

EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE MANEJO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA EN TABASCO, MÉXICO

Evaluation of the management program of the Pantanos de Centla Biosphere Reserve in Tabasco, Mexico

V Guerra-Martínez, S Ochoa-Gaona ✉

(VGM) Comisión Nacional Forestal

(SOG) El Colegio de la Frontera Sur Departamento de Agroecología. sochoa@ecosur.mx

Artículo recibido: 5 de junio de 2007, **aceptado:** 27 de mayo de 2008

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar las diferencias en la dinámica de cambio de uso de suelo en las dos zonas núcleo con relación a la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, se cuantificaron los cambios registrados de 1990 al 2000 de los tipos de vegetación y usos del suelo utilizando un sistema de información geográfica. Apoyados en información georeferenciada en campo se procesaron imágenes de satélite de los sensores Landsat MSS y Landsat ETM para producir mapas de vegetación y uso del suelo para cada año evaluado. Se calcularon las tasas de cambio para cada tipo de vegetación y uso del suelo en cada una de las zonas de manejo. No se encontraron diferencias significativas en la dinámica de cambio de uso del suelo entre las zonas núcleo y la zona de amortiguamiento. Las selvas de pucté (*Bucida buceras*) y selva de tinto (*Haematoxylum campechianum*) presentaron tasas de cambio negativas en todas las zonas de manejo. Las comunidades de hidrófitas en la zona núcleo I y el manglar en la zona núcleo II también mostraron tasas negativas. En las clases restantes se presentó un incremento anual de superficie, entre ellas predominó el incremento de las áreas de pastizales. Los cambios encontrados en las zonas núcleo pueden ser resultado de la presencia de canales, caminos, poblados, así como de la expansión agrícola-ganadera, los incendios y la actividad petrolera.

Palabras clave: Cambio de uso del suelo, humedales, percepción remota, reservas naturales, sistemas de información geográfica.

ABSTRACT. The changes recorded from 1990 to 2000 in the type of vegetation and land use were quantified using a geographic information system, in order to evaluate the differences in the dynamics of land-use change in the two core areas with respect to the buffer zone of the Pantanos de Centla Biosphere Reserve, Tabasco. Landsat MSS and ETM satellite images were processed to produce vegetation and land-use maps for each evaluated year using georeferenced information collected in the field. The rate of change for each land-use and type of vegetation in each management area was calculated. No significant differences were found for the dynamics of land-use change between the core areas and the buffer zone. The tropical forest associations of *Bucida buceras* (puckteal) and *Haematoxylum campechianum* (tintal) decreased in area in all the management zones. The wetland vegetation communities in core area I and the mangrove forest in core area II also presented negative rates. The other land cover categories presented an annual increase in area, particularly the areas with pasture land. The changes observed in the core areas may be the result of the presence of canals, roads and towns, as well as of the expansion of pastures and agricultural areas, fires and oil extraction activities.

Key words: Land-use change, wetlands, remote sensing, biosphere reserves, geographic information systems.

INTRODUCCIÓN

Los humedales se caracterizan por la presen-

cia de agua, la cual juega un papel fundamental en el desarrollo del suelo, y en la estructura y funciones ecológicas del sistema. Son definidos por la

Convención sobre los Humedales como extensiones de pantanos o superficies cubiertas de agua, ya sea naturales o artificiales, permanentes o temporales, dulces, salobres o saladas (Bergkamp & Orlando 1999). Entre sus funciones más importantes, se pueden mencionar: el almacenamiento de agua, la recarga de acuíferos, la protección y mitigación contra tormentas, el control de la erosión y la retención de carbono, nutrientes, sedimentos y agentes contaminantes. Los humedales son reconocidos por sus beneficios sociales, económicos y ambientales. Los humedales producen bienes de valor económico apreciable, como agua, recursos ictiológicos, madera, turba y un gran potencial turístico.

Son varios los factores que están acelerando la degradación y pérdida de humedales. La progresiva demanda de áreas agrícolas y ganaderas, así como el crecimiento poblacional son dos causas importantes en la pérdida de humedales (Anónimo 2000a). El desarrollo de infraestructura, la contaminación por agroquímicos, la contaminación urbana, la construcción de presas hidroeléctricas y la regulación del caudal de los ríos también contribuyen en la degradación de los humedales (Anónimo 2000a; Maimone-Celorio *et al.* 2006).

La superficie aproximada de humedales en México es de 167 millones de hectáreas y pueden encontrarse en Sinaloa, la Península de Yucatán, en los desiertos de Baja California, Sonora y Chihuahua y en los Pantanos de Centla, Tabasco (Cervantes 1999). La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) es considerada como uno de los humedales de importancia internacional por parte de la Convención Ramsar (Anónimo 2000b). El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas los ubica dentro de las 58 regiones terrestres prioritarias de México (Anónimo s/f a) y es una de las regiones prioritarias terrestres por parte de la CONABIO (Arriaga *et al.* 2000).

Las actividades productivas que se realizan en la RBPC son: ganadería, industria del petróleo, pesca y agricultura (Anónimo 2000c). Las amenazas más importantes son la deforestación, cambios de uso del suelo para la ganadería, agricultura y asentamientos humanos, actividad petrolera, la contaminación de ríos, la cacería y pesca desordenada,

incendios y la falta de personal de vigilancia (Anónimo 2003; Vega Moro 2005). La situación de riesgo debido al deterioro de la RBPC justifica la necesidad de realizar trabajos de investigación que apoyen la actualización del plan de manejo existente (Anónimo 2000c), en este sentido, los estudios de dinámica espacial son útiles en la generación de información acerca de los cambios de uso de suelo y de la cubierta vegetal, los cuales sirven de base en la toma de decisiones y manejo de recursos.

Es importante desde luego conocer los cambios de cubierta vegetal ocurridos en un área considerándola como un todo (Guerra-Martínez & Ochoa-Gaona 2006). Sin embargo, también es fundamental conocer la dinámica de cambios de cobertura vegetal ocurridos en las zonas núcleo y la zona de amortiguamiento, para evaluar la efectividad de la aplicación del plan de manejo conforme el Decreto Federal (Anónimo 2000c). Es por esto, que este trabajo se planteó con el objetivo de cuantificar y comparar los cambios de cobertura ocurridos de 1990 a 2000 en las zonas núcleo y zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla para evaluar si el plan de manejo de la RBPC está teniendo el efecto esperado de conservación de sus recursos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) se localiza en la delta de los ríos Usumacinta y Grijalva, al noreste del estado de Tabasco. Abarca 302 706 ha, que representan el 12.27 % de la superficie total de la entidad. La Reserva se ubica entre las coordenadas geográficas 17° 57' 53" y 18° 39' 03" N y 92° 06' 39" y 92° 47' 58" O. Incluye parte de los municipios de Centla con 225 108 ha, Jonuta con 65 651 ha y Macuspana con 6 280 ha (Romero *et al.* 2000; Anónimo s/f b). Presenta cuatro sistemas geomórficos: llanura aluvial, llanura palustre y lagunar de agua dulce, llanura de cordón litoral y llanura lagunar costera, formándose así un complejo sistema hidrológico de ríos, lagunas, pantanos y marismas (Romero *et al.* 2000). Su clima es subhúmedo con lluvias en verano y dos épocas de

secas (en invierno y verano). La temperatura anual es de 25 °C y la precipitación anual de 1 600 mm. Los suelos son predominantemente gleysoles y fluvisoles (Anónimo s/f c).

En la RBPC se han diferenciado las siguientes asociaciones vegetales: pukteal o selva mediana subperennifolia de pukté (*Bucida buceras*); tintal o selva baja subperennifolia de tinto (*Haematoxylum campechianum*); manglar (*Rhizophora mangle*); mucal o matorral de *Dalbergia brownii*; tasistal o palmar de *Acoelorrhaphe wrightii*; guanal o palmar de *Sabal mexicana* y asociaciones de vegetación hidrófila (Guadarrama-Olivera & Ortiz-Gil 2000; Romero *et al.* 2000; Anónimo s/f c). En el conjunto de estas asociaciones se han identificado 737 especies vegetales, de la que 637 son silvestres las cuales están agrupadas en 110 familias botánicas (Guadarrama-Olivera & Ortiz-Gil 2000). ciento noventa y ocho especies de plantas son de uso tradicional entre las más importantes comestibles, ornamentales y medicinales, también se utilizan para la construcción, como combustible, cercos vivos, y para artesanías (Sol *et al.* 2000). Diez especies están reportadas como vulnerables o en peligro de extinción (Anónimo 2005). En esta reserva se puede observar una amplia diversidad de vertebrados mayores con un total de 506 especies, reportándose que de estas, 133 especies tienen algún grado de vulnerabilidad debido a la destrucción de su hábitat o su extracción directa. Del total de especies, 52 corresponden a peces, 27 a anfibios, 68 a reptiles, 104 a mamíferos y 255 a aves (Romero *et al.* 2000; Maimone-Celorio *et al.* 2006). La reserva ha sido considerada área de importancia para la conservación de aves (AICAS) por el Comité Tripartita México-Canadá-Estados Unidos, la Convención RAMSAR y el North American Wetlands Conservation Council. Es un área a la que arriban 66 especies de aves migratorias, entre las que destacan: *Mycteria americana* (tántalo americano) y los anátidos. También existen colonias importantes de garzas. La cigüeña jabirú tiene su límite septentrional de distribución en esta región. Además, se encuentran especies de fauna que requieren de atención desde la perspectiva de la conservación, entre las que destacan: cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*), iguana (*Iguana*

iguana), mono aullador (*Allouatta palliata*) y jaguar (*Felis onca*) entre otros (Anónimo s/f c). Otras poblaciones de especies de animales que han sido seriamente disminuidas, local, nacional y mundialmente, a tal grado que algunas de ellas se encuentran en peligro de extinción son el manatí (*Trichechus manatus*), tortuga blanca (*Dermatemys mawii*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), cigüeña caribú (*Jabiru mycteria*) y águila pescadora (*Pandion haliaetus*; Anónimo 2005).

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla acorde al decreto del 6 de agosto de 1992 (Anónimo 2000d) contiene dos zonas Núcleo y una de Amortiguamiento. La zona núcleo I se ubica al sur del área ocupando una superficie de 57 738 ha, la zona núcleo II al norte de la reserva, mantiene una superficie de 75 857 ha y la zona de amortiguamiento rodea a las dos zonas núcleo manteniendo una superficie de 169 111 ha (Anónimo s/f b; Figura 1). La zona núcleo I limita al norte con el arroyo Los Ídolos a partir del cual se dirige a la Laguna El Paquial hasta su unión con el río Usumacinta y con las lagunas Tocual, Cantemoc y Guanal. Al sur limita con las Lagunas La Concepción, Tasajera y Landeros; al este con el Campo Petrolero Usumacinta con las lagunas Cantemoc, Zarzal, El Retiro, Pichalito y Sargazal en el Arroyo Los Naranjos y el Campo Petrolero Hormiguero, y al Oeste colinda con el río Grijalva, la laguna El Viento y el río Bitzal. La zona núcleo II se ubica al norte de la reserva. Al norte su límite se ubica 5 km al sur de la carretera Villahermosa Ciudad del Carmen y con el río San Pedro y San Pablo desde el Arroyo El Sábalo hasta el Arroyo Grande. Al sur limita con el río Usumacinta desde la comunidad de San Miguel hasta Tres Brazos y con el río San Pedrito desde Quintín Arauz hasta el Arroyo Francisco del Real. Al este sus límites se encuentran a 2 km aproximadamente del río San Pedro y San Pablo, desde Arroyo Grande pasando por el Campo Petrolero El Tamarindo hasta la unión con el río Usumacinta, y al oeste con el río San Pedrito desde el Arroyo Francisco del Real hasta la rancharía San Juan (Anónimo 2000c). En estas zonas núcleo existen instalaciones de PEMEX, canales, caminos, y poblados que desarrollan actividades agrícolas, ganaderas, pesca y cacería (Anónimo 2003).

Tabla 1. Tipo de coberturas diferenciadas en este estudio y sus equivalencias con otros sistemas de clasificación.
Table 1. Land-cover types used in this study and their equivalencies with other classification systems.

En este estudio	López-Hernández y Maldonado 1992	Anónimo 2000c	Siglas
Selva mediana subperennifolia de pucté	Selva mediana inundable de pucté	Selva mediana subperennifolia de Bucida buceras	SMP
Selva baja de tinto	Selva baja inundable de tinto	Selva baja subperennifolia de Haematoxylum campechianum	SBT
Comunidades de hidrófitas	Hidrófitas enraizadas emergentes	Hidrófitas emergentes	CH
Comunidades de hidrófitas	Hidrófitas enraizadas flotantes	Hidrófitas flotantes	CH
Comunidades de hidrófitas	Hidrófitas enraizadas sumergidas	Vegetación subacuática	CH
Manglar	Manglar	Manglar	Mg
Pastizal	Cultivos y potreros	Cultivos y potreros	Pz
Cuerpos de agua			Agua

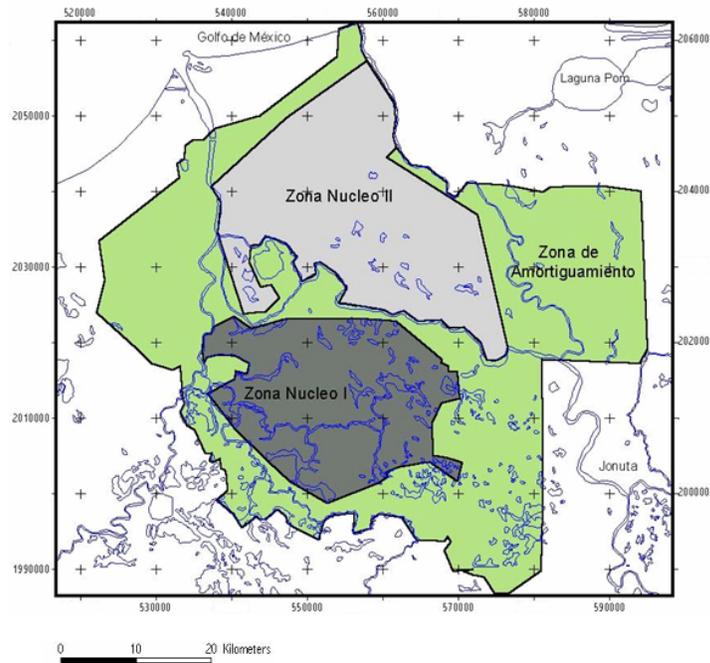


Figura 1. La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y sus zonas de manejo. □ = polígono de la RBPC; √ = hidrología.
Figure 1. Pantanos de Centla Biosphere Reserve and their management zones. □ = border of the RBPC; √ = hydrology.

Clasificación de las imágenes

Los límites geográficos de la RBPC fueron establecidos con base en su Decreto Federal. Los polígonos correspondientes se construyeron en formato digital y la información se almacenó en un sistema de información geográfica. Tres escenas LANDSAT-MSS-1992 y dos escenas LANDSAT-ETM-2000 fueron procesadas con el IDRISI 32 (Eastman 2001). Las escenas fueron corregidas geométricamente mediante una función de transformación utilizando un

ajuste cuadrático de segundo grado mediante el vecino más cercano (Eastman 2001). Se realizó el corte correspondiente al área de estudio en las cinco escenas y se obtuvieron cinco cortes. Las escenas fueron pegadas al concluir el proceso de clasificación de las imágenes. Los mosaicos fueron remuestreados a una resolución a 30 metros.

Para la clasificación de las imágenes, se generaron compuestos de color (Jensen 2005). La información en campo de las formaciones vegetales y

tipos de uso de suelo y su localización se obtuvo con un GPS en cinco visitas al área de estudio entre febrero-abril y julio-agosto del 2002, para lo cual se registró información de 400 puntos de verificación. Para las áreas de difícil acceso se realizó un recorrido en helicóptero en julio del 2002, principalmente en la zona de amortiguamiento. Otros 250 puntos de verificación fueron proporcionados por otros investigadores.

La clasificación digital (Tabla 1) se realizó utilizando el método mixto propuesto por Chuvieco (1995). Debido a la resolución de las imágenes no fue posible separar algunas clases, por lo cual fueron agrupadas en una sola. Las comunidades de matorral y palmar se encontraron inmersas dentro de los pastizales, por lo que se agruparon dentro de éstos últimos. Dentro de las comunidades de hidrófitas fueron incluidas las hidrófitas emergentes, flotantes y sumergidas. Los mapas de vegetación y uso del suelo se generaron con seis clases: selva mediana subperennifolia de pucté (SMP), selva baja de tinto (SBT), manglar (Mg), comunidades de hidrófitas (CH), pastizal (Pz) y ecosistemas acuáticos (agua).

Cuantificación cambios de uso de suelo y vegetación

Los cambios de uso de suelo y vegetación fueron evaluados por sobreposición de los mapas de 1990 y 2000 para elaborar un mapa de cambios. Posteriormente, al mapa de cambios se le hicieron los cortes para cada una de las zonas de manejo, y en cada una de ellas se cuantificó la superficie ocupada por cada clase y se generó una matriz de variación. La tasa de cambio se calculó con base en la siguiente fórmula (Dirzo & García 1992):

$$r = 1 - \left[1 - \left(\frac{A_1 - A_2}{A_1} \right) \right]^{\frac{1}{t}}$$

donde: r = tasa de cambio, A_1 = área al inicio del período, A_2 = área al final del período y t = número de años en el período considerado.

Análisis de fragmentación

Los cortes de los mapas de vegetación y uso del suelo en formato de celdas fueron transformados

a formato vectorial para ser analizados en ArcView 3.3. Las bases de datos se exportaron y las características básicas de número de fragmentos, tamaño mínimo y máximo del fragmento en 1990 y 2000 se analizaron en Excel.

Evaluación de la presencia de infraestructura

La información referente a hidrología, vías de comunicación y poblados fue digitalizada mediante Carta Linx 1.2 en formato vectorial. Ésta se basó en la información contenida en la cartografía de INEGI escala 1: 250 000 (Anónimo 1997). Una vez concluida la verificación, se etiquetó y se asignaron las categorías correspondientes. Con la finalidad de poder analizar la posible relación de la información cartográfica digitalizada con las imágenes de satélite, ésta fue exportada a IDRISI 32 para ser convertida a un formato raster. Posteriormente, se hicieron los cortes y se evaluaron las proporciones de cada tema sobre cada área de manejo.

Tabla 2. Superficie (ha) de las zonas de manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.

Table 2. Surface (ha) of the management zones in the Pantanos de Centla Biosphere Reserve.

Zona	Generada	Anónimo 1992
Núcleo I	57 737	57 738
Núcleo II	75 838	75 857
Amortiguamiento	169 683	169 111
Total	303 259	302 706

RESULTADOS

La base de datos del mapa de regionalización generado para la RBPC mostró una diferencia de 553 hectáreas respecto a las 302 706 ha registradas en el Decreto de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (Anónimo 1992; Tabla 2). Mapas de vegetación y uso de suelo se generaron para cada una de las zonas de manejo de la RBPC (Figuras 2, 3 y 4).

Cambios de Uso del Suelo en las zonas de manejo RBPC

Los principales cambios que se observaron de 1990 al 2000 en todas las zonas de manejo fueron la pérdida de selva mediana subperennifolia de pucté

y de selva baja de tinto, y un incremento de las áreas de pastizal.

Tabla 3. Superficie (ha) ocupada por los distintos usos de suelo y vegetación en 1990 y 2000 en las zonas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. % = al total de la superficie ocupada en el año respectivo; TCA= Tasa de cambio anual (% año⁻¹); SMP = selva mediana de puctté; SBT = selva baja de tinto; Mg = manglar; CH = comunidades de hidrófitas; Pz = pastizal; Agua = ecosistemas acuáticos. Números negativos significan pérdidas, positivos incremento.

Table 3. Surface (ha) of the land-use and land-cover areas in 1990 and 2000 in the Pantanos de Centla Biosphere Reserve. % = relative surface occupied in the respective year; TCA = annual rate of change (% yr⁻¹); SMP = puctté tropical forest; SBT= tinto tropical forest; Mg = mangrove; CH = wetland communities; Pz = grassland; Agua = aquatic ecosystems. Negative numbers indicate losses, positive numbers indicate increases.

Clase	1990		2000		TCA
	Ha	%	Ha	%	
Zona Núcleo I					
SMP	6 514	11	4 351	7	-3.95
SBT	3 461	6	54	0	-34.03
Mg	262	0	390	1	4.05
CH	43 893	77	37 280	65	-1.61
Pz	569	1	10 476	18	33.81
Agua	3 039	5	5 186	9	5.48
Total	57 738	100	57 737	100	
Zona Núcleo II					
SMP	13 769	18	6 292	8	-7.53
SBT	5 555	7	37	0	-39.41
Mg	2 552	3	2 331	3	-0.90
CH	52 536	69	57 566	76	0.91
Pz	41	0	8 217	11	69.89
Agua	1 385	2	1 395	2	0.07
Total	75 839	100	75 839	100	
Zona de Amortiguamiento					
SMP	33 878	20	18 336	11	-5.95
SBT	45 332	27	646	0	-34.62
Mg	3 828	2	4 729	3	2.13
CH	74 736	44	89 091	53	1.77
Pz	4 397	3	39 571	23	24.57
Agua	7 512	4	17 311	10	8.70
Total	169 683	100	169 683	100	

La zona núcleo II, la zona de amortiguamiento y la zona núcleo I presentaron una pérdida de superficie de selva de puctté de mayor a menor valor respectivamente. La tasa anual de cambio de pérdida de selva de puctté de la zona núcleo II fue casi el doble que la de la zona núcleo I (Tabla 3). La selva de tinto desapareció casi al 100% en las tres zonas de la reserva. El manglar presentó va-

riaciones mínimas, con tasas de incremento en la zona núcleo I y la zona de amortiguamiento (4.1 y 2.1% año⁻¹ respectivamente); por el contrario, en la zona núcleo II la superficie de manglar disminuyó en una tasa de 0.9% año⁻¹. Las comunidades de hidrófitas disminuyeron en la zona núcleo I e incrementaron en las otras dos zonas, siendo éste mayor en la zona de amortiguamiento. La superficie de los pastizales aumentó en las tres zonas de la reserva, con el mayor incremento en superficie en la zona de amortiguamiento (del 3 al 23%), pero con mayores tasas anuales de cambio en las zonas núcleo I y II (34 y 70% año⁻¹). La superficie de cuerpos de agua se incrementó en la zona núcleo I y la zona de amortiguamiento, mientras que la zona núcleo II permaneció igual (Tabla 3).

Fragmentación de la RBPC

El número de fragmentos en la selva de puctté disminuyó en todas las zonas de manejo casi en la misma proporción (33, 31 y 38% en la zona núcleo I, zona núcleo II y zona de amortiguamiento respectivamente). La selva de tinto redujo notablemente su número de fragmentos en la zona núcleo I, zona núcleo II y zona de amortiguamiento, los cuales quedaron reducidos al 2, 4 y 6% del número original respectivamente. Ésta selva, ocupaba mayor superficie en la zona de amortiguamiento en 1990. El número de fragmentos del manglar se incrementó en las tres zonas de manejo, mostrando mayor grado de fragmentación en la zona de amortiguamiento. Los pastizales incrementaron el número de fragmentos en las tres zonas, siendo más notable en la zona núcleo II (Tabla 4).

El tamaño mínimo de fragmentos fue menor a 0.1 ha en todas las clases de cobertura y en ambos años. Una excepción se encontró en la zona núcleo I en la que el tamaño mínimo de fragmento de selva de tinto se incrementó de 0.1 a 0.5 ha. En la zona núcleo II los pastizales mostraron decremento del tamaño mínimo de 1.5 ha en 1990 a menos de 0.1 ha en el 2000 (Tabla 4).

Respecto al tamaño máximo de los fragmentos, este fue menor en las selvas de puctté y tinto en las tres zonas de manejo de la reserva. El manglar mantuvo casi el mismo tamaño máximo de los frag-

mentos en la zona núcleo II y la zona de amortiguamiento, mientras que en la zona núcleo I disminuyó en casi un 70 %. Las comunidades de hidrófitas mostraron un tamaño máximo de fragmento sin cambios notorios en todas las zonas de la reserva. Por otra parte, los pastizales mostraron un incremento notable en el tamaño máximo de fragmento, con un aumento proporcional mucho más alto en la zona núcleo II (Tabla 4).

Tabla 4. Fragmentación del hábitat en 1990 y 2000 en las zonas de manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. TC = tipo de cobertura; NF = número de fragmentos; Tmi = tamaño mínimo del fragmento (m); Tmx = tamaño máximo del fragmento (ha). SMP = selva mediana de pucté; SBT = selva baja de tinto; Mg = manglar; CH = comunidades de hidrófitas; Pz = pastizal; Agua = ecosistemas acuáticos.

Table 4. Habitat fragmentation in 1990 and 2000 in the management zones of the Pantanos de Centla Biosphere Reserve. TC = land-cover type; NF = number of patches; Tmi = minimum patch size (m); Tmx=maximum patch size (ha). SMP = pucté tropical forest; SBT = tinto tropical forest; Mg = mangrove; CH = wetland communities; Pz = grassland; Agua = aquatic ecosystems.

TC	NF		Tmi(m)		Tmx(ha)	
	1990	2000	1990	2000	1990	2000
Zona Núcleo I						
SMP	6 514	4 351	633	628	409	151
SBT	3 461	54	695	4 976	151	14
Mg	262	390	628	627	60	19
CH	43 893	37 280	627	853	24 782	24 782
Pz	569	10 476	734	716	54	473
Agua	3 038	5 186	714	714	493	493
Zona Núcleo II						
SMP	1 007	699	660	660	1850	821
SBT	394	17	844	7 013	821	12
Mg	152	193	676	728	982	982
CH	869	725	663	1 290	42 379	42 379
Pz	17	776	15 000	668	15	482
Agua	113	142	811	3 400	154	154
Zona de Amortiguamiento						
SMP	4 266	2 643	633	631	2 451	707
SBT	3 393	210	627	650	12 659	33
Mg	742	1 683	844	693	640	640
CH	4 406	3 808	633	633	18 448	18 448
Pz	398	3 932	697	627	1 379	2 340
Agua	620	1 549	732	642	1 497	1 984

Infraestructura en la RBPC

Aunque en números absolutos hay mayor longitud de canales en la zona de amortiguamiento, la zona núcleo I presentó mayor cantidad de canales por unidad de área (2.8 km ha⁻¹). La zona núcleo II tuvo mayor proporción de caminos por unidad de área (2 km ha⁻¹) y también el valor más alto de

densidad relativa (5.7 pob km²; Tabla 5).

DISCUSIÓN

Las zonas núcleo, según el Artículo 47bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Anónimo 2008), tienen como objetivo principal la preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazo. En éstas zonas se podrán autorizar las actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación y de colecta científica, educación ambiental, y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas.

Los poblados se ubicaron en los márgenes de los ríos o a orillas de caminos primarios y secundarios: aunado a esto, los canales construidos para la explotación petrolera han facilitado la entrada a áreas antes poco accesibles de la reserva. Conforme a los resultados de este estudio, se encontró que el 33 % de los poblados, el 43 % de los canales y el 42 % de los caminos se localizaron en las zonas núcleo (Tabla 5). Con base en estos datos, es factible entender que la dinámica de cambios uso del suelo y aprovechamiento de los recursos naturales esta ocurriendo en dinámicas poco contrastantes entre las zonas núcleo y la zona de amortiguamiento.

En este sentido, la misma tendencia general de pérdida de cerca del 100 % de la selva baja de tinto se encontró en las tres zonas de manejo con tasas de cambio de entre 35 a 39 % año⁻¹. La disminución del tinto se puede explicar debido a que éste tiene alta demanda para la fabricación de postes para la construcción de horcones en las viviendas, así como para el cercado de potreros, como combustible o leña y ocasionalmente para la fabricación de artesanías (Anónimo 2000c).

Durante este periodo, la selva mediana de pucté y el manglar mostraron mayor decremento en la zona núcleo II que en la zona de amortiguamiento (Tabla 3). El impacto que ha recibido el pucteal lo constituye principalmente la extracción de leña, el corte de especies para construcción de casa habitación campesina y la fabricación de cayucos y utensilios, así como también el despeje de la vegetación en algunos sitios destinados a la agricultura

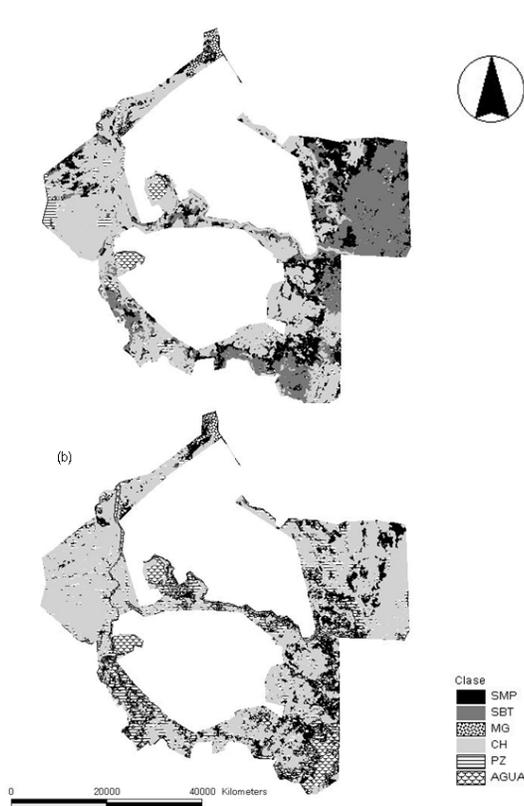


Figura 2. Mapa de vegetación y uso del suelo en la zona de amortiguamiento (a) 1990 y (b) 2000. SMP = selva mediana de púcté; SBT = selva baja de tinto; Mg = manglar; CH = comunidades de hidrófitas; Pz = pastizal; Agua = ecosistemas acuáticos.

Figure 2. Land-use and land-cover map of the buffer zone (a) 1990 and (b) 2000. SMP = púcté tropical forest; SBT = tinto tropical forest; Mg = mangrove; CH = wetland communities; Pz = grassland; Agua = aquatic ecosystems.

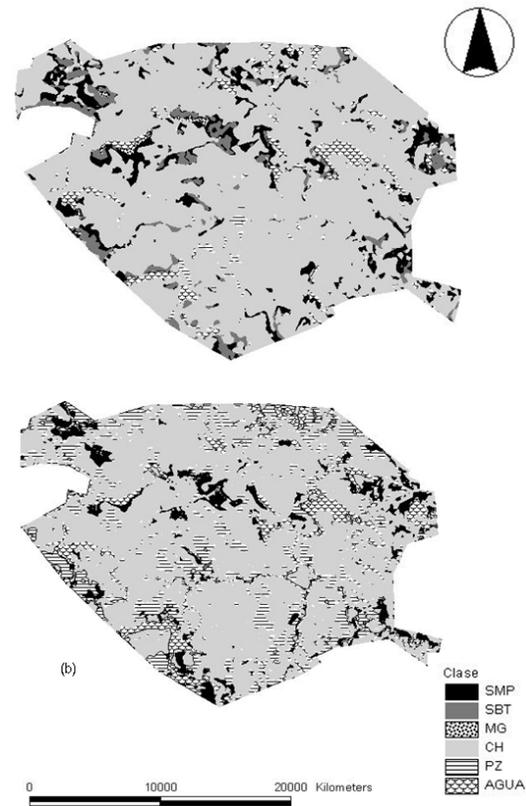


Figura 3. Mapa de vegetación y uso del suelo en la zona núcleo I (a) 1990 y (b) 2000. SMP = selva mediana de púcté; SBT = selva baja de tinto; Mg = manglar; CH = comunidades de hidrófitas; Pz = pastizal; Agua = ecosistemas acuáticos.

Figure 3. Land-use and land-cover map of core zone I (a) 1990 and (b) 2000. SMP = púcté tropical forest; SBT = tinto tropical forest; Mg = mangrove; CH = wetland communities; Pz = grassland; Agua = aquatic ecosystems.

de temporal (bajo el sistema de roza, tumba y quema), la ganadería y la explotación del petróleo en la construcción de caminos o drenes por cuenta de PEMEX (Anónimo 2000c; Anónimo 2001). Por su parte el manglar es extraído principalmente para la fabricación de carbón o satisfacer la industria de la construcción (Anónimo 2001; Bolio 2001).

Los resultados generados en este trabajo indicaron para la selva mediana de púcté tasas de cambio de -4 a -7.5% año⁻¹, y para la selva baja de -34 a -39.4% año⁻¹, los cuales son sumamente altos comparados con los registrados para regiones similares en un corto tiempo. En este sentido, Velásquez *et al.* (2002) registraron tasas de cam-

bio anual de selvas de 1993-2000 de -2.06% año⁻¹ para todo México, mientras que para Campeche y Quintana Roo de 1985-1990 se estimaron tasas de -0.54 y 0.33% año⁻¹ (Cortina *et al.* 1998). Para la Laguna de Términos se encontraron tasas de cambio de -6.4% año⁻¹ de 1980-1993 (Velásquez *et al.* 2002) y de -2.79% año⁻¹ de 1986-1991 (Francois 1998). En los humedales Laguna Grande-Agua Grande-Teacapán en Sinaloa se calculó que la cobertura de manglar permaneció prácticamente constante, con una tasa de pérdida de 45 ha año⁻¹ (Berlanga & Ruiz 1997), lo cual coincide con los resultados de este estudio.

Los pastizales aunque en números absolutos

se incrementaron en mayor medida en la zona de amortiguamiento, las tasas de incremento y área proporcional fueron mayores en la zona núcleo II y zona núcleo I (Tabla 3). El mayor incremento de áreas de pastizal se encontró cerca de los sitios donde habita el mayor número de población existente en la reserva (margen izquierda y derecha de los ríos Usumacinta, San Pedrito, y Grijalva) y a las orillas de los caminos.

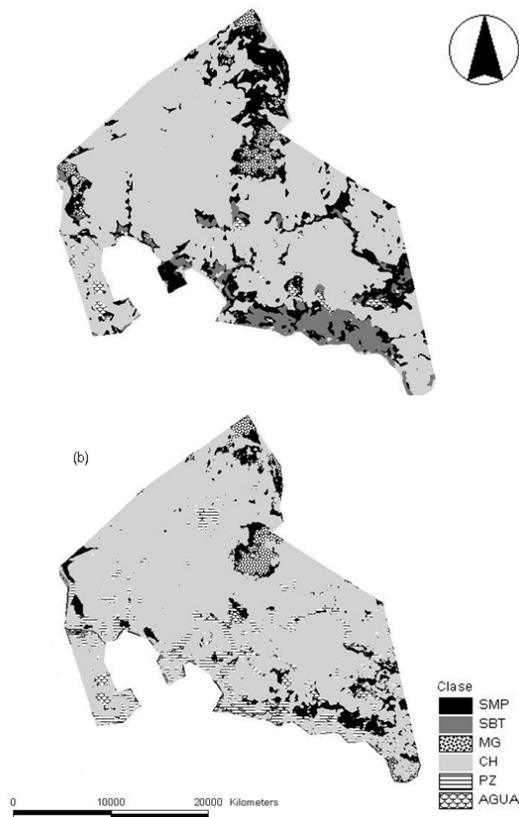


Figura 4. Mapa de vegetación y uso del suelo en la zona núcleo II (a) 1990 y (b) 2000. SMP = selva mediana de púcté; SBT = selva baja de tinto; Mg = manglar; CH = comunidades de hidrófitas; Pz = pastizal; Agua = ecosistemas acuáticos.

Figure 4. Land-use and land-cover map of core area II (a) 1990 and (b) 2000. SMP = púcté tropical forest; SBT = tinto tropical forest; Mg = mangrove; CH = wetland communities; Pz = grassland; Agua = aquatic ecosystems.

Las comunidades de hidrófitas aunque mostraron tasas de incremento en la zona núcleo I y zona de amortiguamiento, y la tasa de pérdida en la zona núcleo II fue de $0.9\% \text{ año}^{-1}$ donde han sido impactadas por los incendios que frecuentemente afectan a esta cobertura, por lo que aunque en

aparición son la misma comunidad, esta se está degradando y perdiendo sitios de anidación y hábitat de diferentes especies de fauna.

Por otra parte, acorde al Artículo 49 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Anónimo 2008) en las zonas núcleo queda prohibido: 1) verter o descargar contaminantes en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso o acuífero, así como desarrollar cualquier actividad contaminante, 2) interrumpir, rellenar, desecar o desviar los flujos hidráulicos, 3) realizar actividades cinegéticas o de explotación y aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestres y extracción de tierra de monte y su cubierta vegetal, 4) introducir ejemplares o poblaciones exóticas de la vida silvestre, así como organismos genéticamente modificados y 5) ejecutar acciones que contravengan lo dispuesto por esta Ley, la declaratoria respectiva y las demás disposiciones que de ellas se deriven. Sin embargo, todas estas normativas no se cumplen. La contaminación de los ecosistemas acuáticos y la degradación de la vegetación se originan producto de las actividades de PEMEX. En 1997, se informaba de la existencia de 55 campos petroleros dentro del área natural protegida (Anónimo 2000c). Esto además de contaminar el suelo y cauces acuíferos, ha incrementado su efecto de deterioro con la red de canales y caminos que se han establecido, lo cual ha permitido el acceso de los pobladores a áreas antes inaccesibles.

Desafortunadamente es muy difícil documentar y evaluar el efecto de estos pozos petroleros, ya que su localización se maneja como información restringida. Sin embargo, en la zona núcleo I, la zona núcleo II y la zona de amortiguamiento existen siete, 11 y 37 campos petroleros, con 74, 25 y 163 pozos petroleros respectivamente (Anónimo 2000c). Es decir, el 38% de estos pozos se localizan en las zonas núcleo, sin considerar los impactos sinérgicos que conlleva su explotación, como son contaminación, afectación a especies nativas, destrucción de hábitat, y problemas de salud pública.

Asimismo, las mismas actividades de PEMEX afectan el rubro que prohíbe interrumpir, rellenar, desecar o desviar los flujos hidráulicos, al establecer canales para la movilización de personal, equipo y

ductos para la extracción petrolera. Cabe recordar que la zona núcleo I tiene mayor longitud de canales por hectárea que las otras dos zonas de manejo y que la apertura de canales puede ocasionar cambios en la vegetación circundante modificando a su vez las características ambientales y biológicas del lugar.

Con relación a la prohibición de realizar actividades cinegéticas o de explotación y aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestres y extracción de tierra de monte y su cubierta vegetal, en la RBPC se realizan de manera rutinaria actividades de caza furtiva, las cuales además de poner en riesgo la fauna presente, ha afectado la cobertura natural ya que muchos de los incendios que ocurren en esta zona, son provocados con fines de cacería de fauna silvestre, lo que a su vez se aprovecha para expandir la frontera agrícola (Anónimo s/f b). En 1998, en los Pantanos de Centla se quemaron 4 000 hectáreas de selva inundable (Aranda datos no publicados). Entre la fauna que se caza se encuentran los quelonios, algunos anátidos, mamíferos como el tepezcuintle, armadillo, venado, nutria o perro de agua, manatí y eventualmente el cocodrilo, lo que ha propiciado que algunas de sus poblaciones se vean seriamente disminuidas, por lo que la caza en la zona es representativa sin que existan hasta la fecha estudios que evalúen sus efectos hacia las poblaciones silvestres (Anónimo 2000c).

Índices de fragmentación

El decremento del número de fragmentos de las selvas de pucté y tinto en las tres zonas de manejo, corresponden a proceso de agotamiento de la fragmentación, producto de la disminución de la superficie original del pucté y de la desaparición casi total del tinto. En este sentido, Ochoa-Gaona (2001) señala que la disminución de fragmentos corresponde a un proceso avanzado de fragmentación en el que quedan sólo pocos reductos de la vegetación original. Por otra parte, el incremento de fragmentos de manglar en las tres zonas de manejo – que fue casi del doble en la zona de amortiguamiento – aunque los cambios de superficie no fueron tan altos, refleja un proceso intermedio de la fragmentación (Forman 1997).

El incremento en superficie de las comunida-

des de hidrófitas en la zona núcleo II y en la zona de amortiguamiento, correlacionadas con un decremento en el número de fragmentos en las tres zonas de manejo puede ser un indicio de que fragmentos pequeños reemplazaron áreas de matriz fusionando fragmentos cercanos, lo que da lugar al decremento de número de fragmentos (Forman 1997). Por último, el incremento de superficie y del número de fragmentos de pastizal fue notable en las tres zonas, en este caso se crearon nuevos fragmentos de pastos en áreas donde estos no existían previamente (Figuras 2, 3 y 4).

Tabla 5. Longitud de canales, caminos y número de poblados en cada una de las zonas de manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (ZN = zona núcleo; ZA = zona de amortiguamiento).

Table 5. Length of canals, roads and number of towns in each management zone of the Pantanos de Centla Biosphere Reserve (ZN = core zone; ZA = butter zone).

Característica	ZN I	ZN II	ZA
Superficie (ha)	57 737	75 838	169 683
Longitud total de canales (km)	162 069	116 072	375 748
Longitud canales km/ha	2.8	1.5	2.2
Longitud total de caminos* (km)	0	122 174	170 412
Longitud caminos km/ha	0	1.6	1.0
No. poblados (localidades)	7	8	30
No. habitantes 1990	461	3 521	6 761
No. habitantes 2000	393	4 301	8 320
No. habitantes/km ² en el 2000	0.7	5.7	4.9

A partir del Decreto de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México (Anónimo 1992) se esperaba encontrar pocos cambios de cobertura natural a coberturas antrópicas, especialmente en las zonas núcleo. Sin embargo, los resultados de este estudio muestran que esto no ha ocurrido y no existe marcada diferencia entre las tasas de cambio de las diferentes coberturas independientemente que se trate de zonas núcleo o zona de amortiguamiento. Los cambios encontrados pueden deberse a varios factores, entre los más importantes están la deforestación y cambios de uso del suelo, la presencia de poblados, canales, caminos, los incendios y las actividades de la industria petrolera.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de la Reserva Pantanos de Centla, al Inventario Nacional Forestal, al Institu-

to de Geografía de la UNAM, a Alejandro Novelo (q.d.p.), Luis Amado Ayala, Gilberto Hernández, Juan Carlos Romero, Paulo H. Pérez, Concepción

Rodríguez y Fabián Vargas por su ayuda técnica y orientación académica durante las diferentes fases del trabajo.

LITERATURA CITADA

- Anónimo (1992) Decreto de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. Diario Oficial de la Federación, Poder Ejecutivo Federal, México DF, México. <http://www.conanp.gob.mx/transparencia/doc/juridico/decretos/RB/Pantanos-de-Centla-06ago92.pdf>
- Anónimo (1997) Carta Topográfica. 1:250 000. E15-5 y E15-8. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. México.
- Anónimo (2000a) RAFA. Conservación y Desarrollo Oportunidades en los Humedales de Centro América, Red de Asesores Forestales de la ACIDI (Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional). http://www.rcfa-cfan.org/spanish/s.issues_6.html
- Anónimo (2000b) The Ramsar Convention on Wetlands. The Annotated Ramsar List: Mexico. http://www.ramsar.org/profiles_mexico.html
- Anónimo (2000c) Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 222 p.
- Anónimo (2000d) Aviso por el que se informa al público en general, que la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, ha concluido la elaboración del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, ubicada en los municipios de Centla, Jonuta y Macuspana, Estado de Tabasco, declarada por Decreto Presidencial publicado el 10 de agosto de 1992. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación. http://www.conanp.gob.mx/anp/programas_manejo/resumen/aviso_centla.pdf
- Anónimo (2001) Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Categorías aprobadas por la Recomendación 4.7 de la Conferencia de las Partes Contratantes. http://www.wetlands.org/RSIS/_COP9Directory/Directory/ris/4MX003sp.pdf
- Anónimo (2003) Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Perfil del Parque, México. http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/pcbr_spa.pdf
- Anónimo (2005) Centla. Enciclopedia de los municipios de México, Tabasco. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Secretaria de Gobernación. http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_tabasco
- Anónimo (2008) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, Poder Ejecutivo Federal, México DF, México. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>
- Anónimo (s/f a) Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <http://www.conanp.gob.mx/sinap/>
- Anónimo (s/f b) Programa de manejo de los Pantanos de Centla. Centro Mexicano de Derecho Ambiental. <http://www.cemda.org.mx/infoarnap/instrumentos/pantanos.html>
- Anónimo (s/f c) Pantanos de Centla. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/SE-10.html>
- Arriaga L, Espinoza JM, Aguilar C, Martínez E, Gómez L, Loa E (2000) Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>

- Bergkamp G y B Orlando (1999) Los humedales y el cambio climático. Examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. IUCN The World Conservation Union. http://www.ramsar.org/key_unfccc_bkgd_s.htm
- Berlanga RC, Ruiz LA (1997) Variaciones en el paisaje del sistema de humedales Laguna Grande, Agua Grande, Teacapán, Sinaloa, México. <http://www.selper.uabc.mx/Publicacio/cong97/te2.doc>
- Bolio AM (2001) Estructura y productividad durante la época de lluvias en un manglar mixto, en el estero de sábalo del río San Pedro y San Pablo, municipio de Centla, Tabasco, Tesis de Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México.
- Cervantes M (1999) Los humedales: una perspectiva nacional. La Jornada Ecológica, suplemento de abril. <http://www.laneta.apc.org/emi/jornada/abril.html>
- Chuvieco E (1995) Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones RIALP, S.A, 2da. Edición, Madrid, España. 568 p.
- Cortina VS, Macario MP, Ogneva HY (1998) Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo. *Investigaciones Geográficas* 38: 41-56.
- Dirzo R, García MC (1992) Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in South east Mexico. *Conservation Biology* 6(1): 84-90.
- Eastman R (2001) IDRISI 32 Guide to GIS and Image Processing Vol. 1 y 2. Clark University, Worcester. 332 p.
- Forman RTT (1997) Land transformation and fragmentation. En Forman RTT (ed) *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge. 632 p.
- Francois MJ (1998) Deforestación y fragmentación forestal en la región de la Laguna de Términos, Campeche: un análisis del período 1974-91. <http://www.selper.uabc.mx/Publicacio/Con9/te3.doc>
- Guadarrama-Olivera MA, Ortiz-Gil G (2000) Análisis de la flora de la Reserva de la Biosfera de los Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 15(30): 67-104.
- Guerra-Martínez V, Ochoa-Gaona S (2006) Evaluación espacio-temporal de la vegetación y uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco (1990-2000). *Investigaciones Geográficas* 59: 7-25.
- Jensen JR (2005) *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 3a. Ed. Upper Saddle River, Prentice Hall, New Jersey, USA. 526 p.
- López-Hernández ES, Maldonado F (1992) Lista florística de los Pantanos del Delta Grijalva Usumacinta en el municipio de Centla, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 9(18): 48-58.
- Maimone-Celorio MR, Aliphath M, Martínez-Carrera D, Ramírez-Valverde B, Valdéz-Hernández JI (2006) Manejo tradicional de humedales tropicales y su análisis mediante sistemas de información geográfica (SIGs): el caso de la comunidad maya-chontal de Quintín Arauz, Centla, Tabasco. *Universidad y Ciencia* 22(1): 27-49.
- Ochoa-Gaona S (2001) Traditional land-use systems and patterns of forest fragmentation in the highlands of Chiapas, México. *Environmental Management* 27(4): 571-586.
- Romero GJ, García MA, Bautista JA, Pérez APH (2000) Caracterización de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia* 15(30):15-20.
- Sol SA, López HES, Maldonado MF (2000) Estudio etnobotánico en la Reserva de Biosfera de los Pantanos de Centla, Tabasco, México: un primer enfoque. *Universidad y Ciencias* 15(30): 105-113.
- Vega Moro A (2005) Plan de conservación para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna de Laguna de Términos. Pronatura, The Nature Conservancy, CONANP. México. 232 p.
- Velásquez A, Mas JF, Díaz J R, Mayorga-Sucedo R, Alcántara PC, Castro R, Fernández T, Bocco G, Escurra E, Palacio JL (2002) Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica* 62: 21-37.