

## Cambios de uso del suelo en manglares de la costa de Tabasco\*

### Changes in land use in coastal mangroves of Tabasco

Gloria Isela Hernández Melchor<sup>1</sup>, Octavio Ruíz Rosado<sup>1§</sup>, Ángel Sol Sánchez<sup>2</sup> y Juan Ignacio Valdez Hernández<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz, km. 88.5, predio Tepetates, Veracruz. isela7827@colpos.mx. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina carretera Cárdenas-Huimanguillo, km 3. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados- Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Estado de México. §Autor para correspondencia: octavior@colpos.mx.

#### Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el cambio de uso de suelo en el periodo 1995 y 2008, identificando y cuantificando los cambios en localización y superficie del manglar, en cuatro ejidos del municipio de Cárdenas, Tabasco; mediante la interpretación de ortofotos digitales en escala 1:20 000 (1995), y 1:10 000 (2008). Los resultados indican que en 1995 la superficie de manglar era de 568.49 ha; para 2008 dicha superficie mostró un incremento de 148.72 ha sustituyendo parte de la vegetación hidrofita y el agroecosistema pasto-ganado. Aunque, los mapas generados revelan que en algunos sitios el manglar incrementó su superficie y en otros se redujo, identificando una pérdida de 32 ha que fueron sustituidas por el agroecosistema coco-pasto-ganado principalmente. Este cambio de uso de suelo es una respuesta a las condiciones socio-económicas de sus dueños. Los resultados pueden ser alentadores, desde el punto de vista ecológico, ya que las nuevas franjas de manglar sirven de barrera para evitar que la salinización de suelos se introduzca a superficies de uso ganadero.

**Palabras clave:** agroecosistema, cambio uso del suelo, deforestación, manglar.

#### Abstract

The objective was to evaluate the change of land use in the period 1995 to 2008, identifying and quantifying the changes in location and mangroves areas in four suburbs from the municipality of Cárdenas, Tabasco; by interpreting digital orthophotos scale 1:20 000 (1995) and 1:10 000 (2008). The results indicate that in 1995 the mangrove area was 568.49 ha; for 2008 such surface showed an increase of 148.72 ha replacing part of the hydrophytic vegetation and grass-livestock agro-ecosystem. Though, the generated maps show that in some places mangrove increased and in others its area was reduced, identifying a loss of 32 ha that were replaced mainly by coconut-pasture-livestock agro-ecosystem. This change in land use is a result to the socio-economic conditions of their respective owners. The results can be encouraging, from the ecological point of view, since the new mangrove strips provide a barrier to prevent soil salinization to enter to areas used for livestock.

**Keywords:** agro-ecosystem, deforestation, land use change, mangrove.

\* Recibido: octubre de 2015  
Aceptado: marzo de 2016

## Introducción

Los manglares son ecosistemas dinámicos que proveen servicios ecológicos y económicos al ser humano ya que permiten el desarrollo de especies acuáticas durante sus etapas juveniles, la madera es aprovechada para el comercio y para construcción de viviendas, y son fuente de combustible al usarlos como leña o carbón. Jiménez (1999), estimó que en los manglares de la Costa del Pacífico se desarrollan cerca de 181 especies de aves, 30 especies de moluscos, 99 especies de crustáceos, y 87 especies de peces. Vale la pena destacar que la mayoría de estas especies son aprovechadas para el comercio y forman parte de la dieta alimentaria de las comunidades aledañas al manglar.

Dentro de los servicios ecológicos que brindan los manglares se encuentran la regulación climática, control de la erosión, captura de carbono, regulación hidrológica, protección de costas y uso recreativo o turismo ecológico (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008). De igual forma, los manglares son importantes agentes de remediación, al funcionar como biofiltros naturales en sitios contaminados con metales pesados (plomo, cromo, y cadmio), especialmente porque estos compuestos quedan fijados en la biomasa de las raíces y la madera (Foroughbakhch *et al.*, 2004), aunado a su función como filtros de aguas residuales, ya que este ecosistema tiene la capacidad de disminuir la carga de materia orgánica del agua que utilizan en sus procesos naturales, lo cual es similar a la función que cumple una planta de tratamiento de aguas residuales (Sanjurjo y Welsh, 2005).

El servicio ecológico y económico que proveen los manglares se reduce debido a las continuas actividades antrópicas que dan origen al cambio de uso de suelo, a nivel mundial destacan la sobreexplotación de la madera, industria petrolera y gasífera, extensión de granjas camaronícolas, bancos de sal, infraestructura industrial y turística, construcción de represas, y desarrollo urbano (FAO, 2007).

Considerando que los ecosistemas de manglar son vulnerables ante el incremento del nivel del mar ocasionado por el cambio climático, el cambio en el uso de suelo bloqueará su migración al interior del continente, y por consiguiente se perderá la productividad del ecosistema (Smith *et al.*, 2001), amenazando la seguridad humana y generando impactos económicos regionales y nacionales. Se ha reportado que la deforestación de manglares en Kenia no solo reduce la biodiversidad, sino que hay menos ingresos del gobierno en

## Introduction

Mangroves are dynamic ecosystems that provide ecological and economic services to human beings allowing the development of aquatic species in their juvenile stages, wood is harvested for trade and for to build houses, and a source of fuel as firewood or carbon. Jimenez (1999) estimated that in the mangroves of the Pacific Coast near 181 species of birds, 30 species of molluscs, 99 species of crustaceans and 87 fish species develop. It is worth noting that most of these species are exploited for trade and are part of the diet of the communities neighboring the mangroves.

Within the ecological services provided by mangroves is climate regulation, erosion control, carbon sequestration, water regulation, coastal protection and eco-tourism or recreational use (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008). Similarly, mangroves are important agents of remediation, by function as natural biofilters in contaminated areas with heavy metals (lead, chromium, and cadmium), especially because these compounds are fixed in root biomass and wood (Foroughbakhch *et al.*, 2004), coupled to its function as filters of waste water, since this ecosystem has the capability of reducing organic matter load of water used in its natural processes, which is similar to the role of a wastewater treatment plant (Sanjurjo and Welsh, 2005).

The ecological and economic service provided by mangroves is reduced due to ongoing human activities that give rise to changes in land use, globally stands out wood, oil and gas industry, expansion of shrimp farms, salt flats, industrial and tourism infrastructure, dam construction, and urban development exploitation (FAO, 2007).

Considering that mangrove ecosystems are vulnerable to sea level rise caused by climate change, changes in land use will block their migration into the continent, and therefore will lose the productivity of the ecosystem (Smith *et al.*, 2001), threatening human safety and creating regional and national economic impacts. It is reported that mangrove deforestation in Kenya not only reduces biodiversity, but there is less government revenue in terms of royalties and tourist rights, increased coastal erosion and eventual reduction of seagrasses and coral reefs (Fondo and Martens, 1998). Also, the change in land use is closely related to deforestation, contributing to the process of global warming (Magaña, 2011) due to the release of carbon dioxide.

términos de regalías y derechos turísticos, un aumento de la erosión costera y la eventual reducción de los pastos marinos y arrecifes de coral (Fondo y Martens, 1998). Asimismo, el cambio de uso de suelo, muy relacionado con la deforestación, contribuye con el proceso de calentamiento global (Magaña, 2011), debido a la liberación del bióxido de carbono.

En México, las especies de manglar más características son *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), *Avicennia germinans* L. (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. (mangle blanco), y *Conocarpus erectus* L. (mangle botoncillo), de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 estas cuatro especies se encuentran en la categoría de amenazadas (López y Ezcurra 2002; DOF, 2010); asimismo, se reportan dos especies más identificadas en la costa de Chiapas *Rhizophora harrisonii* y *Avicennia bicolor* (Rico, 1982; Jiménez, 1999). Actualmente se estima que los manglares de México ocupan una superficie de 770.057 ha distribuidas en 17 estados con influencia de litoral (CONABIO, 2009).

En el estado de Tabasco se han perdido cuando menos 50% de sus humedales, en donde se estima que 19 922.9 ha corresponden a manglar (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2011; Landgrave y Moreno-Casasola, 2012). Las causas que conducen a la pérdida del manglar se deben al cambio de uso de suelo originado por actividades como la industria petrolera, el establecimiento de zonas de cultivo y zonas de pastoreo (Gallegos y Botello, 1988). La actividad petrolera ha generado impactos negativos en el manglar debido a la contaminación de cuerpos de agua y la degradación del suelo, ocasionado por los continuos derrames de hidrocarburos y desechos tóxicos, alterando sus propiedades físico-químicas y con ello causando la muerte de propágulos, plántulas y árboles de mangle (Adams, 1999; García-López *et al.*, 2006; Olguín *et al.*, 2007; Jacott *et al.*, 2011).

Asimismo, la construcción de carreteras, canales y establecimiento de centros de población, han ocasionado la deforestación y desplazamiento de los manglares, tal es el caso de la Reserva de la Biósfera de Pantanos de Centla que de 1990 a 2000 sufrió una pérdida de 1 616 ha de manglar (Guerra y Ochoa, 2005). En este sentido, la interrupción del flujo superficial del agua altera la tasa de recambio aumentando la salinidad del agua y provocando la muerte del manglar incluyendo *Avicennia germinans* (López y Ezcurra, 2002).

Aunado a lo anterior se tiene la competencia que existe entre la superficie del manglar y el establecimiento de pastizales para uso ganadero, ocurriendo un proceso de drenado de

In Mexico, the most characteristic species of mangrove are *Rhizophora mangle* L. (red mangrove), *Avicennia germinans* L. (black mangrove), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. (White mangrove) and *Conocarpus erectus* L. (button mangrove), according to NOM-059-SEMARNAT-2010 these four species are under threatened category (Lopez and Ezcurra, 2002; DOF, 2010); also identified two species on the coast of Chiapas *Rhizophora harrisonii* and *Avicennia bicolor* (Rico, 1982; Jimenez, 1999). Currently it is estimated that Mexico's mangroves cover an area of 770 057 ha distributed in 17 states with coastal influence (CONABIO, 2009).

In the state of Tabasco at least 50% of its wetlands have been lost, where it is estimated that 19922.9 ha correspond to mangroves (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2011; Landgrave and Moreno-Casasola, 2012). The main causes for mangrove loss are due to land use change caused by activities such as oil industry, establishment of agricultural areas and grazing (Gallegos and Botello, 1988). The oil industry has generated negative impacts on mangroves due to contamination of water bodies and soil degradation, caused by the continuous oil spills and toxic waste, altering their physicochemical properties and thereby causing the death of propagules, mangrove seedlings and mangrove trees (Adams, 1999; García-López *et al.*, 2006; Olguín *et al.*, 2007; Jacott *et al.*, 2011).

Also, the construction of roads, irrigation canals and establishment of population centers, have caused deforestation and displacement of mangroves, as in the case of the Biosphere Reserve Pantanos de Centla that from 1990 to 2000 suffered a loss of 1 616 ha of mangroves (Guerra and Ochoa, 2005). In this sense the interruption of surface water flow alters the turnover rate increasing salinity and causing the death of mangrove including *Avicennia germinans* (López and Ezcurra, 2002).

Added to this there is the competition between the mangrove area and the establishment of pastures for livestock use, causing soil drainage for agricultural and livestock expansion. However, it has been found that in areas where natural drainage has been interrupted, there is a large accumulation of salts, particularly NaCl and therefore an increase in pH of the substrate, provoking poor mangrove development and high mortality rate (Gongora, 2005), coupled with losing their capacity for self-regeneration due to intense trampling from livestock and sometimes feed on seedlings and propagules from

suelos para la expansión agrícola y ganadera. Sin embargo, se ha identificado que en zonas donde se ha interrumpido el drenaje natural, ocurre una gran acumulación de cantidades de sales, sobre todo NaCl y por lo tanto un aumento en el pH del sustrato, lo que provoca un mal desarrollo del manglar y una alta mortalidad (Góngora, 2005), aunado a que pierdan su capacidad de auto regeneración debido al pisoteo intenso del ganado y a que en ocasiones se alimentan de los propágulos y plántulas de mangle negro y blanco (Ramírez *et al.*, 2010). Una de las principales razones de la pérdida de manglares es la aplicación de políticas económicas productivistas, orientadas a la obtención de ganancias a corto plazo (Calderón *et al.*, 2009); aunado a que los patrones del cambio de uso del suelo y su cobertura están determinadas por la interacción de factores económicos, ambientales, políticos, sociales y fuerzas tecnológicas en escalas locales a globales (CCSP-LUIWG, 2003).

La sobreexplotación de los recursos y los cambios de uso de suelo, constituyen el eje central sobre la cual debe enfocarse la gestión ambiental del ecosistema manglar, ya que pueden manejarse a nivel regional o local (Uribe, 2009); de igual forma, su conservación y uso sustentable debe enmarcarse en función del nivel de afectación de los distintos agentes potenciales de perturbación (Flores *et al.*, 2007).

Aunque de manera general se han documentado los factores que están contribuyendo a la deforestación del manglar en México, Márquez *et al.* (2005), mencionan que la magnitud de la deforestación varía en función de la región; en particular, del periodo considerado y los métodos empleados para su evaluación. En este sentido, en Tabasco hay pocos estudios a escala local y regional que permitan identificar el impacto que los agroecosistemas tienen sobre la superficie del manglar y por lo tanto determinar su grado de afectación y tendencias, por lo que es necesario generar información que sirva de base para la elaboración de propuestas que coadyuven al manejo sustentable de dicho ecosistema, en este sentido evaluar los cambios de la cobertura vegetal permite estimar el grado de transformación de una región (Espejel *et al.*, 2004).

## Metodología

### Área de estudio

El área de estudio fue integrada por cuatro ejidos del municipio de Cárdenas, Tabasco: El Sinaloa ubicado entre los 18° 18' 50" y 18° 21' 50" de latitud norte y entre los 93°

black and white mangrove (Ramírez *et al.*, 2010). One of the main reasons for the loss of mangroves is the application of productivist economic policies aimed at obtaining short-term gains (Calderón *et al.*, 2009); coupled with changing patterns of land use and its coverage are determined by the interaction of economic, social, environmental, political, and technological forces at local to global scales (CCSP-LUIWG, 2003).

Overexploitation of resources and land use change, are the backbone on which environmental management of mangrove ecosystem should focus, since it can be handled at regional or local level (Uribe, 2009); similarly, its conservation and sustainable use should be framed in terms of the level of affectation from the different potential agents of disturbance (Flores *et al.*, 2007).

Although generally have been documented the factors that are contributing to mangrove deforestation Mexico, Márquez *et al.* (2005) mention that deforestation magnitude varies according to the region; in particular, from the period considered and methods used for its assessment. In this sense, in Tabasco there are few studies at local and regional level that allow to identify the impact of agro-ecosystems have on mangrove area and therefore determine their degree of affectation and trends, so it is necessary to generate information that helps as basis for the development of proposals that contribute to the sustainable management of the ecosystem, in this regard to assess the changes in vegetation cover allow to estimate the degree of transformation of a region (Espejel *et al.*, 2004).

## Methodology

### Study area

The study area was composed of four suburbs from the municipality of Cárdenas, Tabasco: El Sinaloa located between 18° 18' 50" and 18° 21' 50" north latitude and between 93° 42' 10" and 93° 45' 10" west longitude; El Alacran located between 18° 21' 0" and 18° 23' 20" north latitude and between 93° 35' 10" and 93° 42' 10" west longitude; El Golpe located between 18° 18' 20" and 18° 20' 40" north latitude and between 93° 28' 50" and 93° 31' 50" west longitude; and Las Coloradas is located between 18° 18' 30" and 18° 20' 10" north latitude and between 93° 32' 20" and 93° 34' 40" west longitude, with a total area of



42° 10" y 93° 45' 10" de longitud Oeste; El Alacrán ubicado entre los 18° 21' 0" y 18° 23' 20" de latitud Norte y entre los 93° 35' 10" y 93° 42' 10" de longitud Oeste; El Golpe ubicado entre los 18° 18' 20" y 18° 20' 40" de latitud Norte y entre los 93° 28' 50" y 93° 31' 50" de longitud Oeste; y Las Coloradas ubicado entre los 18° 18' 30" y 18° 20' 10" de latitud Norte y entre los 93° 32' 20" y 93° 34' 40" de longitud oeste, con una superficie total de 2 877.04 ha, distribuidas en la costa de Tabasco alrededor de la Laguna Machona (Figura 1), la cual se conecta al Golfo de México a través de una bocana artificial conocida como Boca de Panteones.

El área de estudio forma parte de los humedales costeros de Tabasco, en donde la vegetación dominante son los manglares asociados a condiciones estuarinas (Barba *et al.*, 2006); las especies presentes son: *Avicennia germinans* (mangle negro), *Rhizophora mangle* (mangle rojo), y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco); las cuales crecen sobre suelos Histosoles y Solonchaks (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2011). Las principales actividades económicas en la zona en orden de importancia son: la pesca, la ganadería, y en menor grado las actividades agrícolas.

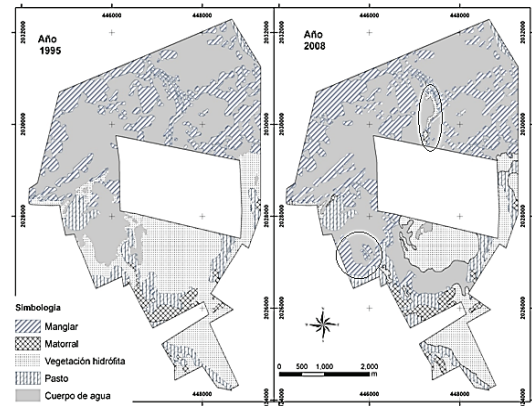
### Análisis e interpretación de ortofotos digitales

Los cambios de cobertura y uso del suelo se analizaron a partir de la interpretación de ortofotos digitales escala 1:20 000 (1995), y 1:10 000 (2008). La generación y manipulación de la información espacial se realizó mediante el uso del Software ArcGis™ versión 9.3/2008. En la construcción de los polígonos ejidales se usaron las coordenadas proporcionadas por el Registro Agrario Nacional del estado. La interpretación se realizó en pantalla en forma visual y con apoyo en trabajo de campo. El uso de suelo y tipos de vegetación se clasificaron de acuerdo a lo descrito por Palma *et al.* (2011): coco, coco-pasto-ganado, cuerpo de agua, manglar, pasto-ganado, suelo desnudo, vegetación hidrófila, pasto halófito, acahual, y matorral. De esta manera fue posible generar los mapas preliminares, a escala 1:10 000, para cada polígono y conocer el perímetro, superficie y clase de uso de suelo. Para cuantificar la superficie por clase de uso suelo se usó el programa Excel 2007.

### Verificación en campo y ajuste de leyenda

La verificación en campo consistió en visitas periódicas a la zona de estudio, con el objeto de revisar la confiabilidad de la interpretación preliminar de las ortofotos. Durante estos recorridos se identificaron los tipos de uso de suelo mediante observaciones directas sobre el terreno y pláticas con los

2 877.04 ha, distributed over the Tabasco coast around the Laguna Machona (Figure 1), which connects to the Gulf of Mexico through an artificial estuary known as Boca de Panteones.



**Figura 1. Distribución de la costa de tabasco alrededor de la Laguna la Machona.**

**Figure 1. Distribution of the Tabasco coast around the Laguna la Machona.**

The study area is part of the coastal wetlands of Tabasco, where the dominant vegetation is associated mangrove to estuarine conditions (Barba *et al.*, 2006); the species are *Avicennia germinans* (black mangrove), *Rhizophora mangle* (red mangrove), and *Laguncularia racemosa* (white mangrove); which grow on Histosols and Solonchaks soils (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2011). The main economic activities in the area in order of importance are: fishing, livestock, and to a lesser extent agricultural activities.

### Analysis and interpretation of digital orthophotos

Coverage and land use changes were analyzed from the interpretation of digital orthophotos scale 1: 20 000 (1995), and 1: 10 000 (2008). The generation and manipulation of spatial information was performed using ArcGis™ Software version 9.3/2008. The coordinates provided by the National Agrarian Registry of the State were used in the construction of the ejido polygons. The interpretation was performed on screen visually and with support of fieldwork. Land use and vegetation types were classified according to that described by Palma *et al.* (2011); coconut, coco-grass-cattle, body of water, mangrove, grass-cattle, bare soil, hydrophilic vegetation, halophyte grass, tall grass and bushes. This way it was possible to generate preliminary maps at scale of 1: 10 000, for each polygon and know the perimeter, area and type of land use. To quantify surface by soil use class, the Excel 2007 program was used.

habitantes de los ejidos. Se tomaron las coordenadas con un geoposicionador marca Garmin modelo Etrex H<sup>TH</sup>, las cuales fueron usadas para los ajustes y correcciones.

## Resultado y discusiones

Se identificaron tres tipos de agroecosistemas aledaños a los manglares, que fueron: coco, coco-pasto-ganado, y pasto-ganado, cuya superficie ocupada mostró variabilidad en el periodo evaluado. En el Cuadro 1 se observa que en 1995 la superficie ocupada por el manglar era de 568.49 ha, la cual en 2008 mostró un incremento de 148.72 ha, sustituyendo parte de la vegetación hidrófila que en 1995 ocupaba 543.48 ha y en 2008 se redujo a 355.10 ha. Asimismo, el agroecosistema pasto-ganado en 1995 ocupaba una superficie de 487.07 ha, y para 2008 perdió 21.19 ha que fueron sustituidas por manglar principalmente. De igual forma en 1995 habían 226 hectáreas del agroecosistema coco que se redujeron para 2008 a 36.37 ha, esto se debe a que 189.73 ha fueron asociadas al agroecosistema coco-pasto-ganado y en algunos casos fue invadido por el manglar principalmente en los ejidos El Sinaloa y El Alacrán, lo cual concuerda con lo reportado por Palma *et al.* (2007), quienes mencionan que en la zona de costa el uso de suelo está basado en el cultivo de coco, sólo o asociado con pasto y manglares.

**Cuadro 1. Superficie ocupada por tipo de uso de suelo en los años 1995 y 2008.**

**Table 1. Area occupied by type of land use in 1995 and 2008.**

Año	Unidad	Cn	Cc	Cpg	Ca	Mg	Pg	Sd	Vh	Ph	Mr	Au	Ah
1995	ha	15.46	226	12.96	887.47	568.49	487.07	1.43	543.48	51	69.31	6.23	8.14
	%	0.54	7.86	0.45	30.85	19.76	16.93	0.05	18.89	1.77	2.41	0.22	0.28
2008	ha	13.93	36.37	179.22	959.62	717.21	465.88	28.77	355.1	41.11	69.39	6.23	4.19
	%	0.48	1.26	6.23	33.35	24.93	16.19	1	12.34	1.43	2.41	0.22	0.15

Cn= camino; Cc=Coco; Cpg=coco-pasto-ganado; Ca= cuerpo de agua; Mg= manglar; Pg= pasto ganado; Sd= suelo desnudo; Vh= vegetación hidrófila; Ph= pasto halófito; Ah= acahual; Mr= matorral; Au= área urbana. Fuente: elaboración propia basada en ortofotos de 1995 y 2008 proporcionadas por INEGI.

En la dinámica de la superficie ocupada por manglar de 1995 a 2008 se observa que el ejido El Golpe tuvo el mayor incremento con 107.28 ha, y en menor proporción los ejidos Las Coloradas, El Alacrán y Sinaloa con 31.2; 7.49 y 2.75 ha respectivamente. Un panorama similar fue reportado por Sol *et al.* (2009), al evaluar el cambio de uso del suelo en la UMAFOR-Costa durante el periodo 2000 a 2007, en donde se identificó un incremento de 97 ha de manglar.

## Field verification and adjustment of legend

Field verification consisted of periodic visits to the study area in order to check the reliability of the preliminary interpretation of orthophotos. During these tours the types of land use through direct field observations and discussions with the inhabitants of the suburbs were identified. The coordinates were taken with a GPS Garmin model Etrex H<sup>TH</sup>, which were used for adjustments and corrections.

## Results and discussion

Three types of agro-ecosystems neighboring the mangroves were identified: coconut, coco-grass-livestock and pasture-cattle, whose area showed variability in the period evaluated. Table 1 shows that in 1995 the area occupied by the mangroves was 568.49 ha and in 2008 showed an increase of 148.72 ha, replacing part of the hydrophilic vegetation that in 1995 occupied 543.48 ha and in 2008 fell to 355.10 ha. Also, the grass-cattle agro-ecosystem in 1995 occupied an area of 487.07 ha, and for 2008 lost 21.19 ha which were replaced by mangrove. Similarly, in 1995 there were 226 hectares of coconut agro-ecosystem which decreased in 2008 to 36.37 ha, this is due to 189.73 ha were associated with coco-grass-livestock agro-ecosystem and

in some cases was invaded by mangrove, mainly in the ejidos El Sinaloa and El Scorpion, which is consistent with that reported by Palma *et al.* (2007), who mentioned that in the coastal area the land use is based on the cultivation of coconut, alone or associated with grass and mangroves.

In the dynamics of area occupied by mangroves from 1995 to 2008 shows that the ejido El Golpe had the largest increase with 107.28 ha, and to a lesser extent the ejidos Las

Es posible que el incremento de la superficie de manglar se debe a que las mareas influyen para que el suelo se convierta en un sustrato adecuado debido a la penetración del agua salada, excluyendo especies que carecen de las adaptaciones necesarias para tolerar dichos ambientes Sánchez *et al.* (1998); tal es el caso de las 188.38 ha de vegetación hidrófila y las 21.19 ha del agroecosistema pasto-ganado que fueron desplazadas por el manglar en el área de estudio. Al respecto conviene decir que la zona ha experimentado un proceso de salinización desde 1975, derivado de la apertura artificial conocida como Boca de Panteones, canales interlagunares, dragados en lagunas y esteros y canalización de acceso a campos petroleros (Zavala, 1988). En una encuesta realizada a los ejidatarios se confirmó que las superficies de suelo que anteriormente se dedicaban a la ganadería ahora están invadidas por vegetación de mangle. De acuerdo con Yáñez-Arancibia *et al.* (2010), los manglares tienen una capacidad de acomodación para contender con mejor éxito, que otros sistemas naturales, al cambio climático global, por lo que es de esperarse que en el área de estudio ya se esté dando dicho proceso.

Las cifras estimadas indican que la superficie de manglar se ha incrementado; sin embargo, al comparar los mapas generados de 1995 y 2008 se comprobó que el manglar ha colonizado nuevas áreas, pero en otras se ha perdido, los círculos negros en la Figura 1 muestran superficies de manglar que desaparecieron en 2008, y otras que se incrementaron. Se estima una pérdida total de 32.9 ha siendo el ejido El Golpe el que presentó la mayor superficie deforestada con 22.6 ha, los ejidos El Alacrán y El Sinaloa perdieron 7.9 ha en conjunto. En 2008, la superficie de manglar perdida en el ejido El Golpe y las Coloradas fue sustituida por matorral, acahual, y vegetación hidrófila, y en el caso de los ejidos el Alacrán y el Sinaloa la sustitución se dio por acción antrópica al crear el agroecosistema coco-pasto-ganado.

Vale la pena destacar que las causas por las que el ejido el Golpe presenta la mayor pérdida podría ser el resultado del aprovechamiento maderable que fue autorizado por la SEMARNAT en 2002, el volumen anual de aprovechamiento de acuerdo al plan de manejo fue de 30 000 m<sup>3</sup>, a ejercer en 10 años (2002-2011), considerando tres especies: 8 250 m<sup>3</sup> de *Rhizophora mangle*, 12 000 m<sup>3</sup> de *Laguncularia racemosa*, y 9 760 m<sup>3</sup> de *Avicennia germinans*, con un diámetro mínimo aprovechable de 10 cm para cualquier especie (Oficio de autorización SGPA/TAB/02.-1383, de fecha 20 de agosto de 2002), en 2008 ya se habían ejercido 22 400 m<sup>3</sup>.

Coloradas, El Alacrán and Sinaloa with 31.2, 7.49 and 2.75 ha respectively. A similar scenario was reported by Sun *et al.*, (2009), assessing the land use change in the UMAFOR-Costa during the period 2000-2007, identifying an increase of 97 ha of mangrove.

It is possible that the increase in mangrove area is due to tides influence so soil becomes a suitable substrate because of salt water intrusion, excluding species that lack the necessary adaptations to tolerate such environments Sánchez *et al.* (1998); such is the case of 188.38 ha of hydrophilic vegetation and 21.19 ha of pasture-cattle agro-ecosystem that were displaced by mangrove in the study area. In this regard it is important to say that the area has undergone a salinization process since 1975, derived from the artificial estuary called Boca de Cementerios, inter-lagoon canals, lagoons dredging and estuaries and channeling access to oil fields (Zavala, 1988). In a survey made landowners it was confirmed that soil surfaces were previously devoted to livestock and now are invaded by mangrove vegetation. According to Yáñez-Arancibia *et al.* (2010), mangroves have an accommodation capacity to contend more successfully than other natural systems to climate change, so it is expected that in the study area such process is already present.

The estimated figures indicate that mangrove area has increased; however, when comparing the generated maps from 1995 and 2008 it was proven that mangrove has colonized new areas, but in others has been lost, the black circles in Figure 1 show mangrove areas that disappeared in 2008, and others increased. It is estimated a total loss of 32.9 ha being the ejido El Golpe which showed the largest deforested area with 22.6 ha, the ejidos El Alacrán and El Sinaloa lost 7.9 ha together. In 2008, the mangrove area lost in the ejido El Golpe and Las Coloradas was replaced by bush, sun flower or tall grass and hydrophyte vegetation, and in the case of ejidos El Alacrán and El Sinaloa the replacement was given by human action creating the coco-grass-livestock agro-ecosystem.

It is worth noting that the causes why the ejido El Golpe has the largest loss could be the result of timber harvesting that was authorized by SEMARNAT in 2002, the annual harvest volume according to the management plan was 30 000 m<sup>3</sup> to exercise in 10 years (2002-2011), considering three species: 8 250 m<sup>3</sup> of *Rhizophora mangle*, 12 000 m<sup>3</sup> of *Laguncularia racemosa*, and 9 760 m<sup>3</sup> of *Avicennia*

No obstante, Flores *et al.* (2007), consideran que el aprovechamiento sustentable del bosque de manglar requiere de técnicas silvícolas con conocimiento de capacidades de carga y de reforestación. Sin embargo, en un estudio realizado por Sol *et al.* (2009), se identificó que pese a los planes de manejo forestal autorizados, en la zona el aprovechamiento de madera no se ha dado de manera regulada ya que no existe rotación de parcelas y se han extraído puntales de 5 cm de diámetro, lo cual limita su regeneración natural y favorece el desarrollo de otro tipo de vegetación. Asimismo, la falta de fuentes de empleo provoca la sobreexplotación del recurso, por lo que es de esperarse que este patrón de explotación se repita a lo largo de las zonas donde la presión demográfica es alta y los medios económicos escasos (López y Ezcurra, 2002). Sin embargo, dichas actividades están protegidas por la Ley de Desarrollo Rural Sustentable que fomenta el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales productivos, que permitan aumentar y diversificar las fuentes de empleo e ingreso (título 1º, artículo 7, párrafo V), aunque no define claramente que es un aprovechamiento sustentable.

En cuanto a la superficie de manglar que se perdió debido al establecimiento del agroecosistema coco-pastizal-ganado, es necesario considerar que el mercado es un factor determinante en la decisión del uso del suelo que realizan los campesinos (Márquez *et al.*, 2005). Sin embargo, se estima que los beneficios económicos que genera el agroecosistema coco-pastizal-ganado asciende a \$15 222 86 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (US \$1 177 48), lo cual es dimensionalmente menor comparado con los beneficios que provee una hectárea de manglar, el mangle rojo mantiene una productividad pesquera de unos 37 mil dólares ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, el aprovechamiento maderable genera beneficios de US \$ 706 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, el valor de la leña como fuente de combustible se estima en US \$11.57 m<sup>3</sup> y de manera general se ha estimado que los servicios ecosistémicos tienen un valor de 1 600 millones de dólares al año (AFE-COHDEFOR/OIMT, 2001; Montiel-Aguirre *et al.*, 2006; Stolk *et al.*, 2006; Aburto-Oropeza *et al.*, 2008).

Aunado a lo anterior, la transformación de superficies de manglar para el establecimiento de agroecosistemas, en parte es resultado del reparto agrario, ya que al asignar suelos inundables aunado a las condiciones de marginación condujeron al relleno y desecación de los mismos como una alternativa para generar bienes de consumo y comercialización, en este sentido el artículo 62 de la Ley

*germinans*, with minimum usable diameter of 10 cm for any species (official authorization SGPA/TAB/02.-1383 dated August 20, 2002), in 2008 had already exercised 22 400 m<sup>3</sup>.

However, Flores *et al.* (2007) considered that the sustainable use of mangrove forest requires of silvicultural techniques with knowledge of load capacity and reforestation. However, in a study by Sun *et al.* (2009) identified that despite the plans approved for forest management, in the area timber harvesting has not been so regulated as there is no rotation of plots and have been drawn struts of 5 cm in diameter, which limited natural regeneration and favors the development of other type of vegetation. Also, the lack of jobs causes overexploitation of the resource, so it is expected that this exploitation pattern is repeated throughout the areas where population pressure is high and scarce economic resources (López and Ezcurra, 2002). However, such activities are protected by the Law of Sustainable Rural Development that promotes sustainable use of productive natural resources, that allow to increase and diversify sources of employment and income (1<sup>st</sup> title, article 7, paragraph V), thought does not define clearly what is a sustainable use.

Regarding the mangrove area that was lost due to the establishment of coco-pasture-cattle agro-ecosystem, it is necessary to consider that the market is a determining factor in the decision of land use that farmers do (Márquez *et al.*, 2005). However, it is estimated that the economic benefits generated by the coco-pasture-livestock agro-ecosystems amounts \$15 222 86 ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (US \$1 177.48), which is dimensionally minor compared to the benefits provided by a hectare of mangrove, red mangrove maintains a fish productivity of about \$37 000 ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, timber harvesting generates profits of US \$ 706 ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, the value of wood as a fuel source is estimated at US \$11.57 m<sup>3</sup> and overall has been estimated that ecosystem services are worth 1 600 million dollars a year (AFE-COHDEFOR/OIMT, 2001; Montiel Aguirre *et al.*, 2006; Stolk *et al.*, 2006; Aburto-Oropeza *et al.*, 2008).

Added to this transformation of mangrove area for the establishment of agro-ecosystems, it is partly a result of land distribution, since assigning flooded soils coupled with the conditions of marginalization led to filling and draining of the same as an alternative to generate goods for consumption and marketing, in this regard article 62 of the Land Law establishes that after land allocation, the farmers will benefit from the use and enjoyment of the same. It is important to consider that the loss in mangrove area causes



Agraria establece que a partir de la asignación de parcelas, corresponderá a los ejidatarios beneficiados los derechos sobre uso y usufructo de las mismas. Es importante considerar que la pérdida en superficie de los manglares ocasiona la fragmentación del ecosistema, y por ende los coloca en un estatus de vulnerabilidad a la flora y fauna que dependen de este ecosistema incluyendo al ser humano.

## Conclusiones

El agroecosistema coco-pasto-ganado influye en el cambio de uso de suelo, debido a que son especies de valor comercial que generan ingresos económicos a comunidades de alta marginación; sin embargo, es posible que mediante el adecuado aprovechamiento de los múltiples recursos que ofrece el manglar se puedan obtener mayores beneficios económicos, sin poner en riesgo su conservación.

Los beneficios económicos obtenidos del agroecosistema coco-pastizal, son mínimos comparados con aquellos que provee el ecosistema manglar.

El incremento de la superficie del manglar encontrada, es resultado de perturbaciones antrópicas que favorecieron un ambiente propicio para su colonización, impactando de manera negativa en el agroecosistema ganado-pastizal.

Los resultados pueden ser alentadores, desde el punto de vista ecológico, ya que las nuevas franjas de manglar sirven de barrera para evitar que la salinización de suelos se introduzca a zonas de uso ganadero; sin embargo, desde el punto de vista económico resulta perjudicial para los productores que tuvieron que abandonar sus tierras para buscar otras fuentes de ingresos.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada, para los estudios doctorales de la primera autora, con número de registro: 200525; al Colegio de Postgraduados que a través de la línea prioritaria de investigación 2, Agroecosistemas Sustentables, otorgó las facilidades para la realización del trabajo de campo.

fragmentation of the ecosystem, and thus places them in a vulnerable status the flora and fauna that depend on this ecosystem including humans.

## Conclusions

The coco-grass-cattle agro-ecosystem influences land use change, because these are commercially valuable species that generate economic income to communities with high marginalization; however, it is possible that through a proper use of the many resources offered by the mangrove it can be obtained greater economic benefits without compromising conservation.

The economic benefits of coconut-pasture agro-ecosystem are minimal compared to those provided by the mangrove ecosystem.

The increase in mangrove area found, is the result of human disturbance that favored an environment for its colonization, impacting negatively on cattle-pasture agro-ecosystem.

The results can be encouraging, from the ecological point of view, since the new mangrove strips provide a barrier to prevent soil salinization into areas used for livestock; However, from an economic point of view it is detrimental for farmers who had to leave their land to seek other sources of income.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Aburto-Oropeza, O.; Ezcurra, E.; Danemann, G.; Valdez, V.; Murray, J. and Sala, E. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. PNAS, National Academy of Sciences of de USA. 105(30):10456-10459.
- Adams, S. R. H. 1999. Recuperación con mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) de áreas impactadas por hidrocarburos y su manejo como agrosilvo-ecosistema en la zona costera de Huimanguillo y Cárdenas, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. M076. México D. F. 214 p.
- AFE-COHDEFOR/OIMT. 2001. Valoración económica de los manglares del golfo de Fonseca, Honduras. Choluteca, Honduras. 136 p.

- Barba, M. E.; Rangel, M. J. y Ramos, R. R. 2006. Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencia*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México. 22(002):101-110.
- Calderón, C.; Aburto O. y Ezcurra, E. 2009. El valor de los manglares. *CONABIO. Biodiversitas*. 82.1-6.
- CCSP-LUIWG: climate change science program-land use interagency working group. 2003. A land use and land cover change Science Strategy. Summary of a Workshop held at the Smithsonian Institution. 20 p.
- Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Manglares de México: extensión y distribución. *Diario Oficial de la Federación*. 2010. Norma Oficial Mexicana 059-2010. México, D. F. 100 p.
- Domínguez-Domínguez, M.; Zavala-Cruz, J. y Martínez-Zurimendi, P. 2011. Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco. México. 137 p.
- Espejel, I. C.; León, G. J.; Fermán, L.; Bocco, F.; Rosete, B.; Graizbord, A.; Castellanos, O. A. y Rodríguez, G. 2004. Planeación del uso del suelo en la región costera del Golfo de California y Pacífico Norte de México. *In: Arriaga, R. (Eds.) El manejo costero en México*. EPOMEX, SEMARNAT, CETYS, Universidad de Quintana Roo. 321-340 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2007. *The world's mangroves 1980-2005*. Roma. 89 p.
- Flores, V. F. J.; Agraz, H. C. y Benítez, P. D. 2007. Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. *In: Sánchez, O.; Herzig, M.; Peters, E.; Márquez, R. y Zambrano, L. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. 1<sup>ra</sup>. Edición. Instituto Nacional de Ecología. México. 294 p.
- Fondo, E. N. and Martens, E. E. 1998. Effects of mangrove deforestation on macrofaunal densities, Gazi Bay, Kenya. *Mangroves and salt marshes*. 2(2):75-83.
- Foroughbakhch, P. R.; Cespedes, C. A. E.; Alvarado, V. M. A.; Núñez, G. A. y Badii, M. H. 2004. Aspectos ecológicos de los manglares y su potencial como fitorremediadores en el Golfo de México. *Ciencia UANL*. 7(2):203-208.
- Gallegos, M. y Botello, A. V. 1988. Petróleo y manglar. Proyecto general: evaluación de los impactos ambientales y sociales de la industria petrolera en el Sureste y Golfo de México. Centro de Ecodesarrollo. Primera Edición. 103 p.
- García-López, E.; Zavala-Cruz, J. y Palma-López, D. J. 2006. Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. *Terra Latinoam*. 34:17-26.
- Góngora, R. F. 2005. Uso del número de árboles por hectárea en el manglar para predecir los sitios de oviposición de los mosquitos costeros. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. 11(001):19-23.
- Guerra, M. V. y Ochoa, G. S. 2005. Evaluación espacio-temporal de la vegetación y uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco (1990-2000). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. México. 59:7-25.
- Jacott, M.; Arias, J. M.; Guzmán, H. I. y Franco, A. 2011. Impactos de la actividad petrolera en la salud humana y el ambiente. Conservation, Food and Health Foundation. Fronteras comunes. Asociación Ecológica Santo Tomas. 36 p.
- Jiménez, J. A. 1999. Ambiente, distribución y características estructurales en los manglares del Pacífico de Centro América: contrastes climáticos. *In: Yáñez-Arancibia, A. y Lara-Domínguez, A. L. (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.
- Landgrave, R. y Moreno-Casasola, P. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación ambiental*. 4:19-35.
- López, P. J. y Ezcurra, E. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Maderas y bosques*. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, México. 8(1):27-51.
- Magaña, R. V. O. 2011. Cambio climático: el reto del siglo. *Investigación Ambiental*. México. 3(1):63-67.
- Márquez, I.; De Jong, E.; Ochoa, G. y Hernández, M. 2005. Estrategias productivas campesinas: un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 21(42):56-72.
- Montiel-Aguirre, G.; Krishnamurthy, L.; Vásquez-Alarcón, A. y Uribe-Gómez, M. 2006. Opciones agroforestales para productores de palma de coco en el estado de Michoacán, México. *Terra Latinoamericana*. 24(4):557-564.
- Olguín, E. J.; Hernández, M. E. y Sánchez-Galván, G. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Rev. Int. Cont. Amb*. 23:139-154.
- Palma-López, D. J.; Vázquez, N. C. J.; Mata, Z. E. E.; López, C. A.; Morales, G. M. A.; Chable, P. R.; Contreras, H. J. y Palma-Cancino, D. Y. 2011. Zonificación de ecosistemas y agroecosistemas susceptibles de recibir pagos por servicios ambientales en la Chontalpa, Tabasco. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Villahermosa, Tabasco, México. 139 p.
- Palma-López, D. J.; Cisneros, D. J.; Moreno, E. C. y Rincón-Ramírez, J. A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPOTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 197 p.
- Ramírez, S. A. F.; Trujillo, S. O.; Zentmyer, R. E. H.; Martínez, R. B.; Sheseña, H. I. M. y Rivas, A. J. 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. 64:12-14.
- Rico, G. V. 1982. *Rhizophora harrisonii* (Rhizophoraceae), un nuevo registro de las costas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 41:63-165.
- Sánchez, P. H.; Ulloa, D. G. A. y Ricardo, A. L. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe Colombiano. Ministerio del Medio Ambiente. Asociación Colombiana de Reforestadores ACOFORE. Organización Internacional de Maderas Tropicales OIMT. Santa Fé de Bogotá Colombia. 224 p.
- Sanjurjo, R. E. y Welsh, C. S. 2005. Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gaceta ecológica*. Instituto Nacional de Ecología. México. 074:55-68.
- Smith, J. H. and Schellinhuber, M. M. 2001. Chapter 19. Vulnerability to climate change and reasons for concern: a synthesis. *In: McCarthy, J.; Canziani, O. N.; Leary, D.; Dokken, K.; White, O. (Eds.) Climate Change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability*. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA. 942 p.

- Sol, S. A.; Zamorano, C. L. F.; Almeida, H. Y.; Hernández, M. G. I. y Shirma, T. E. D. 2009. Estudio regional forestal. Unidad de manejo forestal costa de Tabasco. México. CONAFOR-ECODETA. C. Documento Técnico. 400 p.
- Stolk, M. E.; Verweij, P. A.; Stuij, M.; Baker, C. J. y Osterberg, W. O. 2006. Valoración socioeconómica de los humedales en América Latina y el Caribe. Wetlands International. Los Países Bajos. 36 p.
- Uribe, P. J. y Urrego, G. L. E. 2009. Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar. Aproximación al caso Colombiano. *Gestión y Ambiente*. 12(2):57-71.
- Yáñez-Arancibia, A.; Day, J. W.; Jabob, J. S.; Ibañez, M. C.; Martínez, A. A.; Miranda, A. A.; Tejeda-Martínez, A.; Welsh-Rodríguez, C. M. y Carranza-Edwards, A. 2010. La zona costera en crisis en el Golfo de México, el Caribe y el Mediterráneo. *In*: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.). Impactos del cambio climático sobre la zona Costera. Instituto de Ecología, A. C. (INECOL). Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INESEMARNAT), México. 430 p.
- Zavala, C. J. 1988. Regionalización natural de la zona petrolera de Tabasco. INIREB-División Regional Tabasco. Primera Edición. Villahermosa, Tabasco. 182 p.