

# Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y  
Desarrollo Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2005

**IDENTIFICACIÓN Y VARIACIÓN DE LA VEGETACIÓN  
Y USO DEL SUELO EN LA RESERVA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO (1990-  
2000) MEDIANTE SENSORES REMOTOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA**

Verónica Guerra Martínez y Susana Ochoa Gaona  
Ra Ximhai, mayo-agosto, año/Vol.1, Número 2  
Universidad Autónoma Indígena de México  
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 325-346

## IDENTIFICACIÓN Y VARIACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO EN LA RESERVA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO (1990- 2000) MEDIANTE SENSORES REMOTOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

### IDENTIFICATION AND VARIATION OF THE VEGETATION AND LAND USE AT THE RESERVE OF THE BIOSPHERE PANTANOS DE CENTLA, TABASCO (1990-2000) BY MEANS OF REMOTE SENSORS AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Verónica Guerra-Martínez<sup>1</sup> y Susana Ochoa-Gaona<sup>2</sup>

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Correo electrónico: evelgmar@hotmail.com. <sup>2</sup>Profesor investigador.  
El Colegio de la Frontera Sur. Correo electrónico: sochoa@vhs.ecosur.mx

---

#### RESUMEN

Se identificó y cuantificó la variación espacial de los tipos de vegetación y usos del suelo en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco durante 1990 y 2000. Se generaron bases geográficas digitales referentes a geología, edafología, hidrología, temperaturas mínimas, temperaturas máximas, precipitación, vías de comunicación y localidades. La información fue almacenada en un sistema de información geográfica (GIS). Se clasificaron escenas del satélite Landsat (1992, 2000) utilizando el método mixto de clasificación de Chuvieco (1995). Se generaron mapas de vegetación para 1990 y 2000 basados en puntos de verificación y los mapas generados fueron sobrepuestos para obtener un mapa de cambios. El bosque tropical fue el ecosistema más afectado al disminuir considerablemente su superficie. Las tasas de cambio por pérdida anual se estimaron en 6.06% (selva de pucté) y 34.96% (selva de tinto); en tanto que la tasa de incremento anual fue de 1.15% (manglar), 0.72% (comunidades de hidrófitas) y 27.82% (pastizal). El análisis indica que los cambios encontrados se relacionaron con la presencia de carreteras pavimentadas, localidades y canales, siendo éstos últimos los que más afectaron. Los resultados muestran que las comunidades de hidrófitas, pastizales y cuerpos de agua se desplazaron a todas las unidades de suelo y geología.

**Palabras clave:** Sistemas de información geográfica (SIG), percepción remota, Landsat, humedales.

#### SUMMARY

A geographic information system GIS was used to identify and quantify space variation in the distribution of vegetation types and land use from 1990 to 2000 in Centla Marshes at the Reserve of the Biosphere, Tabasco, Mexico. There were generated digital geographic maps about geology, soils, hydrology, minimum and maximum temperatures, rain, human settlements and roads. The LANDSAT images for 1992 and for the 2000 were used and classified using Chuvieco Mixed Classification Method (1995). Vegetation and land use maps were generated for the year 1990 and 2000 using verification field points and the maps generated were overlaid to produce a change map and variation matrix. The tropical forest was the most affected ecosystem by diminishing considerably its surface. The change rate by annual loss for the tropical forest in association of *Bucida buceras* represented -6.6% and for tropical forest association of *Haematoxylon campechianum* there was a -34.96% change rate whereas the change rate for mangrove was 1.15%, 0.72% for hydrophytes communities and 27.82% for grasslands. The analysis indicates that the change rate is mostly associated with the presence of paved roads, human settlements and water channels, being these last ones the most affecting. The hydrophytes communities, grasslands and water bodies spread throughout all soils and geology units.

**Key words:** Geographic information systems (GIS), remote sensing, Landsat, wetlands.

Recibido: 6 de diciembre de 2004.

Aceptado: 17 de marzo de 2005.

## INTRODUCCIÓN

Los ambientes acuáticos, semiacuáticos y costeros forman parte de la riqueza ecológica de nuestro planeta y representan zonas importantes de productividad biológica. Como parte de estos ambientes, se encuentran las zonas de humedales. La característica que todos los humedales comparten, es que el suelo o el sustrato está periódicamente saturado o cubierto con agua y la saturación es el factor dominante que determina la naturaleza del desarrollo del suelo y del tipo de comunidades de plantas –especies hidrófitas– y animales que habitan (DUMAC, 2000).

Los humedales tienen importancia económica, biológica, ambiental y cultural (De la Lanza, 1999); contienen además una gran diversidad de especies animales y vegetales silvestres, raras, en peligro de extinción o endémicas. Algunas funciones que desempeñan los humedales son: a) el abastecimiento de agua, para consumo humano, la agricultura, cría de animales y uso industrial; b) la protección y mitigación de tormentas, la vegetación arbórea de los humedales forma una barrera que desvía los vientos evitando lleguen directamente; c) el control y riesgo de inundaciones, la vegetación permite que el agua de la superficie se escurra más lento y se distribuya por el humedal; d) la retención de carbono, sedimentos y nutrientes, los restos de plantas y animales se almacenan creando una fuente de materia orgánica que sirve de alimento a varias especies; e) la retención de agentes contaminantes, se les ha llamado "riñones de la tierra" por el papel que desempeñan en los ciclos químicos e hidrológicos, y porque funcionan como receptores de desperdicios debido a que actúan limpiando las aguas contaminadas; f) el control de la erosión, las raíces de la vegetación impiden que los vientos se lleven las arenas o tierras del lugar; g) el sitio de anidación y reproducción de muchas especies terrestres y acuáticas; h) la recreación y turismo, pueden desarrollarse actividades como la pesca, observación de aves, fotografía de la naturaleza, natación y navegación en veleros (De la Lanza, 1999; ECOYUC, 2002).

De acuerdo con Abarca y Cervantes (De la Lanza, 1999) de los 557 millones de hectáreas de humedales a nivel mundial, la mitad están en Norteamérica. Los humedales en México ocupan

una superficie aproximada de 167 millones de hectáreas encontrándose en Sinaloa, la Península de Yucatán, en los desiertos de Baja California, Sonora y Chihuahua y particularmente en los Pantanos de Centla, Tabasco (Cervantes, 1999). Estos últimos, hasta fechas recientes eran considerados como poco alterados. Forman parte de los ríos Grijalva y Usumacinta (los más caudalosos de México) los cuales constituyen la red hidrológica más compleja de pantanos, canales, ríos y zonas de inundación de Mesoamérica y aportan 71, 694 millones de metros cúbicos de agua al año (Lum, 1999).

A partir de 1995 los Pantanos de Centla están considerados dentro de los humedales de importancia internacional por parte de la Convención Ramsar (RAMSAR, 2000). De acuerdo al Programa de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000, el Instituto Nacional de Ecología designó 37 áreas naturales protegidas como prioritarias para la conservación dentro de las cuales queda incluida la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (INE, 2000).

En la Reserva se han identificado 569 especies vegetales pertenecientes a 118 familias. Se tiene registro de 255 especies de aves, 104 de mamíferos, 68 de reptiles, 52 de peces y 27 de anfibios. Hasta 1993 se tenían reportadas 76 especies vegetales con algún uso por el ser humano. Se reportan 133 especies animales con algún grado de vulnerabilidad (INE-SEMARNAP, 2000; Fuentes y Soto, 2002).

Las quemadas intencionales para provocar el cambio de uso de suelo y para la captura de especies utilizadas en la venta ilegal son actividades que ponen en peligro el equilibrio del ecosistema (Aranda, 1999). A partir de 1951, se han llevado a cabo actividades de exploración y extracción por parte de PEMEX. En 1997 se reportó la existencia de 55 campos petroleros con 295 pozos, 5 estaciones de recolección, 150 líneas de descarga de pozos y 5 ductos principales. La actividad petrolera en el área es considerada como de alto impacto debido a la contaminación de cuerpos de agua y la degradación de la vegetación y del suelo; pero son casi nulos los trabajos publicados que han evaluado los efectos (INE-SEMARNAP, 2000) y las actividades petroleras van en aumento.

La problemática de la Reserva Pantanos de Centla hace necesario continuar con las investigaciones para conocer mejor el sistema y generar información que complemente o ayude a mejorar el plan de manejo ya elaborado (INE-SEMARNAP, 2000). La realización de estudios de monitoreo espacial de recursos mediante la integración de herramientas como los sistemas de información geográfica y percepción remota es de gran utilidad ya que permite contar con información de la dinámica de cambios de los tipos de vegetación y uso de suelo. Debido a lo anterior es que se ha llevado a cabo la realización de este trabajo el cual tiene como objetivo identificar y cuantificar los tipos de vegetación y usos de suelo existentes en la Reserva Pantanos de Centla así como determinar los cambios ocurridos de 1990 a 2000.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla se localiza en la llanura aluvial en el delta de los ríos Grijalva-Usumacinta, al norte del estado de Tabasco entre las coordenadas  $17^{\circ} 57' 53''$  y  $18^{\circ} 39' 03''$  de latitud Norte y los  $92^{\circ} 06' 39''$  y  $92^{\circ} 47' 58''$  de longitud Oeste (INE-SEMARNAP, 2000) (Figura 1).

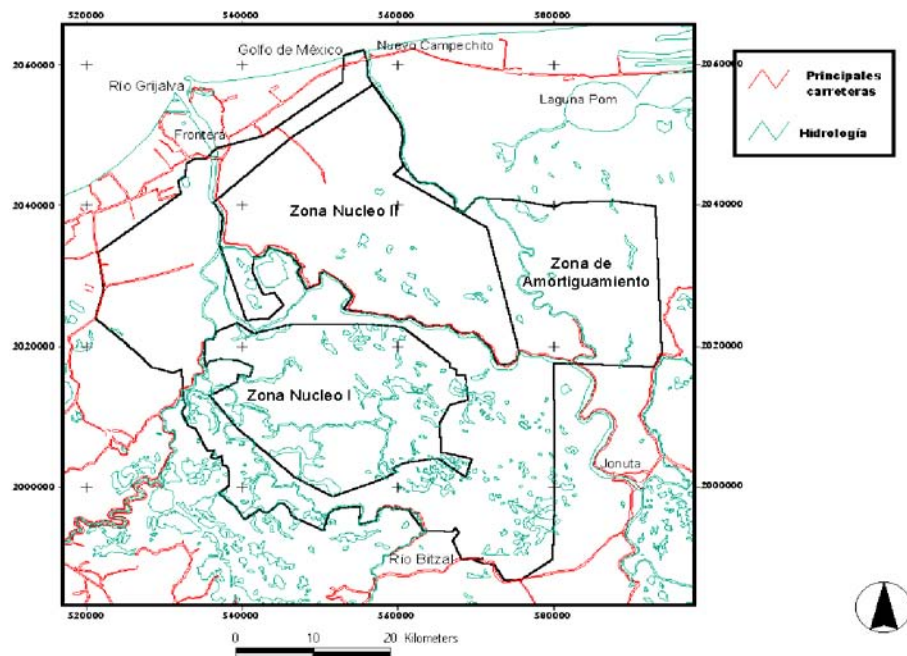


Figura1. Área de estudio.

Limita al norte con el Golfo de México en la desembocadura del Río San Pedro y San Pablo y con la ciudad de Frontera; al este con el estado de Campeche; al sur con el Río Bitzal y al oeste con el arroyo Las Porfias y la carretera Villahermosa-Ciudad del Carmen (Romero *et al.*, 2000). Con una superficie aproximada de 302,706 hectáreas se encuentra dentro de los municipios de Centla, Jonuta y Macuspana.

Por decreto federal la Reserva está dividida en dos zonas núcleo y una zona de amortiguamiento. La zona núcleo I se ubica al sur del área y ocupa una superficie de 57,738 ha. La zona núcleo II se ubica al norte del área y comprende una superficie de 75,857 ha. El resto del territorio está ocupado por la zona de amortiguamiento con una superficie aproximada de 169,111 ha (Figura 1) (INE-SEMARNAP, 2000).

En la Reserva Pantanos de Centla se han reconocido diversas comunidades vegetales las cuales son en su mayoría acuáticas y subacuáticas (INE-SEMARNAP, 2000). Las principales son: a) comunidades de hidrófitas (emergentes, flotantes, sumergidas); b) selva mediana subperennifolia de pucté; c) selva baja subperennifolia de tinto; d) manglar; e) matorral de *Dalbergia brownii* (mucal); f) palmar de *Acoelorrhaphe wrightii* (tasistal); g) palmar de *Sabal mexicana* (guanál); h) vegetación riparia y e) cultivos y potreros.

## **Métodos**

Los límites geográficos del área se establecieron mediante la consulta del Decreto de Ley de la Reserva publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en 1992. Los vértices obtenidos del DOF fueron capturados en una base de datos la cual fue procesada para construir los polígonos digitales.

Las bases de información geográfica incluyeron variables que pueden influir en la distribución de la vegetación para lo cual fueron digitalizadas las cartas de topografía, unidades edafológicas, unidades geológicas, hidrología, vías de comunicación, localidades y efectos climáticos en escala 1: 250 000. La información fue almacenada en un sistema de información geográfica (SIG).

Se utilizaron tres escenas del satélite LANDSAT-MSS, dos de abril de 1992 y una de agosto de 1992 con una resolución de 60 metros. Del satélite LANDSAT-ETM se utilizaron dos escenas, de abril y enero del 2000 con una resolución de 30 metros. Las actividades relacionadas con el procesamiento de las imágenes de satélite se llevaron a cabo utilizando IDRISI 32 (Eastman, 1992).

Las escenas fueron rectificadas para su georeferencia mediante una función de transformación utilizando un ajuste cuadrático de segundo grado mediante el vecino más cercano (Eastman, 1992). Una vez terminado este proceso se hizo el corte correspondiente al área de estudio en las cinco escenas, obteniendo cinco cortes (tres para 1990 y dos para el 2000). Las escenas fueron unidas al concluir el proceso de clasificación de las imágenes.

Se generaron compuestos en color para el análisis visual de las escenas seleccionando aquellos en los que se obtuvo mejor reconocimiento de los tipos de vegetación. Estas imágenes fueron utilizadas en la clasificación digital (Jensen, 1996) realizada mediante el método de clasificación mixto propuesto por Chuvieco (1995).

Se efectuaron cinco visitas al área de estudio comprendidas entre febrero-abril y julio-agosto del 2002 para obtener información de campo acerca de la vegetación y su localización; se identificó el mayor número y variedad posible de puntos de verificación. Debido a las condiciones de acceso limitado dentro de la Reserva, se registraron 400 puntos de muestreo distribuidos a través de los ríos y lagunas. Se realizó también un recorrido en helicóptero en julio del 2002 en áreas de difícil acceso –principalmente en la zona de amortiguamiento–. Se contó también con 250 puntos de verificación adicionales para apoyar la verificación de 1990 los cuales fueron proporcionados por otros investigadores.

La clasificación de la vegetación se basó en trabajos realizados por varios autores (Cuadro 1). Se realizó un agrupamiento de clases que se identificaron pertenecían a una sola. No fue posible separar las comunidades de matorral y palmar debido a la resolución utilizada y a que se encuentran en su mayoría mezcladas con los pastizales, por lo cual quedaron agrupadas en

éstos últimos. En las comunidades de hidrófitas se agruparon las hidrófitas emergentes, flotantes y sumergidas. Obteniéndose entonces las cartas de vegetación y uso del suelo identificando seis clases (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nombres equivalentes utilizados para las clases de vegetación reconocidas en este trabajo y sus equivalentes con otros autores.

Diversos autores <sup>1</sup>		INE-2000		En este estudio		Siglas
Selva	mediana	Selva	mediana	Selva	mediana	
inundable de pucté		subperennifolia de <i>Bucida buceras</i>		subperennifolia pucté		SMP
Selva baja inundable de tinto		Selva baja subperennifolia de <i>Haematoxylon campechianum</i>		Selva baja de tinto		SBT
Hidrófitas enraizadas emergentes		Hidrófitas emergentes		Comunidades hidrófitas		de CH
Hidrófitas enraizadas flotantes		Hidrófitas flotantes		Comunidades hidrófitas		de CH
Hidrófitas enraizadas sumergidas		Vegetación subacuática		Comunidades hidrófitas		de CH
Manglar		Manglar		Manglar		Mg
Cultivos y potreros		Cultivos y potreros		Pastizal		Pz
				Cuerpos de agua		Agua

<sup>1</sup>López-Hernández y Maldonado (1993); Boushot (1995) y Novelo (*com. pers.*) (INE-SEMARNAP, 2000).

Una vez clasificadas las cinco escenas se realizó un proceso de concatenación automático. Obteniéndose dos mosaicos de información de tipos de vegetación y uso del suelo (1990 y 2000). Para hacer comparables los mosaicos obtenidos fue necesario igualar las resoluciones (se modificó a 30 metros). Para valorar la exactitud y confiabilidad de la clasificación realizada se generó una matriz de confusión utilizando el Accuracy Assessment-ERRMAT. La cuantificación de los cambios ocurridos se realizó mediante un proceso de sobreposición utilizando los mapas correspondientes a 1990 y 2000, el cual generó un mapa de cambios y una matriz de variación.



Utilizando el programa Excel fueron cuantificadas las superficies ocupadas por cada clase, el número de fragmentos, el tamaño máximo de fragmentos en hectáreas y el tamaño mínimo de fragmentos en metros -para una mayor claridad- durante 1990 y 2000 para la Reserva. Fue calculada la tasa de cambio con base en la siguiente fórmula (Dirzo y García, 1992):

$$r = 1 - [1 - (A_1 - A_2 / A_1)]^{1/t}$$

Donde  $A_1$  = área al inicio del período

$A_2$  = área al final del período

T = número de años en el período considerado

Para evaluar el posible efecto de la presencia de carreteras pavimentadas y de terracería, localidades y canales sobre los cambios ocurridos se utilizó Arc View. Se generaron áreas buffer para cada factor a una distancia arbitraria de 1000 metros. Estos mapas fueron sobrepuestos con el mapa de cambios ocurridos 1990-2000 obteniendo mapas de superficie de vegetación relacionada con cada factor (Lambin, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mapa generado para la Reserva Pantanos de Centla mostró que la superficie de la Reserva es de 303,259 hectáreas encontrándose una diferencia de 553 hectáreas de las 302,706 hectáreas citadas en el DOF (1992) (Cuadro 2). Esto puede explicarse a que ésta última cifra es un dato aproximado y probablemente el método por el cual se calculó es diferente del utilizado en este trabajo.

Cuadro 2. Base de datos del polígono de la Reserva Pantanos de Centla (área en hectáreas)

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

## Vegetación y uso del suelo 1990-2000

Se generaron mapas de vegetación y uso del suelo para 1990 y al 2000 (Figura 2). Se encontró que las selvas de pucté y de tinto disminuyeron su superficie: la selva de pucté disminuyó 8% respecto a la existente en 1990, los remanentes de selva de tinto disminuyeron casi al 100% en el 2000. El resto de las clases consideradas aumentaron, particularmente los pastizales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Superficie (ha) ocupada por los distintos usos de suelo y vegetación en 1990 y en 2000. %= al total de la superficie ocupada en el año respectivo; TCA=Tasa de cambio anual; SMP=selva mediana de pucté; SBT=selva baja de tinto; Mg=manglar; CH=comunidades de hidrófitas; Pz=pastizal; agua=cuerpos de agua. Números negativos significan pérdidas, positivos incremento.

Clase	1990		2000		TCA
	Ha	%	Ha	%	
SMP	54,163	18	28,980	10	-6.06
SBT	54,350	18	736	0	-34.96
Mg	6,643	2	7,451	2	1.15
CH	171,158	56	183,932	61	0.72
Pz	5,007	2	58,266	19	27.82
Agua	11,937	4	23,895	8	7.19
Total	303,259	100	303,259	100	

La matriz de cambios generada indica la variación en hectáreas ocupadas para cada clase. Las columnas corresponden a los cambios de un hábitat a otro registrados en el 2000 y los renglones a los ocurridos en 1990 (Cuadro 4).

Los cambios más notables en la matriz son que casi 11,000 ha de selva de tinto y 6,600 ha de comunidades de hidrófitas fueron ocupadas por selva de pucté en el 2000. Casi 1,800 ha de selva de pucté corresponden en el 2000 a manglar y 256 ha de comunidades de hidrófitas a selva de tinto. Más de 30,000 ha de selva de pucté y 25,000 ha de selva de tinto fueron ocupadas por las comunidades de hidrófitas (Cuadro 4). La matriz indica que en todas las clases excepto el manglar la superficie ocupada de 1990 a 2000 cambió principalmente a comunidades de hidrófitas y pastizales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Matriz de cambios de superficie de los hábitats de 1990-2000 (ha). SMP=selva mediana de pucté; SBT=selva baja de tinto; Mg=manglar; CH=comunidades de hidrófitas; Pz=pastizal; agua=cuerpos de agua.

1990	2000						Total 1990
	SMP	SBT	Mg	CH	Pz	Agua	
<i>SMP</i>	9,770	94	1,790	30,086	10,864	1,560	54,163
SBT	10,995	371	799	25,235	15,010	1,940	54,350
Mg	1,348	2	3,167	1,486	286	354	6,643
CH	6,638	256	1,503	122,752	30,717	9,289	171,159
Pz	81	9	20	3,378	1,084	433	5,007
Agua	148	0	171	994	305	10,319	11,937
Total 2000	28,980	735	7,450	183,931	58,266	23,895	303,259

Se encontró que el número de fragmentos disminuyó en la selva mediana de pucté, selva baja de tinto y las comunidades de hidrófitas. Las variaciones más notables son la pérdida de fragmentos de selva de tinto y el incremento del número de fragmentos de pastizales (Cuadro 5).

### Verificación de los resultados

El mapa de uso del suelo y vegetación de 1990 cuenta con un error global del 11% (Figura 1 y 2). La matriz de confusión resultante (Cuadro 6 Y 7) muestra porcentajes de fiabilidad altos excepto en la selva mediana de pucté que tiene un nivel de imprecisión de 66%. El error global para el mapa de uso del suelo correspondiente al 2000 cuenta con un error global de 3.7%. En este caso el manglar presento el porcentaje de imprecisión más alto (45%) mientras que el resto de las categorías tienen porcentajes de fiabilidad de más de 70% (Cuadro 6). Es importante señalar que para la matriz del 2000 no se considero la selva baja de tinto debido a que prácticamente desapareció en la Reserva.

Cuadro 5. Análisis de algunos índices de fragmentación entre 1990 y 2000.

Clase	números fragmentos		tamaño mínimo (m)		tamaño máximo (ha)	
	1990	2000	1990	2000	1990	2000
SMP	6,371	4,103	627	667	2,451	821
SBT	4,253	245	628	661	12,683	32
Mg	952	2,324	904	674	983	983
CH	6,664	5,343	636	676	47,909	47,909
Pz	495	5,666	633	627	1,379	2,603
Agua	1,074	2,128	660	767	1,537	2,173

SMP=selva mediana de pucté; SBT=selva baja de tinto; Mg=manglar; CH=comunidades de hidrófitas; Pz=pastizal; agua=cuerpos de agua.

## Cambios de vegetación y su posible relación con algunos factores

### Carreteras pavimentadas

Una superficie de 20,516 hectáreas de la Reserva estuvo relacionada con la presencia de carreteras y caminos. La selva baja de tinto fue la más afectada (8,859 hectáreas), seguida de las comunidades de hidrófitas, la selva de pucté y el manglar (Cuadro 7).

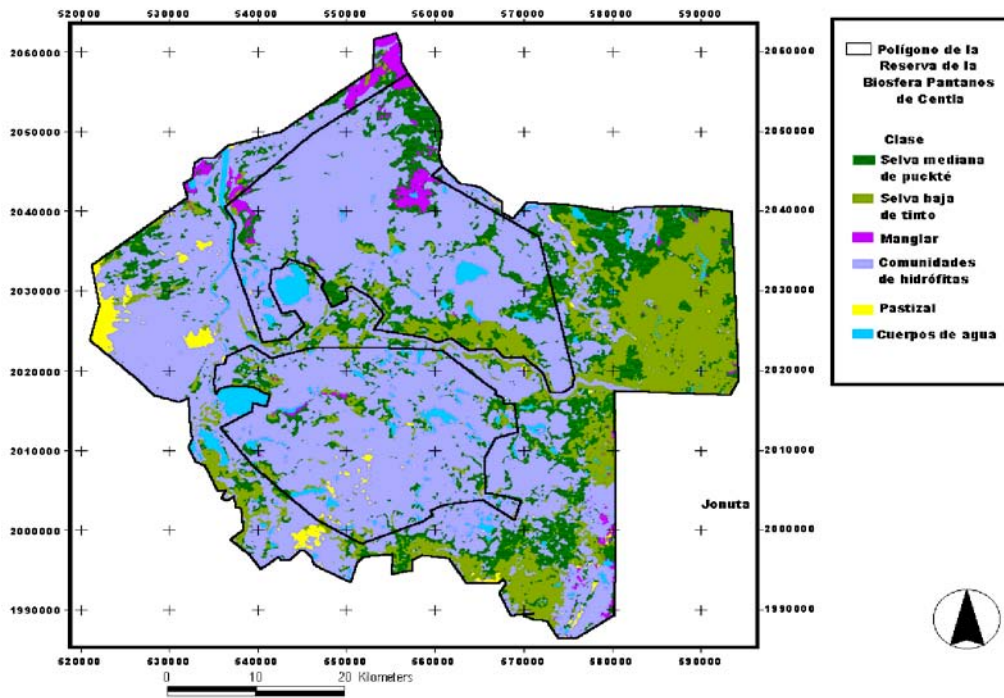


Figura 1. El mapa de uso del suelo y vegetación de 1990.

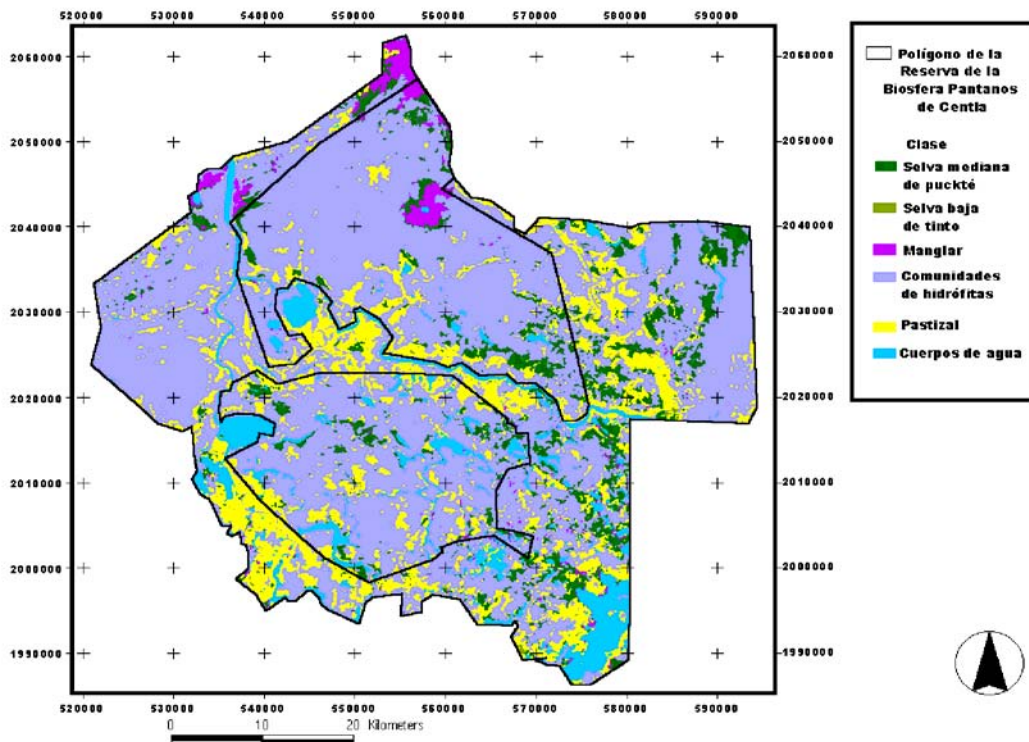


Figura 2. El mapa de uso del suelo y vegetación de 1990.

Cuadro 6. Matriz de confusión de la clasificación 1990.

Clase	Verdad en el terreno							ErrorC
	SMP	SBT	Mg	CH	Pz	Agua	Total	
SMP	1033	0	109	0	5	0	1147	0.0994
SBT	879	1093	0	0	0	0	1972	0.4457
Mg	1024	0	882	0	0	0	1906	0.5373
CH	109	0	252	1311	0	47	1719	0.2373
Pz	0	0	0	0	405	0	405	0.0000
Agua	0	0	0	5	0	13446	13451	0.0004
Total	3045	1093	1243	1316	410	13510	20617	
ErrorO	0.6608	0.0000	0.2904	0.0038	0.0122	0.0047		0.1187

SMP=selva mediana de pucté; SBT=selva baja de tinto; Mg=manglar; CH=comunidades de hidrófitas; Pz=pastizal; agua=cuerpos de agua. Errores expresados como proporciones: ErrorO=Errores de omisión; ErrorC=Errores de comisión.

Cuadro 7. Matriz de confusión de la clasificación 2000.

Clase	Verdad en el terreno							ErrorC
	SMP	Mg	CH	Pz	Agua	Total		
SMP	826	178	0	0	0	1004	0.1773	
Mg	0	418	0	0	0	418	0.0000	
CH	128	167	21130	3	0	21428	0.0139	
Pz	130	0	930	204	0	1264	0.8386	
Agua	0	0	0	0	17132	17132	0.0000	
Total	1084	763	22060	207	17132	41246		
ErrorO	0.2380	0.4522	0.0422	0.0145	0.0000		0.0372	

SMP=selva mediana de pucté; SBT=selva baja de tinto; Mg=manglar; CH=comunidades de hidrófitas; Pz=pastizal; agua=cuerpos de agua. Errores expresados como proporciones: ErrorO=Errores de omisión; ErrorC=Errores de comisión.

## Canales

Los resultados muestran que de 61,768 hectáreas estuvieron relacionadas con la presencia de canales en la Reserva, la selva de tinto fue la clase que presentó más cambios (23,336

hectáreas). Las comunidades de hidrófitas y la selva de pucté tuvieron casi la misma superficie afectada (Cuadro 8).

### Localidades

Las localidades al parecer afectaron casi 9,000 hectáreas de superficie de la Reserva en el lapso de tiempo considerado. Se encontró que la clase más afectada fueron las comunidades de hidrófitas seguidas de la selva de tinto, selva de pucté y el manglar (Cuadro 8).

Cuadro 8. Cambios ocurridos con relación a la presencia de carreteras pavimentadas, canales y localidades.

Factor	Clase						Total (ha)
	SMP	SBT	Mg	CH	Pz	Agua	
Carreteras	4,581	8,859	431	5429	1,014	202	20,516
Canales	17,275	23,337	1,090	18,637	647	782	61,768
Localidades	1,924	3,101	95	3,426	161	85	8,792

SMP=selva mediana de pucté; SBT=selva baja de tinto; Mg=manglar; CH=comunidades de hidrófitas; Pz=pastizal; agua=cuerpos de agua.

Los resultados encontrados muestran que únicamente las selvas presentaron una variación negativa en cuanto a superficie ocupada y la más afectada fue la selva de tinto. Una de las causas más devastadoras por su magnitud es la pérdida de vegetación anual provocada por los incendios. De acuerdo con la SEMARNAT, en el estado de Tabasco se presentaron 139 incendios forestales de 1970-1998 los cuales afectaron una superficie de 41,202 hectáreas (CESPEDES, 2003). En la Reserva se quemaron tan solo en 1998 un total 4 mil hectáreas (Aranda, 1999) de las cuales 3,300 fueron de selva inundable. También las actividades realizadas por PEMEX dentro de los Pantanos de Centla pueden explicar la pérdida de selvas encontrada debido a las alteraciones provocadas en el sistema.

## Tasas de cambio

El Instituto de Geografía de la UNAM calculó para México que las tasas de cambio anual en selvas de 1976-2000 fue de  $-0.76$  y de 1993-2000 de  $-2.06$  (Velásquez *et al.*, 2002). Por otro lado, las tasas reportadas en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo de 1975-1985 fueron de  $-0.15$ ,  $-0.27$  respectivamente y de 1985-1990 de  $-0.54$  y  $0.33$  (Cortina *et al.*, 1998). Sorani y Alvarez encontraron para la Laguna de Términos en Campeche de 1980-1993 tasas de cambio de  $-6.4$  (Velásquez *et al.*, 2002). En la misma Laguna se estimó de 1974-1986 una tasa de  $-2.67$  y de 1986-1991 de  $-2.79$  (Francois, 1998).

Los resultados encontrados para la Reserva Pantanos de Centla en 1990-2000 muestran que la tasa de cambio fue de  $-34.96$  (selva baja de tinto) y de  $-6.06$  (selva mediana de púcté) siendo solo esta última similar a lo reportado por Sorani y Álvarez (Francois, 1998) pero superiores a las tasas encontradas para el sur de Campeche, Quintana Roo y la Laguna de Términos. Esto indica la presión que se ha ejercido en las comunidades de selva en el Estado de Tabasco.

## Cambios ocurridos

Con el análisis de la matriz de cambios puede observarse que áreas de selvas fueron ocupadas por pastizales lo cual corrobora que la superficie de pastizal aumentó del 2% al 19%. No obstante el incremento de áreas de pastizal, en todas las categorías excepto los cuerpos de agua, la mayoría de las superficies de cambio fueron reemplazadas por las comunidades de hidrófitas, superando incluso a los pastizales.

Los resultados de este trabajo indican que la superficie de cuerpos de agua se incrementó al doble lo cual coincide en parte con los resultados de Enríquez (1998) quien observó un incremento en el tirante de agua de hasta 50 cm, sobre todo en la temporada de lluvias.

La ocupación de áreas de pastizal y comunidades de hidrófitas encontrada coincide con lo observado en las visitas de campo donde manchones de selva están rodeados de grandes extensiones de potreros, de tular a la orilla de los canales o como individuos mezclados con la



vegetación riparia. Esto indica que seguramente los sitios donde encontramos fragmentos de selva eran áreas más grandes y como resultado del cambio de uso de suelo han sido desplazadas por otras comunidades.

Los cambios en superficie ocupada de selva de tinto a selva de pucté y de selva de pucté a manglar observados en la matriz de cambios pueden deberse a que como se menciono, estas clases pueden encontrarse mezcladas así que posiblemente al ser afectadas las selvas de tinto y de pucté -debido a causas ya mencionadas- se permitió la expansión de selva de pucté y del manglar.

El cambio en superficie de comunidades de hidrófitas a selva de tinto pudiera parecer en primera instancia un poco raro por ser el tinto un árbol de crecimiento lento. Sin embargo, puede explicarse porque durante los periodos de inundación más altos las comunidades de hidrófitas proliferan en la zona de estudio -lo encontrado en 1990- pero en otro lapso de tiempo las condiciones en época de secas limitan la presencia de las hidrófitas y permiten el crecimiento o expansión de otras comunidades; no puede descartarse la posibilidad de que antes de 1990 árboles de tinto ya se encontraban en crecimiento -aunque se desconoce cuánto tiempo atrás- pero que finalmente pudieron ser detectados 10 años después.

Los cambios encontrados de cuerpos de agua a hidrófitas pueden explicarse primeramente porque las comunidades de hidrófitas se adaptan fácilmente a cualquier condición en la Reserva y se expanden, pero también puede deberse a que actividades llevadas a cabo para drenar el pantano estén alterando la superficie de cuerpos de agua favoreciendo la proliferación de hidrófitas.

### **Índices de fragmentación**

La disminución considerable del número de fragmentos de selvas coincide con la pérdida de superficie encontrada. En el caso del manglar el número de fragmentos se incrementó, no obstante, se mantuvo la superficie lo cual indica que este tipo de vegetación sufrió una

fragmentación y si bien se perdieron algunas áreas, en otras se pudo extender el manglar y compensar la pérdida.

Los últimos reportes en abril del 2003 indican que tan solo en lo que va de la temporada de secas para el mismo año, se han quemado más de 800 hectáreas de manglares, sibales y tulares. De acuerdo a la información existente, México esta perdiendo su área de manglar a un ritmo que va de 8 al 20% anual. Datos del Instituto de Geografía indican para la vegetación hidrófila –donde se incluyó el manglar- que de 1976-2000 la tasa de cambio anual fue de – 0.59 y de 1993-2000 de -0.61 (Velázquez *et al.*, 2002). Por otra parte, en los humedales Laguna Grande-Agua Grande-Teacapán en Sinaloa se encontró que la cobertura de manglar permaneció prácticamente constante, con una tasa de perdida de 45 ha/año (Berlanga y Ruiz, 1997).

Para la Reserva Pantanos de Centla los resultados coinciden con lo registrado para los humedales en Sinaloa debido a que la superficie de manglar se mantuvo y la tasa de cambio encontrada de 1990-2000 fue de 1.15 es decir hubo un pequeño incremento.

### **Cambios relacionados con algunos factores**

La superficie de la Reserva que presentó cambios y que se relacionó con algunos factores indicó que la presencia de canales fue la que posiblemente tuvo el mayor impacto en los cambios encontrados. Los canales juegan un papel determinante en las alteraciones o modificaciones de los ambientes acuáticos de la Reserva Pantanos de Centla. De hecho todos los bordes de ríos y lagunas están llenos de canales de distinto ancho. En las visitas de campo se observó también que los bordes de ríos que tienen canales han sido habilitados como potreros. La apertura de canales se hace principalmente para drenar el pantano y para generar vías de acceso a otras comunidades vegetales que serán aprovechadas para uso comercial, ganadero o petrolero.

La presencia de carreteras pavimentadas y de terracería también pudo tener un efecto importante en los cambios encontrados lo cual coincide con lo reportado por Cruz (2001); en

este trabajo este factor ocupó un lugar intermedio entre los tres considerados. Respecto a la presencia de localidades se encontró que fue el factor que tuvo menor influencia sobre los cambios registrados. Esto puede sugerir que no es la presencia de localidades como tal lo que afecta sino las actividades que se realizan al establecerse las comunidades.

A pesar de que no fue posible obtener información georeferenciada de la presencia de pozos petroleros dentro de la reserva y poder analizar su impacto sobre los cambios ocurridos, por el número de 526 pozos (INE-SEMARNAP, 2000) podemos decir que seguramente han sido también causa importante en las variaciones registradas.

## **CONCLUSIONES**

Tomando como base los resultados de este trabajo, se concluyó que la variación por pérdida en los tipos de vegetación y uso del suelo en los Pantanos de Centla a partir del Decreto Federal en 1992, no se ha detenido. Únicamente el manglar ha mantenido la superficie ocupada. Estos cambios han afectado más a las selvas y han favorecido la expansión de las comunidades de hidrófitas que ocupan actualmente la mayor superficie de la Reserva.

Los cambios encontrados en los tipos de vegetación y uso del suelo en la Reserva han sido provocados por diversos factores, siendo la deforestación y los incendios forestales dos de las principales causas.

La superficie ocupada por selvas de tinto resultó ser la más afectada, esto se remonta a la sobreexplotación hecha del recurso desde la época colonial con las explotaciones forestales para ser exportadas a Europa. El tinto ha sido utilizado en Tabasco y Campeche para la obtención de maderas preciosas, ebanistería fina y la extracción de una sustancia para teñir de color rojo. Por parte de los habitantes como leña, construcción de viviendas y para cercar potreros.

Los canales juegan un papel determinante en las alteraciones o modificaciones de los ambientes acuáticos de la Reserva Pantanos de Centla. Esto se constata debido a que puede observarse que todos los bordes de ríos y lagunas están llenos de canales de distinto ancho.

La problemática de la Reserva involucra directamente a la población existente por lo cual las soluciones y estrategias de manejo deben ser dirigidas estableciendo el vínculo social con el de conservación.

La realización de trabajos de este tipo en otras áreas naturales sería de gran valor en las propuestas de manejo, pero también es importante trabajar en colaboración con la comunidad debido a que en muchas ocasiones los pobladores tienen conocimientos que son ignorados por los investigadores.

Los patrones de reflectancia prácticamente iguales entre la selva mediana de pucté y el manglar; hicieron difícil separar estas clases y de hecho en campo se encuentran mezcladas, presentando estas clases los porcentajes de fiabilidad más bajos, así como los niveles de imprecisión más altos respecto al resto de las clases consideradas.

A pesar de que la clasificación de imágenes de satélite para identificar tipos de vegetación de una zona en particular depende de varios factores como la identificación hecha por el intérprete, los métodos utilizados, la escala de trabajo y las variaciones climáticas, entre otros.

Los resultados encontrados en este trabajo son indicativos de una buena aproximación con la realidad y representan un avance en la aportación de conocimientos acerca de la problemática que enfrenta esta área natural protegida.

La combinación de elementos de la percepción remota y la incorporación de la información obtenida a un sistema de información geográfica permite el análisis espacial debido a que hizo posible detectar las zonas que han sido más afectadas, las comunidades vegetales más impactadas en el lapso considerado y permite visualizar cuáles pueden ser las posibles tendencias de cambio en los Pantanos de Centla.

## LITERATURA CITADA

Aranda, R.

1999 **“Instalaciones petroleras están inmersas en Pantanos de Centla, el ecosistema más rico y diverso del planeta”**. In: La Crónica Hoy, Suplemento de Abril, México.

Berlanga, R.C. y Ruiz, L.A.

1997 **“Los manglares”**. (En línea).  
Disponible en <http://www.selper.uabc.mx/Publicacio/cong97/te2.doc>

Cervantes, M.

1999 (En línea). Disponible en <http://www.laneta.apc.org/emi/jornada/abril.html>

CESPEDES

2003 (En línea). Disponible en  
[www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/deforestacion/cap\\_4.htm](http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/deforestacion/cap_4.htm)

Chuvieco, E.

1995 **“Fundamentos de teledetección espacial”**. Ed. Rialph, España. 453 p.

Cortina, V.S.; Macario, M.P.; Ogneva, H.Y.

1998 **“Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo”**. Boletín, núm. 38, Instituto de Geografía, UNAM, México. pp. 41-56.

Cruz, P. V.

2001 **“Impacto de las carreteras en las selvas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco”**. Tesis de Licenciatura, UJAT. Pp. 15-42

De la Lanza, G.

1999 (En línea). Disponible en <http://www.laneta.apc.org/emi/jornada/abril.html>

Dirzo, R. y García, M.C.

1992 **“Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in South east Mexico”**. Conservation Biology 6(1): 84-90.

DOF

1992 Poder Ejecutivo Federal. (Agosto 1992), Decreto de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México.

DUMAC

2000 (En línea). Disponible en <http://www.dumac.org/dumac/habitat/index.html>

Eastman, R.

1992 **“IDRISI User’s guide versión 4.0”**. USA. pp.. 42-85.

ECOYUC

2002 (En línea). Disponible en línea <http://www.ecoyuc.com/humedales.html>

Enríquez, G.C.

1998 **“Geomorfología e impacto ambiental en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco”**. Tesis de Licenciatura, UNAM. México. p. 4-26.

Francois, M. J.

1998 (En línea). Disponible en <http://www.selper.uabc.mx/Publicacio/Con9/te3.doc>

Fuentes, L. y Soto, C.

1992 **“La Perspectiva Ambiental en los Sistemas de Información Geográfica”**. Memorias del 1er. Congreso Nacional de SIG. AMESIGE. México, pp. 39-40.

INE

2000 (En línea) Disponible en <http://www.ine.gob.mx>

INE-SEMARNAP

2000 *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México*, 220 p.

Jensen, R.

1996 **“Introductory digital image processing”**. Ed. Prentice Hall, USA. pp.225-252.

Lambin, E.F.

1996 **“Change detection at multiple temporal scales: seasonal and annual variations in landscape variables”**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 62(8): 931-938.

Lum, K.

1999 (En línea). Disponible en <http://www.laneta.apc.org/emi/jornada/abril.html>

RAMSAR

2000 (En línea). Disponible en [http://www.ramsar.org/profiles\\_mexico.html](http://www.ramsar.org/profiles_mexico.html)

Romero, G.J.; García, M.A.; Bautista, J.A.; Pérez, A.P.

2000 **“Caracterización de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla”**.  
Universidad y Ciencia 15 (30): 15-20.

Sánchez, J.

2003 **“Pierde México al año, 700 mil hectáreas de bosques”**. *In*: el Universal sección  
estados. 08/jun. pp. A39.

SEMARNAP

2000 (En línea).

Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/produccion/rec-forestales/inv3.html>

Velásquez, A., Mas, J.F., Díaz, J.R., Mayorga-Sucedo, R., Alcántara, P.C., Castro, R.,  
Fernández, T., Bocco, G., Ecurra, E., Palacio, J.L.

2002 **“Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México”**. Gaceta ecológica,  
núm. 62, INE-SEMARNAT, México, pp. 21-37.

### AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de la Reserva Pantanos de Centla, al Inventario Nacional Forestal, al Instituto de Geografía, al Dr. Alejandro Novelo, al Biol. Gilberto Hernández, al Biol. Juan Carlos Romero, al Ing. Paulo H. Pérez, al M. en C. Luis Amado Ayala, a la Dra. Concepción Rodríguez y al Dr. Fabián Vargas.