

Structure, goods and services of the Mandinga mangrove in Veracruz

Estructura, bienes y servicios del manglar de Mandinga, Veracruz

Edwin I. Paniagua-Cano¹; Diódoro Granados-Sánchez^{1*}; Ro L. Granados-Victorino²

Universidad Autónoma Chapingo, ¹División de Ciencias Forestales, ²Preparatoria Agrícola, km 38.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

*Corresponding author: didorog@hotmail.com, tel.: +52 (595) 952 1500 ext. 5331

Abstract

Introduction: Mangroves are ecosystems that provide goods and services for populations that live on the coasts. Therefore, the permanence of these forests must be ensured.

Objectives: To identify the factors that control the distribution and structure of the mangrove vegetation of the lagoon of Mandinga, Veracruz; the degree of dependence of the inhabitants towards the ecosystem; and the sources of habitat disturbance, which prevent natural regeneration.

Materials and methods: A total of 156 random quarter points were identified on 13 transects of variable length to obtain physiognomic values and importance value index of the species, as well as a general physiognomic profile of the community. Through surveys, villagers recognized goods and services and the main threats to the ecosystem.

Results and discussion: Three mangrove species were zoned according to a water-ground gradient: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L. and *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. *Avicennia germinans* was the species with the greatest value of importance. Land use change, degradation due to discharge of wastewater and pollution due to hydrocarbons and heavy metals were the main negative factors on mangrove.

Conclusion: The restoration of the Mandinga mangrove should consider the formation of mangrove islands; reforestation based on the microclimatic requirements of each species and geomorphology of the site; and conservation of the surrounding vegetation such as the evergreen forest and coastal dunes.

Keywords:

mangle; vegetation structure; degradation; halophytic species; environmental services.

Resumen

Introducción: Los manglares son ecosistemas proveedores de bienes y servicios para las poblaciones que habitan en las costas. Por ello, la permanencia de estos bosques debe asegurarse.

Objetivos: Identificar los factores que controlan la distribución y estructura de la vegetación del manglar de la Laguna de Mandinga, Veracruz; el grado de dependencia de los pobladores hacia el ecosistema; y las fuentes de disturbio del hábitat, que evitan la regeneración natural.

Materiales y métodos: Se identificaron 156 puntos cuadrantes aleatorios sobre 13 transectos de longitud variable para obtener los valores fisonómicos y el índice de valor de importancia de las especies, así como un perfil fisonómico general de la comunidad. A través de encuestas, los pobladores reconocieron los bienes y servicios y las principales amenazas al ecosistema.

Resultados y discusión: Se registraron tres especies de mangles zonificados de acuerdo con un gradiente agua-tierra: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L. y *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. La especie con mayor valor de importancia fue *A. germinans*. Los principales factores negativos sobre el manglar son el cambio de uso de suelo, la degradación por descarga de aguas residuales y la contaminación por hidrocarburos y metales pesados.

Conclusión: La restauración del manglar de Mandinga debe considerar la formación de islas de manglar; reforestación con base en los requerimientos microclimáticos de cada especie y geomorfología del sitio; y la conservación de la vegetación circundante como la selva mediana subcaducifolia y las dunas costeras.

Palabras clave:

mangle; estructura de la vegetación; degradación; especies halófitas; servicios ambientales.

Introduction

Mangroves are composed of evergreen trees that inhabit intertidal zones of tropical and subtropical regions. These trees are halophytic plants that develop on muddy and anaerobic soils, with high incidence of tides, strong winds and high temperatures (Kathiresan & Bingham, 2001). The interaction of these factors often causes that mangroves vegetation shows a zonation relatively defined by the adaptations of the species that are distributed there, as well as by the geomorphology of the site (Hernández-Trejo, Priego-Santander, López-Portillo, & Isunza-Vera, 2006).

In Mexico, mangrove forests occupy a narrow strip on the coasts, characterized by a low specific richness, where the most important species are *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L., *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn and *Conocarpus erectus* L. (López-Portillo & Ezcurra, 2002). Most of the mangroves in the country have been removed in favor of the development of fishing reserves, shrimp farming and oyster farming; paper production and tourism. In addition, with less impact, trunks have been used for construction, branches for firewood, and bark (obtaining tannins) for tanning leather (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2009).

The surface of estuaries in Veracruz represents 7.4 % of the national total, highlighting, at least, 11 relevant zones of lagoon bodies. Among these, the Landing System of Mandinga stands out due to its great territorial extension of more than 3 000 ha and due to the provision of multiple environmental, tourist and fishing services. Given the relevance and constant anthropogenic pressure, the mangrove of the Mandinga Lagoon is considered an ecosystem of biological importance with ecological rehabilitation needs. Therefore, there is a need to know the structure and composition of plant communities, as well as their benefits, to generate management and restoration plans (López-Portillo & Ezcurra, 2002). The restoration of the mangrove should be based on actions that ensure the permanence of the ecosystem along with its inherent goods and services (Carmona-Díaz, Morales-Mávil, & Rodríguez-Luna, 2004).

The objectives of this study were to identify the factors that control the vegetation distribution and structure at the Mandinga mangrove in Veracruz; the degree of dependence of the inhabitants towards the ecosystem; and the sources of habitat disturbance that prevent natural regeneration. The above will serve as a basis for the Mandinga mangrove restoration.

Introducción

Los manglares se componen de árboles perennifolios que habitan en zonas intermareales de regiones tropicales y subtropicales, denominados mangles. Estos árboles son plantas halófitas que se desarrollan en suelos fangosos y anaerobios, con alta incidencia de mareas, vientos fuertes y temperaturas altas (Kathiresan & Bingham, 2001). La interacción de estos factores ocasiona, a menudo, que la vegetación de los manglares presente una zonación relativamente definida por las adaptaciones de las especies que ahí se distribuyen, así como por la geomorfología del sitio (Hernández-Trejo, Priego-Santander, López-Portillo, & Isunza-Vera, 2006).

En México, los bosques de mangle ocupan una franja estrecha en las costas, caracterizada por una baja riqueza específica, donde las especies más importantes son *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L., *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn y *Conocarpus erectus* L. (López-Portillo & Ezcurra, 2002). La mayor parte de los manglares en el país se han eliminado extensivamente en favor del desarrollo de reservas de pesca, camaronicultura y ostricultura, de la producción de papel y del turismo. Además, con menor impacto, se han utilizado los troncos para la construcción, las ramas para leña, y la corteza (obtención de taninos) para el curtido de pieles (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2009).

La superficie de estuarios del estado de Veracruz representa 7.4 % del total nacional, destacando, por lo menos, 11 zonas relevantes de cuerpos lagunares. Entre estos sobresale el Sistema Lagunar de Mandinga por su gran extensión territorial de más de 3 000 ha y por la prestación de múltiples servicios ambientales, turísticos y pesqueros. Dada la relevancia y constante presión antropogénica, el manglar de la Laguna de Mandinga se considera un ecosistema de importancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. Por ello surge la necesidad de conocer la estructura y composición de las comunidades vegetales, así como los beneficios que proveen, para generar planes de manejo y restauración (López-Portillo & Ezcurra, 2002). La restauración del manglar se debe fundamentar en acciones que aseguren la permanencia del ecosistema junto con sus bienes y servicios inherentes (Carmona-Díaz, Morales-Mávil, & Rodríguez-Luna, 2004).

Los objetivos del presente trabajo fueron identificar los factores que controlan la distribución y estructura de la vegetación del manglar de la Laguna de Mandinga, Veracruz; el grado de dependencia de los pobladores hacia el ecosistema; y las fuentes de disturbio del hábitat que evitan la regeneración natural. Lo anterior

Materials and methods

Study area

The Lagoon System of Mandinga is composed of three main bodies of water: Laguna Larga, Laguna Redonda and Laguna Grande de Mandinga, all interconnected by estuaries; Laguna Grande is the furthest from the sea. The lagoon system is located in the eastern coastal plain of Mexico in the central part of Veracruz, between the parallels $19^{\circ} 00' - 19^{\circ} 06' \text{ NL}$ and the meridians $96^{\circ} 02' - 96^{\circ} 06' \text{ WL}$ (Figure 1). The predominant climate is $Aw_2(w)$ warm subhumid. Precipitation in rainy season is from 1 400 to 1 700 mm and in dry season from 125 to 200 mm. Temperature in dry season is between 18 and 27 °C and in rainy season between 22.5 and 33 °C. Average annual temperature is higher than 22 °C and the temperature of the coldest month is higher than 18 °C (García, 1990). The most abundant type of vegetation is the mangrove that is in the border of the lagoon, as well as in the propitiated (artificial) islands within the mangrove. The area occupied by the mangrove is approximately 428 ha. The types of soils that predominate are Vertisol (70 %), Regosol (15.2 %) and Gleysol (14.8 %) (Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias [INIFAP] & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 1995).

servirá como base para la restauración del manglar Laguna de Mandinga.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Sistema Lagunar de Mandinga se compone de tres cuerpos de agua principales: Laguna Larga, Laguna Redonda y Laguna Grande de Mandinga, todas interconectadas por esteros; Laguna Grande es la más alejada del mar. El sistema lagunar se ubica en la planicie costera oriental de México en la parte centro del estado de Veracruz, entre los paralelos $19^{\circ} 00' - 19^{\circ} 06' \text{ LN}$ y los meridianos $96^{\circ} 02' - 96^{\circ} 06' \text{ LO}$ (Figura 1). El clima predominante es $Aw_2(w)$ cálido subhúmedo. La precipitación en la temporada de lluvias es de 1 400 a 1 700 mm y en secas de 125 a 200 mm. La temperatura en época de secas se encuentra entre 18 y 27 °C y en época de lluvias entre 22.5 y 33 °C. La temperatura media anual es mayor de 22 °C y la temperatura del mes más frío es mayor de 18 °C (García, 1990). El tipo de vegetación más abundante es el manglar que se encuentra en el margen de la laguna, así como en las islas propiciadas (artificiales) dentro de esta. La superficie ocupada por el manglar es de 428 ha aproximadamente. Los tipos de suelos que predominan son el Vertisol (70 %), Regosol (15.2 %) y Gleysol (14.8 %).

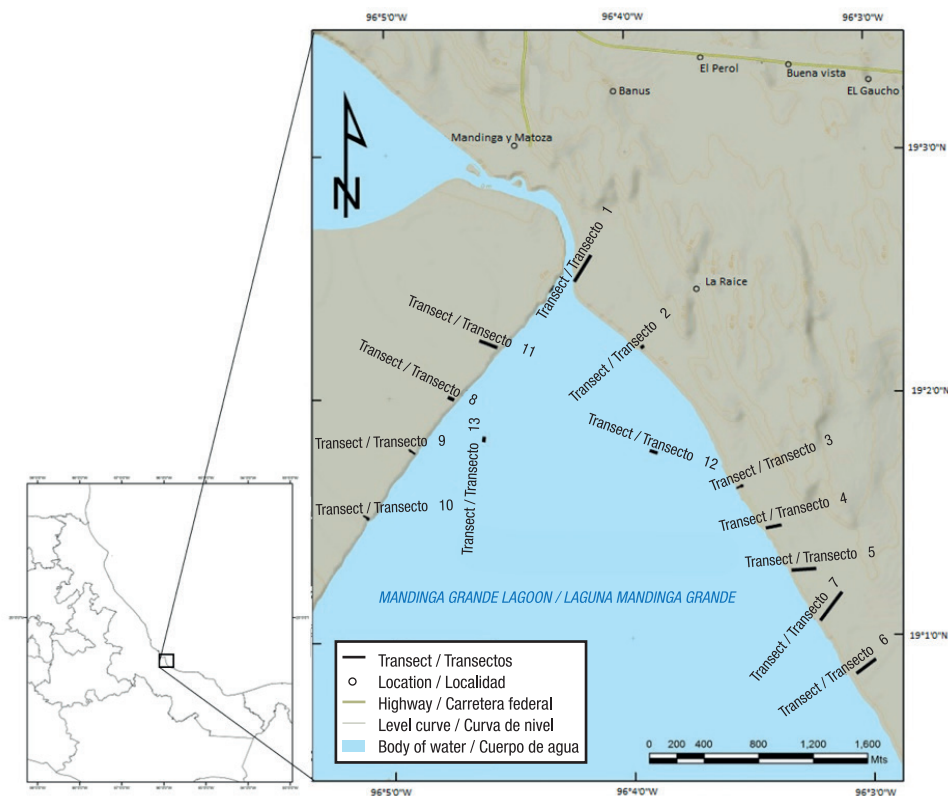


Figure 1. Location of the study area. Transects carried out in the Laguna Grande of Mandinga Veracruz, Mexico.
Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. Transectos realizados en la Laguna Grande de Mandinga en estado de Veracruz, México.

Characterization of the vegetation

The structure of vegetation was described based on the values of frequency, abundance and dominance of each of the tree species, which were obtained using the point-centered quarter method (Cottam & Curtis, 1956), modified for mangroves by Cintron and Schaeffer-Novelli (1983). This method does not involve the use of a specific area (sampling plots) and considers only the distance between trees, which is an advantage when studying areas are difficult to access, because it simplifies field work without affecting the reliability of the results (Agráz, Noriega, López, Flores, & Jiménez, 2006; Mitchell, 2007). There were 13 random points on transects of 25 to 250 m in length, depending on the size of the mangrove strip, of which 11 were located around the lagoon and two more on artificial islands within the mangrove (Figure 1); a total of 156 sampling points were obtained.

Trees with a diameter at breast height (DBH) ≥ 2.5 cm were taken as reference. The species to which they belonged, distance to the central point, distance to the lagoon, height and DBH were recorded for each tree; in *R. mangle*, the DBH was measured 30 cm above the wading roots. The height of the trees was obtained using a Haga gun. The relative importance value was estimated (Agráz et al., 2006) from the relative value of the structural variables (frequency, abundance and dominance).

Diagnosis of goods and services

To describe the dependence of the populations on the Mandinga mangrove and the factors that affect the ecosystem, 20 fishermen aged between 55 and 75 years old, from the communities surrounding the lagoon were interviewed. With the information gathered, the most relevant environmental goods and services for the inhabitants were identified according to the declared preference (Romo-Lozano, López-Upton, Vargas-Hernández, & Ávila-Angulo, 2017). The information was homologated with the nomenclature proposed by Sanjurjo and Welsh (2005), for the total economic value method.

Results and Discussion

Characterization of vegetation

The mangrove forest of the Mandinga Lagoon has an area of 460 ha (Moreno et al., 2002). The tree stratum is composed of *A. germinans*, *L. racemosa* and *R. mangle*, with abundant epiphytic bromeliads such as *Tillandsia fasciculata* Sw. and *T. polystachia* (L.) L. As scarce elements within the mangrove we found *Pachira aquatica* Aubl. and *Annona glabra* L., trees that develop in areas of lower salinity of the wetland, in addition to several species

(Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias [INIFAP] & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 1995).

Caracterización de la vegetación

La estructura de la vegetación se describió con base en los valores de frecuencia, abundancia y dominancia de cada una de las especies arbóreas, los cuales se obtuvieron con el método de cuadrantes centrados en un punto (Cottam & Curtis, 1956), modificado para manglares por Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983). Este método no involucra el uso de un área específica (parcelas de muestreo) y considera solo la distancia entre árboles, lo cual es una ventaja al estudiar zonas con acceso difícil, pues simplifica el trabajo en campo sin afectar la confiabilidad de los resultados (Agráz, Noriega, López, Flores, & Jiménez, 2006; Mitchell, 2007). Se tuvieron 13 puntos aleatorios sobre transectos de 25 a 250 m de longitud, dependiendo del tamaño de la franja del manglar, de los cuales 11 fueron ubicados alrededor de la laguna y dos más en islas artificiales dentro de ella (Figura 1); en total se tuvieron 156 puntos de muestreo.

Los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 2.5 cm se tomaron como referencia. Para cada árbol, se registró la especie a la que pertenecían, la distancia al punto central, la distancia a la laguna, la altura y el DAP; en *R. mangle*, el DAP se midió 30 cm arriba de las raíces zancudas. La altura de los árboles se obtuvo utilizando una pistola Haga. A partir del valor relativo de las variables estructurales (frecuencia, abundancia y dominancia) se calculó el valor de importancia relativa (Agráz et al., 2006).

Diagnóstico de los bienes y servicios

Para describir la dependencia de las poblaciones al manglar de Mandinga y los factores que afectan al ecosistema, se realizaron entrevistas abiertas a 20 pescadores con edad entre 55 y 75 años, procedentes de las comunidades circundantes a la laguna. Con la información recabada se identificaron los bienes y servicios ambientales más relevantes para los pobladores de acuerdo con la preferencia declarada (Romo-Lozano, López-Upton, Vargas-Hernández, & Ávila-Angulo, 2017). La información se homologó con la nomenclatura propuesta por Sanjurjo y Welsh (2005), para el método de valor económico total.

Resultados y discusión

Caracterización de la vegetación

El bosque de mangle de la Laguna de Mandinga presenta una superficie de 460 ha (Moreno et al., 2002). El estrato arbóreo está compuesto por *A. germinans*,

of *Cyperus* L. The herbaceous stratum is limited, due to the conditions of flooding and high salinity; however, some individuals of *Batis maritima* L., of the fern *Acrostichum aureum* L., developed, being more abundant in disturbed areas (clear), and of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. in the periphery of the mangrove. In turn, in the most shallow and open portions, the herbaceous layer is more abundant and is composed of *B. maritima*, *C. dactylon*, *Distichlis spicata* (L.) Greene and *Portulaca pilosa* L., as representative elements.

Three associations were recorded in the mangrove: a) edge, dominated in the tree layer by *R. mangle* and *A. germinans*; b) basin or internal, dominated by *A. germinans* and *L. racemosa*; and c) island, with the presence of *R. mangle*, *A. germinans* and *L. racemosa*. These species are zoned in a gradient given by the level of flood or salinity, where each one is distributed in its physiological optimum: *R. mangle* has greater contact with water, *A. germinans* supports periodic floods and *L. racemosa* is located in solid ground (Figure 2). On the other hand, zoning is a multifactorial process that cannot be attributed exclusively to the physiological response, to flood or salinity; on the contrary, it could be a joint consequence coupled with the morphology of seedlings, where those with longer hypocotyls can be established in deeper water (López-Portillo & Ezcurra, 2002).

The density of the Mandinga mangrove was 721 trees·ha⁻¹; *A. germinans* was the most abundant species with 384 trees·ha⁻¹ (46.9 %), followed by *R. mangle* with 170 trees·ha⁻¹ (26.7 %) and 167 trees·ha⁻¹ of *L. racemosa* (26.5 %). The density is low compared to other areas of the country, since densities have been recorded in the lagoon of Cuytlán (Téllez & Valdez, 2010) and Juluápan (Jiménez & González, 1996), both in

L. racemosa y *R. mangle*, acompañados de abundantes bromeliáceas epífitas como *Tillandsia fasciculata* Sw. y *T. polystachia* (L.) L. Como elementos escasos dentro del manglar se encuentran *Pachira aquatica* Aubl. y *Annona glabra* L., árboles que se desarrollan en las zonas de menor salinidad del humedal, además de varias especies de *Cyperus* L. El estrato herbáceo es limitado, debido a las condiciones de inundación y alta salinidad; sin embargo, se desarrollan algunos individuos de *Batis maritima* L., del helecho *Acrostichum aureum* L., siendo este más abundante en zonas perturbadas (claros), y de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. en la periferia del manglar. A su vez, en las porciones más someras y abiertas, el estrato herbáceo es más abundante y está compuesto por *B. maritima*, *C. dactylon*, *Distichlis spicata* (L.) Greene y *Portulaca pilosa* L., como elementos representativos.

Se registraron tres asociaciones en el manglar: a) de borde, dominado en el estrato arbóreo por *R. mangle* y *A. germinans*; b) de cuenca o interno, dominado por *A. germinans* y *L. racemosa*; y c) de isla, con la presencia de *R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa*. Estas especies se encuentran zonificadas en un gradiente dado por el nivel de inundación o de salinidad, donde cada una se distribuye en su óptimo fisiológico: *R. mangle* tiene mayor contacto con agua, *A. germinans* soporta inundaciones periódicas y *L. racemosa* se ubica en tierra firme (Figura 2). Por otro lado, la zonación es un proceso multifactorial que no se puede atribuir exclusivamente a la respuesta fisiológica, a la inundación o la salinidad; por lo contrario, podría ser una consecuencia conjunta aunada a la morfología de las plántulas, donde las que tienen hipocótilo más largo pueden establecerse en aguas más profundas (López-Portillo & Ezcurra, 2002).

La densidad del manglar de Mandinga fue de 721 árboles·ha⁻¹; *A. germinans* fue la especie más abundante



Figure 2. General physiognomic profile of the mangrove of the Mandinga Lagoon in Veracruz.
Figura 2. Perfil fisonómico general del manglar de la Laguna de Mandinga en Veracruz.

the state of Colima, and in the Centla's swamps, Tabasco (Corella et al., 2001), where contrary to that recorded in Mandinga, the most abundant and dominant species, regarding the basal area, was *R. mangle*.

Despite the low density of Mandinga mangrove trees, the basal area of the species per hectare is higher than that reported in the lagoon of Juluápan (Jiménez & González, 1996). *Avicennia germinans* had the highest value with 14.4 m²·ha⁻¹ followed by *L. racemosa* and *R. mangle* with 2.3 m²·ha⁻¹ and 1.5 m²·ha⁻¹, respectively. The relationship between the basal area and the low density is indicative of the vegetation in a mature stage (Turner & Corlett, 1996), since the area of the stems is the reflection of a greater coverage in the canopy, which regulates and decreases the development of new individuals and saplings; therefore, lower densities were recorded.

Regarding the vertical structure, the average height of the canopy was 7.7 ± 3.2 m, with an upper stratum between 12 and 15 m high; *A. germinans* was the emergent species. The medium and higher density stratum is composed of *A. germinans* and *L. racemosa* with a height between 7 and 10 m and the low stratum is represented mainly by *R. mangle* with heights of less than 5 m.

According to Table 1, the species with the highest relative importance value was *A. germinans*, reducing its incidence towards extremes; that is, at the edge of the lagoon and towards the mainland. This is due to the fact that *A. germinans* is the most frequent species in the community and higher density, since the flood zone, the transition between the mainland and the edge of the lagoon, is the one with the greatest area. *Laguncularia racemosa* is the most affected in loss of plant cover because it is on the edge towards mainland, together with the fact that the strip between water and mainland, where *R. mangle* predominates, is very thin. This differs from that described in other areas of the country, where the dominant species is *R. mangle* or *L. racemosa*, but not *A. germinans* (Corella et al., 2001; Téllez & Valdez, 2010; Zaldívar, Herrera, Coronado, & Alonzo, 2004). Because the mangrove species are regionalized by certain levels of flood and salinity, the density of each of them is related to the topographic / hydrological (geomorphological) space available for their development (Hernández-Trejo et al., 2006).

The islands located in Laguna Grande de Mandinga are propitious; the substrate used is a combination of oyster shells (stacked to serve as a basis for new oysters), mainly, and mud sludge, product of dredging by the opening of channels for boats. This has worked as a successful case of restoration for the Mandinga mangrove. These islands were generated near

con 384 árboles·ha⁻¹ (46.9 %), seguido por *R. mangle* con 170 árboles·ha⁻¹ (26.7 %) y 167 árboles·ha⁻¹ de *L. racemosa* (26.5 %). La densidad es baja en comparación con otras zonas del país, pues se han registrado densidades mayores en las lagunas de Cuyutlán (Téllez & Valdez, 2010) y Juluápan (Jiménez & González, 1996), ambas en el estado de Colima, y en los Pantanos de Centla, Tabasco (Corella et al., 2001), donde contrario a lo registrado en Mandinga, la especie más abundante y dominante, con respecto al área basal, fue *R. mangle*.

A pesar de la baja densidad de individuos del manglar de Mandinga, el área basal de las especies por hectárea, es mayor que la reportada en la Laguna de Juluápan (Jiménez & González, 1996). La especie *A. germinans* tuvo el valor más elevado con 14.4 m²·ha⁻¹ seguida de *L. racemosa* y *R. mangle* con 2.3 m²·ha⁻¹ y 1.5 m²·ha⁻¹, respectivamente. La relación existente entre el área basal y la baja densidad es un indicativo de la vegetación en un estadio maduro (Turner & Corlett, 1996), pues el área de los tallos es el reflejo de una mayor cobertura en el dosel, lo cual regula y disminuye el desarrollo de nuevos individuos y árboles jóvenes; por ende, se registraron densidades menores.

En cuanto a la estructura vertical, la altura promedio del dosel fue 7.7 ± 3.2 m, con un estrato superior entre 12 y 15 m de altura, siendo *A. germinans* la especie emergente. El estrato medio y de mayor densidad está compuesto por *A. germinans* y *L. racemosa* con una altura entre 7 y 10 m y el estrato bajo está representado principalmente por *R. mangle* con alturas menores de 5 m.

De acuerdo con el Cuadro 1, la especie con valor de importancia relativa más alto fue *A. germinans*, reduciendo su incidencia hacia los extremos; es decir, en el borde de la laguna y hacia tierra firme. Esto se debe a que *A. germinans* es la especie más frecuente en la comunidad y con mayor densidad, pues la zona inundable, transición entre la tierra firme y el borde de la laguna, es la de mayor superficie. A su vez, *L. racemosa* es la más afectada en pérdida de cobertura vegetal por encontrarse en el borde hacia tierra firme, aunado a que la franja entre el agua y tierra firme, donde habita preferentemente *R. mangle*, es muy delgada. Esto difiere de lo descrito en otras zonas del país, donde la especie dominante es *R. mangle* o *L. racemosa*, pero no *A. germinans* (Corella et al., 2001; Téllez & Valdez, 2010; Zaldívar, Herrera, Coronado, & Alonzo, 2004). Debido a que las especies de mangle se encuentran regionalizadas por ciertos niveles de inundación y salinidad, la densidad de cada una de ellas está relacionada con el espacio topográfico / hidrológico (geomorfológico) disponible para su desarrollo (Hernández-Trejo et al., 2006).

Las islas ubicadas en Laguna Grande de Mandinga son propiciadas; el sustrato utilizado es una combinación

Table 1. Vegetation structural values of the Mandinga Lagoon, Veracruz.**Cuadro 1. Valores estructurales de la vegetación de la Laguna de Mandinga, Veracruz.**

| Species / Especie | Density (trees·ha ⁻¹) / Densidad (individuos·ha ⁻¹) | Relative density (%) / Densidad relativa (%) | Relative dominance (%) / Dominancia relativa (%) | Relative frequency (%) / Frecuencia relativa (%) | RIV (%) / VIR (%) |
|------------------------------|---|---|---|---|----------------------|
| <i>Rhizophora mangle</i> | 170.1 | 26.7 | 12.7 | 29.0 | 22.8 |
| <i>Avicennia germinans</i> | 384.2 | 46.9 | 62.2 | 45.4 | 51.5 |
| <i>Laguncularia racemosa</i> | 167.1 | 26.5 | 25.1 | 25.6 | 25.7 |

RIV: Relative importance value

VIR: Valor de importancia relativa

the mangrove edge 30 years ago, approximately, in the northeast-southeast and northwest-west of the lagoon. The vegetal association corresponds to island mangrove where the three species in question coexist.

The opening of a new space within the lagoon implies the rapid colonization and competition of mangrove species, since the ecological succession of the mangroves is determined by a relationship of tolerance; the species that support the high degree of salinity and flood are those that are established and distributed according to the limit of resistance to environmental factors. Therefore, there is no succession of floristic relay, since mangroves are pioneer trees and, at the same time, components of mature vegetation in these ecosystems (Febles, Novelo, & Batllori, 2009; Sánchez-Páez et al., 2000).

Diagnosis of goods and services

Direct (extractive and non-extractive) and indirect uses of the mangrove forest in the Laguna Grande of Mandinga were identified. Among the extractive uses we found self-consumption of wood of *A. germinans* and *L. racemosa* used for firewood and fences; construction of tools and homes; tourism infrastructure (docks); and elaboration of traps for shrimp fishing. The wood is not commercialized and there is no silvicultural management. With regard to *R. mangle*, its organs are used for medicinal purposes. Regarding non-extractive benefits, the inhabitants affiliated to the cooperative of boatmen of the Mandinga Lagoon carry out ecotourism tours, providing information on the ecological and economic importance of the ecosystem and mangrove and island, birds and fishing techniques are shown.

Among the indirect benefits; that is, goods and services that are obtained through the functions of the ecosystem (Sanjurjo & Welsh, 2005), one of the

de conchas de ostiones (apiladas para servir de base a nuevos ostiones), principalmente, y azolve de los lodos, producto de los dragados por la apertura de canales para las embarcaciones. Esto ha funcionado como un caso exitoso de restauración para el manglar de Mandinga. Dichas islas fueron generadas cerca del manglar de borde hace 30 años, aproximadamente, en la parte noreste-sureste y noroeste-oeste de la laguna. La asociación vegetal corresponde a manglar de isla en donde conviven las tres especies en cuestión.

La apertura de un nuevo espacio dentro de la laguna implica la colonización rápida y la competencia de las especies de mangle, ya que la sucesión ecológica de los manglares está determinada por una relación de tolerancia; las especies que soportan el alto grado de salinidad y la inundación son las que se establecen y distribuyen de acuerdo con el límite de resistencia a los factores ambientales. Por consiguiente, no existe una sucesión de tipo relevo florístico, pues los mangles son árboles pioneros y, a la vez, componentes de la vegetación madura en estos ecosistemas (Febles, Novelo, & Batllori, 2009; Sánchez-Páez et al., 2000).

Diagnóstico de los bienes y servicios

Los usos directos (extractivos y no extractivos) e indirectos del bosque de mangle en la Laguna Grande de Mandinga fueron identificados. Entre los usos extractivos se encuentra el autoconsumo de madera de *A. germinans* y *L. racemosa* utilizada para leña y cercas; construcción de herramientas y viviendas; infraestructura turística (muelles); y elaboración de trampas (tapos) para pesca de camarón. La madera no se comercializa y no hay manejo silvícola. Con respecto a *R. mangle*, sus órganos se utilizan con fines medicinales. En cuanto a los beneficios no extractivos, los habitantes afiliados a la cooperativa de lancheros de la Laguna de Mandinga realizan recorridos ecoturísticos, en los

most notable is the fishery for self-consumption of the residents and sale to the tourism sector. This semi-controlled activity is carried out exclusively by the fishermen's cooperative, throughout the year, mainly from June to October, with the exception of the closed season that goes from May to July for the case of crystal shrimp (*Penaeus* sp.), crab (*Callinectes similis* Williams) and oyster (*Crassostrea virginica* [Gmelin]). The closure season of sea bass (*Centropomus parallelus* Poey) is only for 15 days in May, during the breeding period. In addition to these species, seabream (*Diplodus* sp.), lebrancha (*Mugil* sp.) and catfish (*Bagre* sp.) are also fished.

Environmental services are also indirect values of great relevance; however, at present, a fully formed market cannot be recognized. With respect to these services, it has been determined that carbon content in soils with mangrove vegetation is higher than in soils from other types of vegetation, thus releasing less carbon than the rest of the forest ecosystems (Moreno, Guerrero, Gutiérrez, Ortiz, & Palma, 2002; Valdés et al., 2011). On the other hand, when filtering wastewater, the mangrove has the capacity to reduce the load of organic matter, which it uses in its natural processes; in addition, it removes contaminants and promotes the movement of nutrients (Foroughbakhch, Céspedes, Alvarado, Núñez, & Badii, 2004). The mangrove also controls soil erosion and acts as a protective barrier for coasts or populations, reducing the speed of wind and tides in the case of hurricanes and northerly winds (Sanjurjo & Welsh, 2005). In addition to this, mangroves are feeding, refuge, breeding and nesting areas for a large number of animal species, both aquatic and terrestrial (Sanjurjo & Welsh, 2005).

Table 2 shows the disturbance factors in the Mandinga mangrove. Although the Mandinga Lagoon System is a source of wealth and wellbeing for society, the mangrove is under constant disturbance due to intensive and extractive activities such as fishing, shrimp farming, tourism and livestock, apparently with greater profits, leaving aside the potential as a provider of indirect goods and services (Moreno et al., 2002). The constant disturbance that destroys the Mandinga mangrove is basically due to economic activities outside a territorial ordering scheme, such as: human, tourist, hotel, industrial, oil and fishing settlements (Botello, 2005; Guzmán, Villanueva, & Botello, 2005; Olguín, Hernández, & Sánchez, 2007; Ponce & Botello, 2005). These activities cause severe damage to both the vegetation and the lagoon ecosystem, mainly due to the degradation of sand dunes, silting, the discharge of wastewater and the alteration of the water flow.

The strip of arboreal vegetation goes from 30 to 400 m from the coastal body to the mainland and corresponds exclusively to the mangrove, since the transition to

cuales se brinda información sobre la importancia ecológica y económica del ecosistema y se muestran manglar de borde y de isla, aves y técnicas de pesca.

Entre los beneficios indirectos; es decir, bienes y servicios que se obtienen a través de las funciones del ecosistema (Sanjurjo & Welsh, 2005), uno de los más notables es la pesquería para autoconsumo de los pobladores y venta al sector turístico. Esta actividad semicontrolada se realiza exclusivamente por la cooperativa de pescadores, durante todo el año, principalmente de junio a octubre con excepción de los meses de veda que van de mayo a julio para el caso del camarón cristal (*Penaeus* sp.), jaiba (*Callinectes similis* Williams) y ostión (*Crassostrea virginica* [Gmelin]). El róbalo (*Centropomus parallelus* Poey) solo entra en veda durante 15 días en mayo, en el periodo de reproducción. Además de estas especies también se pescan mojarra (*Diplodus* sp.), lebrancha (*Mugil* sp.) y bagre (*Bagre* sp.).

Los servicios ambientales también son valores indirectos de gran relevancia; sin embargo, en la actualidad, no se puede reconocer un mercado completamente formado. Con respecto a dichos servicios se ha determinado que el contenido de carbono en los suelos con mangle es mayor que en los suelos de otros tipos de vegetación, liberando así menos carbono que el resto de los ecosistemas forestales (Moreno, Guerrero, Gutiérrez, Ortiz, & Palma, 2002; Valdés et al., 2011). Por otra parte, en el filtrado de aguas residuales, el manglar tiene la capacidad de disminuir la carga de materia orgánica, la cual utiliza en sus procesos naturales; además, remueve contaminantes y promueve el movimiento de nutrientes (Foroughbakhch, Céspedes, Alvarado, Núñez, & Badii, 2004). El manglar también controla la erosión del suelo y funciona como barrera protectora de las costas o poblaciones reduciendo la velocidad del viento y mareas en el caso de huracanes y nortes (Sanjurjo & Welsh, 2005). Aunado a esto, los manglares son zonas de alimentación, refugio, reproducción y anidación de gran número de especies animales, tanto acuáticas como terrestres (Sanjurjo & Welsh, 2005).

El Cuadro 2 contiene los factores de disturbio en el manglar de Mandinga. A pesar de que el Sistema Lagunar Mandinga es una fuente de riqueza y bienestar para la sociedad, el manglar se encuentra bajo disturbio constante por actividades intensivas y extractivas como la pesquería, camaronicultura, turismo y ganadería, aparentemente con mayores ganancias, dejando de lado el potencial como proveedor de bienes y servicios indirectos (Moreno et al., 2002). El disturbio constante que asola al manglar de Mandinga se debe básicamente a las actividades económicas fuera de un esquema de ordenamiento territorial, tales como: asentamientos humanos, turísticas, hoteleras, industriales, petroleras y pesqueras (Botello, 2005; Guzmán, Villanueva, & Botello, 2005; Olguín, Hernández, & Sánchez, 2007;

Table 2. Disturbance factors of the Mandinga mangrove in Veracruz.
Cuadro 2. Factores de disturbio del manglar de Mandinga, Veracruz.

| Effect of disturbance/ Efecto del disturbio | Type of disturbance/ Tipo de disturbio | Disturbance factor/ Factor de disturbio |
|--|--|---|
| Conversion/Conversión | Land use change/Cambio de uso de suelo | a) Urban development/Desarrollo urbano |
| | | b) Agricultural expansion/Expansión agrícola |
| | | c) Livestock/Ganadería |
| Degradation/Degradación | Pollution/Contaminación | a) Wastewater discharge/ Descarga de aguas residuales |
| | | b) Dredging/Dragado |
| | | c) Introduction of exotic species/ Introducción de especies exóticas |
| | | d) Dumping of oils and fuel produced by boats/Vertimiento de aceites y gasolina producido por lanchas |
| | | e) Use of agrochemicals and fertilizers from agriculture/Usos de agroquímicos y fertilizantes provenientes de la agricultura |
| | | f) Heavy metals in sediments and water (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb and Zn)/Metales pesados en sedimentos y agua (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn) |
| | | g) Oil spill/Derrame de petróleo |
| | Tourism/Turismo | a) Pollution by solid waste/ Contaminación por residuos sólidos |
| | Alteration of hydrological flows/ Alteración de flujos hidrológicos | a) Opening of channels and roads/ Apertura de canales y caminos |
| | Harvesting/Explotación | a) Timber harvesting for different uses/ Extracción de madera para diversos usos |

tropical sub-deciduous forest was removed as a whole, due to the change of land use by agriculture and intensive livestock. *Laguncularia racemosa* was the most affected species because it develops in the outermost area of the mangrove.

Conclusions

The strip of the Mandinga mangrove reaches a maximum of 400 m from the lagoon to the mainland; however, the average thickness of the strip is less than 100 m and there is low tree density. Because the inhabitants of the lagoon depend directly and indirectly on the mangrove species, it is necessary to improve the conditions of the wetland in order to conserve and even increase the benefits that the ecosystem provides. The restoration of the Mandinga mangrove should consider the formation of mangrove islands using shells and mud from dredging as has already been done; reforestation based on zoning, taking into account the microclimatic

Ponce & Botello, 2005). Dichas actividades provocan daños severos tanto en la vegetación como en el ecosistema lagunar, principalmente por efecto de la degradación de las dunas de arena, el azolve, la descarga de aguas residuales y la alteración del flujo de agua.

La franja de vegetación arbórea va de 30 a 400 m del cuerpo costero hacia tierra firme y corresponde exclusivamente al manglar, ya que la transición a selva mediana subcaducifolia fue eliminada en su totalidad, debido al cambio de uso de suelo por agricultura y la ganadería intensiva. La especie más afectada ha sido *L. racemosa* por desarrollarse en la zona más externa del manglar.

Conclusiones

La franja del manglar de Mandinga alcanza un máximo de 400 m desde la laguna a tierra firme; sin embargo, el promedio de espesor de la franja es menor de

requirements of each species and geomorphology; in addition, it should promote the conservation of the surrounding vegetation of the mangrove forest, such as the tropical sub-deciduous forest and the coastal dunes.

End of English version

References / Referencias

- Agráz, H. C., Noriega, T. R., López, P. J., Flores, V. F. J., & Jiménez, Z. J. J. (2006). *Guía de campo. Identificación de los manglares en México*. México: Universidad Autónoma de Campeche.
- Botello, A. V. (2005). Características, composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo. In A. V. Botello, J. Rendón-Von Osten, & H. C. Agráz (Eds.), *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias* (2.ª ed., pp. 261–268). México: Universidad Autónoma de Campeche-Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto Nacional de Ecología.
- Carmona-Díaz, G., Morales-Mávil, J. E., & Rodríguez-Luna, E. (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. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61709901>
- Cintrón, G., & Schaeffer-Novelli, Y. (1983). *Introducción a la ecología del manglar*. Montevideo, Uruguay: UNESCO.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2009). *Manglares de México: extensión y distribución* (2.ª ed.). México: Autor.
- Corella, J. F., Valdez, H. J. I., Cetina A. V. M., González, C. F., Trinidad S. A., & Aguirre, R. J. R. (2001). Estructura forestal de un bosque de mangles en el norte del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México*, 26(90), 73–102.
- Cottam, G., & Curtis, J. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 32(2), 172–229. Retrieved from <http://www.geobotany.uaf.edu/teaching/biol474/journals/Cottam1956v37n3.pdf>
- Febles, P. J. L., Novelo, L. J., & Batllori S. E. (2009). Pruebas de reforestación de mangle en una Ciénega costera semiárida de Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 15(3), 65–86. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712009000300004
- Foroughbakhch, R., Céspedes, A., Alvarado, M. A., Núñez, M. A., & Badii, M. (2004). Aspectos ecológicos de los manglares y su potencial como fitorremediadores en el golfo de México. *Ciencia UANL*, 7(2), 203–208. Retrieved from http://eprints.uanl.mx/1414/1/art_manglares.pdf
- García, E. (1990). Carta de climas, Atlas Nacional de México. México: Instituto de Geografía, UNAM. Retrieved

100 m y hay baja densidad arbórea. Debido a que los habitantes de la laguna dependen de manera directa e indirecta de las especies de mangle, es necesario mejorar las condiciones del humedal para conservar e incluso aumentar los beneficios que el ecosistema brinda. La restauración del manglar de Mandinga debe considerar la formación de islas de manglar con conchas y lodos procedentes de los dragados como ya se ha realizado; reforestación basada en zonación, tomando en cuenta los requerimientos microclimáticos de cada especie y la geomorfología; además, debe promover la conservación de la vegetación circundante del manglar como la selva mediana subcaducifolia y las dunas costeras.

Fin de la versión en español

- March 15, 2017, from <http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/atlas.php>
- Guzmán, A. P., Villanueva, S. F., & Botello, A. V. (2005). Metales en tres lagunas costeras del estado de Veracruz. In A. V. Botello, J. Rendón-Von Osten, & H. C. Agráz (Eds.), *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias* (2.ª ed., pp. 361–372). México: Universidad Autónoma de Campeche-Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto Nacional de Ecología.
- Hernández-Trejo, H., Priego-Santander, A., López-Portillo, J., & Isunza-Vera, E. (2006). Los paisajes físico-geográficos de los manglares de la laguna de La Mancha, Veracruz, México. *Interciencia*, 31(3), 211–219. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911410>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1995). 'Edafología'. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México: Autor. Retrieved February 11, 2018, from <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Jiménez, Q. C., & González, H. F. (1996). Análisis de la estructura del manglar de la laguna de Juluápan, Colima, México. *Ciencia Pesquera*, 12, 76–84. Retrieved from <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP12/CP12-12.pdf>
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81–251. doi: 10.1016/S0065-2881(01)40003-4
- López-Portillo, J., & Ezcurra, E. (2002). Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*, número especial, 27–51. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/617/61709802/>
- Mitchell, K. (2007). Quantitative analysis by the point-centered quarter method. Retrieved from <http://people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf>
- Moreno, P., Rojas, J., Zárate, D., Ortiz, M., Lara, A., & Saavedra, T. (2002). Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques*, 8(1), 61–68.

- Moreno, E., Guerrero, A., Gutiérrez, M. C., Ortiz, C. A., & Palma, D. J. (2002). Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. *Madera y Bosques*, 8(1), 115–128. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/617/61709807.pdf>
- Olguín, J. E., Hernández, M. E., & Sánchez, G. G. (2007). Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(2), 139–154. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992007000300004
- Ponce, V. G., & Botello, A. V. (2005). Niveles de hidrocarburos en el golfo de México. In A. V. Botello, J. Rendón-Von Osten, & H. C. Agráz (Eds.), *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias* (2.ª ed., pp. 269–298). México: Universidad Autónoma de Campeche-Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto Nacional de Ecología.
- Romo-Lozano, J. L., López-Upton, J., Vargas-Hernández, J. J., & Ávila-Angulo, M. L., (2017). Economic valuation of the forest biodiversity in Mexico, a review. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(1), 75–90. doi: 10.5154/r.rchscfa.2016.03.015
- Sánchez-Páez, H., Ulloa-Delgado, G. A., Álvarez-León, R., Gil-Torres, W. O., Sánchez-Alfárez, A. S., Guevara-Mancera, O. A., Callejas, L. P., & Páez-Parra, F. E. (2000). Hacia la recuperación de los manglares del Caribe de Colombia. In H. Sánchez-Páez, G. A. Ulloa-Delgado, & R. Álvarez-León (Eds.), *Conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares de Colombia* (pp. 171–191). Colombia: MINAMBIENTE/OIMT.
- Sanjurjo, E., & Welsh, S. (2005). Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gaceta Ecológica*, 74, 55–68. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907405>
- Téllez, G. C. P., & Valdez, H. J. I. (2010). Caracterización estructural del manglar en el estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(3), 395–408. doi: 10.5154/rchscfa.2010.11.101
- Turner, I. M., & Corlett, R. T. (1996). The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(8), 330–333. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/rbbio/v60n2/a07v60n2>
- Valdés, V. E., Valdez, H. J., Ordaz, C. V. M., Gallardo, L. J. F., Pérez, N. J., & Ayala, S. C. (2011). Evaluación del carbono orgánico en los suelos de los manglares de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(8), 47–58. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000600005
- Valdez, H. J. (2004). Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales, Nayarit. *Madera y Bosques*, 10(2), 93–104. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/617/61709907.pdf>
- Zaldívar, J. A., Herrera, S. J., Coronado, M. C., & Alonzo, P. D. (2004). Estructura y productividad de los manglares en la reserva de biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 10(2), 25–35. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61709902>