443
Mn ^d	159.581	148.027	164.027	28.228	10.444	8.018	5.145	8.167	12.433	8.679	6.242	15.066
Zn ^d	21.278	16.731	16.988	2.612	0.72	2.502	1.941	0.295	0.539	1.506	1.404	2.284
Arcillas ^b	29.44	21.44	41.44	52.44	35.44	57.26	55.44	59.44	45.44	55.44	55.26	61.44
Limos ^b	39.82	52	38	38.82	39.46	19.46	35.46	37.28	33.46	29.28	31.46	31.28
Arenas ^b	30.74	26.56	20.56	8.73	25.1	23.28	9.099	3.28	21.1	15.28	13.28	7.28
Textura	Franco arcillosa	Franco limosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa

^a dS m⁻¹, ^b %, ^c meq/100 g, ^d ppm

Parcela 1 ZA= zona alta, Parcela 2 ZM= zona media, Parcela 3 ZB= zona baja, Parcela testigo ZT= zona testigo.

Cuadro 15. Propiedades físico-químicas del agua de las parcelas establecidas para las tres épocas del año 2014.

Parámetros o propiedades	2014											
	Seca				Lluvias				Nortes			
	ZA	ZM	ZB	ZT	ZA	ZM	ZB	ZT	ZA	ZM	ZB	ZT
pH	7.53	8.05	7.86	7.92	5.64	5.38	5.16	7.45	5.78	7.21	7.96	6.49
CE ^a	0.0812	0.0257	0.0286	0.0799	59.52	64.64	61.57	58.02	54.15	4.78	0.369	41.14
B ^b	2.629	1.529	1.916	3.021	4.438	3.732	4.073	2.965	3.012	0.316	0.313	2.467
Ca ^b	594.357	201.009	214.444	604.078	1063.0	1030.4	940.14	801.31	885.21	69.389	69.725	541.544
Cu ^b	0.011	nd	0.001	nd	nd	0.009	nd	nd	0.034	nd	nd	0.005
Fe ^b	9.35	0.293	0.483	1.955	81.908	2.392	0.762	2.347	10.314	0.65	1.041	4.453
K ^b	260.48	96.513	117.828	225.113	254.80	304.67	299.89	280.25	235.19	22.497	22.013	192.211
Mg ^b	4246.12	720.668	840.637	3964.85	4065.0	3839.9	3732.1	3143.5	3447.9	157.71	161.21	2264.11
Mn ^b	76.425	0.017	0.147	0.814	32.811	21.239	13.429	5.496	53.49	0.055	0.027	15.173
Na ^b	15627	2570.44	3016.64	13431.8	16128	14630	13901	12461	13178	1434.5	1195.8	8745.22
P ^b	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zn ^b	0.438	0.19	0.371	0.347	0.001	0.105	nd	nd	0.051	nd	0.007	0.011
Cl ^c	33008.928	8441.964	9535.714	32540.17	875.75	912	870	732.5	758.25	54.5	48.25	532.5
NO3 ^{-b}	24.36	1.96	2.8	nd	8.12	1.68	11.48	0.14	5.88	1.12	0.42	0.84
HCO3 ^{-b}	358.231	327.7439	243.9024	1028.963	99.085	53.3536	60.9756	853.658	221.036	182.926	175.304	106.7073
CO3 ^{-2b}	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

^a dS m⁻¹, ^b ppm, ^c meq/L, nd= no detectado

ZA= zona alta, ZM= zona media, ZB= zona baja, ZT= zona testigo

3.4. Conclusiones

La regeneración natural y el trasplante de plantas de vivero a las zonas afectadas constituyen una alternativa viable para la reforestación de *A. germinans*; sin embargo, existen factores que influyen en la dinámica de regeneración como son el tipo de ambiente en la que se desarrollan los árboles debido a que cada bosque posee características únicas y específicas; otro factor lo constituyen las características físicas y químicas del suelo y del agua, pero el factor determinante lo constituye el hidroperiodo, debido a que las zonas estudiadas tienen un patrón de inundación periódico que influye en el mantenimiento de la estructura y funcionamiento del manglar.

La ventaja que presentaron los árboles regenerados de manera natural fue la adaptación y la resistencia al ambiente y los bajos costos en comparación con los árboles trasplantados del vivero, que tienen que adaptarse a las condiciones de la zona, mismos que requieren costos considerables puesto que conlleva la implementación de viveros para la germinación de las semillas y reproducción de las plántulas, además que se requiere de la aplicación de fertilizantes foliares. La reforestación de los manglares constituye una herramienta para la reconstrucción del manglar y el nivel de intervención del hombre depende del grado o nivel de daño en el que se encuentre las zonas alteradas.

3.5. Literatura citada

- Aceves N L A., J F Juárez L., D J Palma L, R. López L., B Rivera H., J. A. Rincón R., R. Morales C., R. Hernández A., A. Martínez S. y J. L. Hernández S. 2008. Estudios para determinar zonas de alta potencialidad de los cultivos en el estado de Tabasco (informe general). Tomo I.SAGARPA, Colegio de Postgraduados. Tabasco, México.Pp:14-16.
- Aguirre Z. y N León. 2011. Supervivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el jardín botánico de la quinta El Padmi, Zamora, Chinchipe. *Arnaldo* 18: 115-122.

- Ajbilou R, T Marañón y J. Arroyo. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 12:111-123.
- Armida A L. 2010. Factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos que influyen en la producción del agroecosistema caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Chontalpa, Tabasco. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- Blasco F., M. Aizpuru and C. Gers. 2001. Depletion of the mangroves of Continental Asia. *Wetlands Ecology and Management.* 9: 245-256.
- Carrillo B A., R E M Elizalde, V N Torrescano y O G Flores. 2008. Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana.*10:31-38.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población) 2012. II Censo de Población y Vivienda. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio.
- Chale M M F. 1996. Litter production in an *Avicennia Germinans* (L.) stearn forest in Guyana, South America. *Hydrobiologia.* 330: 47-53.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Consultado en marzo de 2015. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>.
- Domínguez D M., J Zavala C. y P Martínez Z. 2011. Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 137 p.
- Dodd S R and Z Afzal R. 2002. Evolutionary genetics of mangroves: continental drift to recent climate change. *Trees.* 16:80-86.
- Duke N C., 1992. Mangrove floristic and biogeography. *In:* Robertson A. I., D M Alongi, (eds.), *Tropical Mangrove Ecosystems.* American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 63-100.
- Ferreira C A., G Ganade and J L De Attayde. 2015. Restoration versus natural regeneration in a neotropical mangrove: Effects on plant biomass and crab communities. *Ocean & Coastal Management* 110:38-45.

- Flower J M. and D Imbert. 2006. Recovery deficiency following tree mortality in mangroves of two Caribbean islands: field survey and statistical classification. *Wetlands Ecology and Management* 14:185-199.
- González H. L. 2014. Respuesta de adaptación del mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en la costa de Tabasco. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.
- Hernández M E., A J L. López y M V Sánchez. 2010. Crecimiento en diámetro y altura de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. *Rev. Mex. Cien. For.* 2:27-40.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Instituto Censo General de Población y Vivienda. www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/
- Keplac D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 2a. ed. México. Pp. 31-41.
- Magurran A E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. pp:106-110.
- Manrow-Villalobos M.y B Vilchez-Alvarado. 2012. Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. Costa Rica. 9:1-18.
- Medina E. 1999. Mangrove physiology: the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding, p. 109-126. *In*: A. Yáñez-Arancibia y A L Lara-Domínguez (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.
- Moreno-Casasola P y M D M Infante. 2009. *Manglares y selvas inundables*. INECOL (Instituto de Ecología). 1a. ed. Xalapa, México. 150 p.
- Moreno C E, A Guerrero P, M C Gutiérrez C., C A Ortiz S. y D J Palma L. 2002. Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. *Madera y Bosques* Número especial. 115-128.
- Novelo A y L Ramos. 2005. Vegetación acuática. *En* Bueno J., F. Álvarez y S. Santiago. (eds.). *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Instituto de biología, UNAM-CONABIO. México. Pp. 111-144.
- Pennington T D. y J Sarukhán. 2005. *Arboles tropicales de México*. Manual para la identificación de las principales especies. Ediciones científicas universitarias. 3a. ed. México, DF. UNAM. pp. 47-59.

- Rivera-Monroy V H., J W Day, R R Twilley, F Vera-Herrera and C. Coronado-Molina. 1995. Flux of Nitrogen and Sediment in a Fringe Mangrove Forest in Terminos Lagoon, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 40:139-160.
- Rondeux J. 2010 Crecimiento de árboles y masas. En *Medición de árboles y masas forestales*. Mundi prensa. 1a. ed. Pp. 243-257.
- Salgado-García S., D J Palma-López, M Castelán-Estrada, L C Lagunes-Espinoza y H L Ortiz. 2013. Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. 1a. ed. Colegio de Postgraduados- Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 83 p.
- SAS, Institute Inc. 1995. *Logistic Regression Examples Using the SAS System, Version 6, 1^a edition*. Cary, NC. 163 p.
- Sobrado M A. 1999. Leaf photosynthesis of the mangrove *Avicennia germinans* as affected by Na Cl. *Photosynthetica*. 34:547-555.
- Sol S A., R. C L Zenteno, C L F. Zamora, R E Torres. 2002. Modelo para la Restauración Ecológica en áreas alteradas. *Revista de difusión Kuxulcab´* 7:48-60.
- Sousa W P and EM Dangremond. 2011. *Trophic Interactions in Coastal and Estuarine Mangrove Forest Ecosystems*. University of California, Berkeley, CA, USA. Elsevier Inc. Pp:43-90.
- Suárez, N. y Medina, E. 2006. Salinity effect on plant growth and leaf demography of the mangrove, *Avicennia germinans* L. Springer. Volume 19. Pp:721–727.
- Schenetter M L. 2002. El sistema radical del mangle blanco (*Avicennia germinans* L.) .un ejemplo de adaptaciones morfológicas y anatómicas en espermatofitos a condiciones ecológicas adversas. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 26:111-126.
- Stone K., M Bhat, R Bhatta, A. Mathews. 2008. Factors influencing community participation in mangroves restoration: A contingent valuation analysis. *Ocean & Coastal Management* 51:476-484.
- Tovilla H C., R A V. Salazar, S G M. Morales, L. R. M. Mazariegos. 2004. Recuperación del manglar en la Barra del Río Cahoacán, en la costa de Chiapas. *Madera y Bosques* Número especial 2:77-91.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Conclusiones generales

El manglar realiza funciones ecológicas importantes que ayudan a mantener su equilibrio. Ofrece una diversidad de recursos que son aprovechadas por el ser humano como una alternativa para cubrir algunas necesidades. Dentro de las actividades que realiza, se encuentra la extracción, tanto de los árboles de mangle como de las especies acuáticas. En su afán de mejorar su calidad de vida, ha implementado sistemas de producción acuícola entre el manglar y la laguna, debido a que la interacción entre ambos ecosistemas permite la relación simbiótica. Las actividades que se han realizado en la comunidad de estudio son la camaronicultura y la ostricultura; sin embargo, existe la inquietud por parte de los habitantes de incluir otras actividades como la apicultura, la acuicultura y la forestería.

Aun cuando las actividades mencionadas anteriormente se han implementado, no todos los habitantes tienen acceso a ellas o simplemente no son considerados en los grupos de trabajo. Por consiguiente, se ven en la necesidad de dedicarse solamente a realizar la pesca artesanal. Dicha actividad, representa la única fuente de trabajo para ellos, lo cual, los convierte en un grupo vulnerable; ante esta situación, cuando las acciones antrópicas o los factores ecológicos que se presentan eventualmente y que afectan directamente al manglar, se reflejan en la pesca y por lo tanto, en los ingresos económicos de los pescadores artesanales.

El problema de defoliación que se presentó en el año 2010, causó estragos que afectaron a la fauna acuática, terrestre y a las aves. Aunque el manglar tiene la capacidad de regenerarse, con la creación del proyecto de reforestación impulsado por investigadores del COLPOS y con el apoyo de la CONAFOR, el proyecto representó un aliciente para los pescadores porque los benefició económicamente, con la creación de empleos temporales, socialmente, al unirlos como comunidad debido a que trabajaron

en conjunto y culturalmente, al reafirmar sus conocimientos acerca de la importancia que tienen los bosques de manglar para la cadena trófica.

Con relación a la contrastación de las hipótesis establecidas en el trabajo de investigación se expone lo siguiente:

La hipótesis 1: que versa sobre la defoliación de mangle negro y el desarrollo socio-económico de la actividad pesquera en el ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas no se rechaza porque la pesca tiene gran importancia socioeconómica y los pescadores de la comunidad participan en su conjunto de dicha actividad además, representa para la fuente de trabajo principal y por tanto de ingresos económicos. Por tanto, los daños al manglar y a las zonas de pesca tienen un impacto en los niveles de pesca e ingresos de la comunidad.

Para la hipótesis 2, que trata sobre la reducción de la población de mangle negro y su relación con el grado de infestación de insectos herbívoros en Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, se obtuvo que esta hipótesis no se rechaza. El mangle se encuentra expuesto a la entomofauna propia de los bosques de manglar y también de las plagas esporádicas que se presentan. Los insectos herbívoros provocan diversos daños destacando el daño foliar que afecta el crecimiento y desarrollo adecuado de los árboles.

La hipótesis 3 hace referencia a que la dinámica de regeneración temprana de *A. germinans* depende principalmente de las características físicas y químicas del suelo más que las del agua, no se rechaza. El factor determinante lo constituye el hidroperiodo y las características físicas del agua, debido a que las zonas estudiadas tienen un patrón de inundación periódico que influye en el mantenimiento de la estructura y funcionamiento del manglar. Las concentraciones de sales presentes y la inundación constante afecta el crecimiento y sobrevivencia de los árboles de mangle.

Con base en la contrastación de las hipótesis particulares se establece que la hipótesis general no se rechaza puesto que la defoliación del mangle negro ha tenido un impacto

diferencial en su recuperación como ecosistema. Dentro de los factores que influyen en la recuperación del manglar son el tipo de ambiente en el que se desarrollan los árboles, las características físicas y químicas del suelo y del agua y las zonas de marea.

2. Recomendaciones

El aprovechamiento de los recursos naturales está permitido por las Leyes Mexicanas; sin embargo, a través de la extracción regulada de madera de las especies de mangle y de los productos acuícolas que se encuentran restringidos por las Normas Oficiales Mexicanas, se puede lograr un manejo sostenible a través de las UMAs. Asimismo, a través de la ejecución de los sistemas productivos se puede lograr una mejora en la economía de los habitantes de las comunidades aledañas al manglar.

En cuanto al bienestar de la población local, se debe efectuar un programa de conservación para conocer las condiciones ecológicas, sociales y económicas de las comunidades y también de los factores que pueden estar influyendo en la rentabilidad de actividades económicas actuales que producen degradación forestal. Además, se debe considerar el financiamiento de organismos internacionales que coadyuven al aumento de la población de mangle, puesto que éstos representan una fuente alternativa de desarrollo económico. Por consiguiente, la participación activa de los habitantes y de las instituciones gubernamentales es la pieza clave para lograr el bienestar ecológico, social y económico de los habitantes del ejido Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas.

Asimismo, debido a que la pesca constituye una actividad primordial en dicha comunidad, urge la creación de Cooperativas o Asociaciones pesqueras que brinden no solo la seguridad de las ventas de los productos capturados por los pescadores sino también subsidios directos e indirectos para éstos y a su vez, se verá reflejado en el cuidado del manglar por parte de los habitantes.

ANEXOS

A. Cuestionario aplicado a Pescadores del ejido Las Coloradas Ampliación Las Aldeas.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

Fecha de Encuesta

--	--	--	--	--	--

Día Mes Año

NUMERO DE CUESTIONARIO

--	--	--

ENCUESTA DEL IMPACTO DE LA DEFOLIACIÓN DE MANGLE SOBRE LOS ASPECTOS SOCIAL Y ECONÓMICO EN ACTIVIDADES PESQUERAS EN EL EJIDO LAS COLORADAS CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

PARTE I Perfil del entrevistado

01.- Nombre: _____

02.- Edad: _____ 03.-Sexo: _____

04.- Escolaridad: _____

05.- ¿Cuál es su principal actividad productiva? ¿Cuál es su trabajo? (*pescador, jornalero, albañil*)

06.- Cuando no trabaja en su actividad principal, ¿a qué otra actividad se dedica?

07.- En caso que se dedique a la pesca, ¿Cuántos años tiene como pescador (*actividad comercial*)?

08.- ¿En qué lugar pesca normalmente (*laguna o complejo lagunar*)?

09.- ¿Cuál es el principal producto que pesca en la zona (*cangrejos, ostiones, peces, jaiba, caracoles, etc.*) y en qué época las pesca?

10.- ¿Cuánto pesca de cada especie (volumen por especie/semana)?

11.- ¿Cuánto tiempo por día dedica a la pesca (4 h, 6 h, 8 h, etc.)?

PARTE II
Impacto Social

12.- ¿Existe alguna organización o cooperativa de pescadores? ¿Cuál es el nombre de la cooperativa o la organización?

13.- ¿Cuántos años tiene de haberse formado la cooperativa?

14.- ¿Está enterado de la defoliación del mangle?

Si () No ()

15.- ¿A qué cree que se deba?

16.- Si cree que el daño lo causó un insecto ¿Considera que el daño ha tenido efectos el volumen de pesca?

17.- ¿En cuánto estima esa reducción en el volumen de pesca (kg)?

18.- ¿Qué tipo de peces o animales han sido los más afectados por la defoliación del mangle?

19.- ¿Ha visto cambios en la conducta de las especies que se encuentran en el manglar o laguna?

20.- ¿De qué manera la defoliación del mangle ha modificado las características del cuerpo de agua?

1. Nivel de las mareas _____
 2. Cambio en la vegetación costera _____
 3. En la temperatura del suelo _____
 4. En la sequía del suelo _____
 5. En la línea costera _____
 6. En la salinidad de las aguas costeras _____
 7. Otra (especifique)
-

21.- De todos los cambios antes mencionados, ¿Cual considera que tiene efecto en la actividad pesquera?

22.- Con respecto al proyecto de mangle negro en la comunidad ¿De qué manera los ha beneficiado (ayudado)?

23.- ¿Considera que deben gestionarse más proyectos para ayudar a la restauración del manglar?

24.- ¿Considera que la forma en que se ha llevado a cabo el proyecto ha sido la más adecuada?

Si () No ()

PARTE III **Impacto Económico**

25.- ¿Considera que la actividad pesquera es una actividad rentable?

Si () No ()

26.- ¿Qué necesidades cubre con lo que gana como pescador?

27.- ¿En qué porcentaje se ha reducido sus ingresos antes y después de la defoliación del mangle (día/meses)?

28.- ¿Cuáles son los meses de mayor captura de especies acuáticas?

29.- ¿Considera que la defoliación ha tenido efecto en sus ingresos económicos como pescador?

30.- ¿Considera que la defoliación ha impactado el volumen de pesca (diario/mensual)?

31.- ¿Recibe algún subsidio como pescador (Oportunidades, SEDESOL, Procampo, CONAPESCA)?

Si No

¿De quién?

32.- ¿Considera que la defoliación los ha unido como una comunidad?

Si No

33.- ¿Considera que la defoliación los ha unido como familia?

Si No

LE AGRADEZCO EL TIEMPO Y LA VERACIDAD DE SUS RESPUESTAS

B. Cuestionario aplicado a los Informantes clave



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

El propósito del presente cuestionario tiene la intención de conocer el impacto de la defoliación del mangle negro y su efecto en la actividad pesquera en la comunidad Las Coloradas, Ampliación Las Aldeas, en los aspectos económico, social, político y ecológico desde la perspectiva de las autoridades que a través de proyectos o programas brindan apoyos. La información obtenida se utilizará para el proyecto de tesis doctoral, es decir, sólo con fines propios de ésta investigación y se guardará confidencialidad.

Parte I

1. Perfil del Entrevistado

- 1.-Nombre: _____
2.- Edad: _____ 3.- Escolaridad máxima: _____
4.- Profesión: _____
5.- Institución donde labora: _____
6.- Cargo que desempeña: _____
7.- Años que lleva desempeñando el cargo: _____

Parte II

Conocimiento del Problema

8.- ¿Conoce usted el problema de la defoliación del mangle negro en el Estado de Tabasco?

Si () No ()

¿Qué sabe al respecto? _____

9.- ¿Cuáles son las comunidades o lugares han sido los más afectados?

10.- ¿Cual es la especie de mangle que se vio más afectada por el problema?

11.- ¿Cuál de los factores considera determinante en la disminución de la superficie de manglar en Tabasco?

- 1) Agricultura ___
 - 2) Ganadería ___
 - 3) Cambio de uso de suelo ___
 - 4) Urbanización ___
 - 5) Fuego ___
 - 6) Azolvamiento ___
 - 7) Presencia de plagas ___
 - 8) Eventos meteorológicos ___
 - 9) Otros _____
-

12.- ¿Podría mencionar cuándo y por qué medio se enteró del primer indicio del problema de defoliación?

Parte III
Factor Económico

13.- ¿Qué repercusiones económicas considera usted que trae como consecuencia la defoliación de mangle?

14.- A su juicio, ¿Cuáles fueron las causas que originaron estos cambios?

15.- ¿Considera que la defoliación afectó a las especies faunísticas de importancia comercial que dependen del mangle? ¿De qué manera las afectó?

16.- ¿Está enterado de la existencia de proyectos de reforestación de manglar? Explique en qué consiste el/los proyectos de restauración y donde se realizan.

17.- En caso de que existan programas de apoyo, ¿Qué cambios se obtuvieron o se esperan obtener como consecuencia del apoyo (programa)?

18.- ¿En qué consiste el apoyo (asistencia técnica, capacitación, insumos, etc.)

19.- ¿Cuáles proyectos considera exitosos en la regeneración del mangle, y cuál ha sido la clave del éxito?

Parte IV
Factor Social

20.- ¿Qué efectos ha tenido la defoliación de mangle negro en el contexto social, en las comunidades afectadas?

21.- ¿Considera que la situación de defoliación impactó a otras comunidades? ¿De qué manera?

22.- ¿Considera importante que los habitantes de las comunidades afectadas propongan proyectos para ayudar a la regeneración del mangle?

23.- ¿Cree que la comunidad participa de manera activa en las actividades propuestas para los proyectos de restauración de mangle?

24.- ¿Qué propone como integrante de la institución para detener la situación de pérdida de superficie de mangle en el estado?

25.- ¿Qué medios utiliza para difundir información sobre la problemática y la manera en que se puede solucionar el problema?

Parte V
Factor Político

26.- ¿Considera usted que la defoliación es problema sólo de las comunidades afectadas o de la población en general?

27.- ¿Cree usted que la zona de manglares no se encuentra protegida por las leyes?

28.- ¿Qué actividad se realiza en materia de política para frenar la pérdida de superficie de mangle?

29.- ¿De qué manera los habitantes de las comunidades pueden aprovechar los recursos provenientes del manglar sin alterar la zona?

Parte VI
Factor Ecológico

30.- ¿Qué repercusiones considera usted que trae como consecuencia la defoliación de mangle en el ecosistema?

31.- ¿Cuáles son las especies faunísticas que dependen del mangle?

32.- ¿Cómo considera que se puede aminorar el problema de la defoliación?

33.- ¿Qué aspectos deben cubrir los proyectos de las instituciones para solucionar el problema de la defoliación en el ámbito ecológico?

Comentarios finales:

Le agradezco su opinión, información y participación

C. Imágenes de las diferentes zonas de marea (ZA, ZM, ZB y ZT).



Zona de marea Alta



Zona de marea Media



Zona de marea Baja



Zona Testigo