

COBERTURA TEMPORAL DE LOS HUMEDALES EN LA CUENCA DEL USUMACINTA, BALANCÁN, TABASCO, MÉXICO

Temporal wetland cover in the Usumacinta basin, Balancán, Tabasco, Mexico

Feliciano Estrada Loreto, Everardo Barba Macías ✉, Rodimiro Ramos Reyes

(FE) (EB) Dpto. de Aprovechamiento y Manejo de Recursos Acuáticos, Div. Sistemas de Producción Alternativos.
ebarba@ecosur.mx

(RR) Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística (LAIGE). El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, México.

Artículo recibido: 16 de enero de 2012, **aceptado:** 17 de junio de 2013

RESUMEN. Los humedales del municipio de Balancán se interpretaron de manera visual en pantalla mediante el uso de imágenes de satélite LANDSAT en las temporadas de mínima y máxima inundación (2007). Un total de 13 289 ha (3.48 %) y 35 519 ha (8.66 %) de humedales fueron delimitadas para mínima y máxima inundación respectivamente. La cuantificación por subsistema arrojó que 9 140 ha fueron humedales ribereños, 3 180 ha lacustres y 968 ha palustres para mínima inundación, mientras que 15 687 ha fueron ribereños, 7 117 ha lacustres y 12 714 ha palustres en máxima inundación. La variación entre temporadas fluctuó de 2.40 a 3.71 % en humedales ribereños, de 0.83 a 1.88 % en lacustres y de 0.25 a 3.07 % en palustres. En ambas temporadas los humedales se categorizaron en el intervalo de mayor o igual a 1 hectárea pero menor a 50 ha (70.9 % para mínima inundación y 75.1 % para máxima inundación). La comparación de los humedales 2006 vs 2007, registraron que los lacustres presentaron un aumento de 3 170 ha, los palustres una reducción de 16 542 ha y los ribereños un aumento de 4 800 ha. El uso del sistema de información geográfica (SIG), interpretación visual de imágenes LANDSAT multispectrales (combinación de bandas 4,3,2) de dos temporadas, de donde se obtuvieron los humedales del municipio de Balancán en la cuenca del río Usumacinta, servirán como insumos básicos para planes de manejo y ordenamiento del territorio de esta subregión del Estado.

Palabras clave: Humedales de agua dulce, imágenes de satélite, cuenca Usumacinta, Balancán, Tabasco.

ABSTRACT. The wetlands of the Balancán municipality were visually classified using LANDSAT satellite images during the minimum and maximum flood seasons of 2007. A total of 13 289 ha (3.48 %) and of 35 519 ha (8.66 %) of wetlands were identified for the minimum and maximum flood seasons respectively. A subsystem quantification indicated that 9 140 ha are riparian wetlands, 3 180 ha are lake areas and 968 ha are swamp wetlands for the minimum flood season, whereas 15 687 ha are riparian, 7 117 ha are lakes and 12 714 ha are swamps for the maximum flood season. Between-season variations were 2.40 to 3.71 % for riparian wetlands, 0.83 to 1.88 % for lake areas and 0.25 to 3.07 % for swamp wetlands. The wetlands were classified within a range of greater than or equal to 1 ha, but smaller than 50 ha (70.9 % for the minimum flood season and 75.1 % for the maximum flood season) for the two seasons. A 2006 vs 2007 comparison of wetlands indicated that the lake areas increased by 3 170 ha, the swamps decreased by 16 542 ha and the riparian areas increased by 4 800 ha. The use of the geographic information system (GIS) and the visual interpretation of multispectral LANDSAT images (bands 4,3,2 combined) for both seasons, from which the Balancán municipality wetlands in the Usumacinta river basin were obtained, will provide basic data for management and regulation plans for the territory in this sub-region of Tabasco

Key words: Freshwater wetlands, satellite images, Usumacinta basin, Balancán, Tabasco.

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas como el desarrollo urbano y el manejo agrícola, han causado

pérdidas significativas de las áreas de humedales y áreas ribereñas (Syphard & García 2001). En México se estima una pérdida del 12 al 60 % de humedales en los últimos 20 años (Agraz-Hernández

et al. 2001), que se ha incrementado hasta un 62.5 % principalmente hacia las zonas costeras del Golfo de México y Pacífico sur (Tamaulipas, Veracruz, Chiapas, Tabasco y Campeche) (Landgrave y Moreno-Casasola 2012), a nivel mundial los humedales costeros están desapareciendo a una tasa anual del 1 % (Gu et al. 2007). Las pérdidas se atribuyen al drenado o relleno de humedales para crear tierras de cultivo, infraestructura carretera, urbanización y expansión ganadera, así como por la explotación del manto freático mediante el bombeo de agua por pozos y acequias (Carrera & de la Fuente 2003; Zedler & Kercher, 2005).

Las alteraciones hidrológicas asociadas con estas actividades, afectan el suministro de agua y los patrones de drenaje superficial y subsuperficial, y reducen el tamaño y distribución de los ecosistemas dependientes de esas fuentes de agua (Ehrenfeld 2000; Winter et al. 2001). Las presiones antropogénicas sobre los humedales continúan, alterando procesos ecológicos clave que han conllevado a la reducción de la superficie y a la disminución de la resiliencia de estos ecosistemas (Agardy et al. 2005).

Una forma tradicional para analizar y detectar los cambios en los recursos de los humedales es mediante la interpretación de fotografías aéreas (Ramsey & Laine 1997), así como el uso de imágenes de satélite con resolución temporal alta, anchos de banda precisos, patrones de vuelo repetitivos y procedimientos de georreferenciación precisa (Jensen 1996; Coppin et al. 2004).

La variedad de fuentes de datos de imágenes y sistemas de clasificación comúnmente utilizadas, han hecho posible el desarrollo de numerosas técnicas para detectar cambios en los humedales y usos del suelo en general (Coppin et al. 2004). Los procedimientos basados en clasificaciones de imágenes LANDSAT brindan precisiones semejantes o mayores a otros sensores como imágenes SPOT o IRIS (Ramsey et al. 2005; Ringrose et al. 2005). Las imágenes de satélite LANDSAT TM (Thematic Mapper) ofrecen además de la información que dan las fotografías aéreas, el poder establecer y analizar la estructura biológica de los humedales, así como el desarrollo de planes de manejo cuando se combina con otras capas de información, tales como el ra-

diométrico, característicos para el inventario de los ecosistemas (Hewitt 1990; Tinner 1990).

Tabasco es un estado del sureste de México que presenta una red hidrológica importante, y por encontrarse gran parte de su superficie en la planicie costera del Golfo de México, cuenta con extensas áreas de humedales que contabilizan 27.7 % de su superficie (Barba et al. 2006), donde destacan los humedales de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) y el Cañón del Usumacinta en Tenosique como Áreas Naturales Protegidas entre otros humedales (INE-SEMARNAT; 2002, CONANP 2007). En la parte sur del Estado, subregión Ríos, se localiza la región hidrológica prioritaria No. 91 Balancán, la cual posee un bajo registro de su biodiversidad (inventarios florísticos y faunísticos) y un desconocimiento del estado general de salud de los cuerpos acuáticos.

En esta región se encuentran diversos ecosistemas como: sabanas, palmar inundable, pantanos, ríos y humedales que aún no han sido explotados científicamente y/o socio-económicamente (Arriaga et al. 2002; Barba et al. 2006; CONABIO 2008). No obstante, el alto grado de biodiversidad esperada, el cambio de uso de suelo en esta subregión de los Ríos (municipios Tenosique, Balancán y Emiliano Zapata) ha sido la principal amenaza para los humedales, destacándose que en Tabasco se han perdido 912 942 ha de humedales, que representan un 60 % (Anónimo 2008) y a nivel municipal se registra una disminución de 10 872 ha de cuerpos de agua, 477 ha de popales y tulares y 124 508 ha de selva durante el periodo de 1968 a 2000 (Manjarrez et al. 2007). Estos cambios se deben a la presión de diversos factores como: la extracción selectiva de maderas preciosas, la colonización, la apertura de caminos y la expansión de la frontera agrícola y ganadera (Manjarrez et al. 2007; Isaac-Márquez et al. 2008; Manjarrez 2008; Rodríguez-Córdova 2010).

El presente trabajo tiene el objetivo de cuantificar la cobertura de los humedales y sus cambios temporales (temporadas de mínima inundación y máxima inundación) en el municipio de Balancán, Tabasco mediante el análisis de imágenes de satélite LANDSAT.

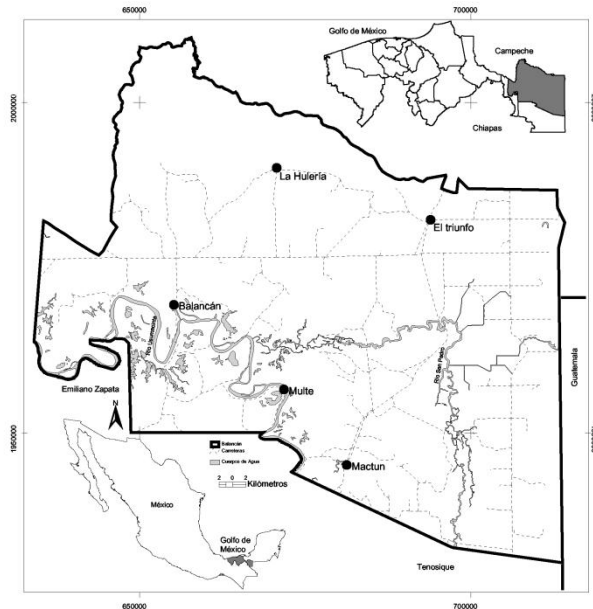


Figura 1. Localización del municipio de Balancán, Tabasco.

Figure 1. Location of Balancán municipality, Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

Balancán está situado en el norte de Tabasco ($18^{\circ}10'$ y $17^{\circ}26'$ de latitud norte; $90^{\circ}59'$ y $91^{\circ}42'$ de longitud oeste), colinda al sur con el municipio de Tenosique y Emiliano Zapata, al este con Campeche y la República de Guatemala, al norte con el estado de Campeche y al oeste con el municipio de Emiliano Zapata y el estado de Campeche, cubre una extensión de $3\,626.10\text{ km}^2$, lo cual corresponde al 14.8 % de la superficie del Estado (Anónimo 2006) (Figura 1). El clima predominante es cálido semi-húmedo, y máxima inundación durante el verano. La temperatura promedio es de $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mínima de $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $41\text{ }^{\circ}\text{C}$ como máximo) (Anónimo 2006). El volumen máximo de precipitación es de $1\,500\text{ mm}$ en septiembre y el volumen de las precipitaciones es mínima en abril (Anónimo 2006) (Figura 2). Balancán se encuentra dentro de la zona plana del Estado, con una altitud por debajo de 40 msnm , y se divide en tres zonas; Norte, Sur y Plan Balancán, de acuerdo con los usos del suelo y sus prácticas. En la zona Sur existen numerosos cuerpos de agua y es un área sujeta a inundaciones temporales, lo que ocasiona que las actividades productivas se realicen

de manera temporal. En comparación con la zona Norte la cual es más alta con 30 msnm , y donde existen grandes extensiones de pastizales. El Plan Balancán es la zona con menos cuerpos de agua, está cercana a la frontera de Guatemala, y se ha considerado una zona muy perturbada por las actividades de agricultura, y actualmente sufre una conversión a ganadería permanente (Pozo-Montuy 2006; Estrada 2008). Los tipos de suelos presentes son: gleysoles y vertisoles en la zona norte, cambisoles y leptosoles en el centro, y en menor escala se registran los regosoles, fozem y fluvisoles (Anónimo 2006).

Delimitación de humedales.

Los humedales fueron determinados en base a los criterios propuestos por Barba et al. (2006), modificados para los humedales de Tabasco y se clasificaron en: 1) ribereños, 2) lacustres y 3) palustres. La identificación de los humedales así como la obtención de datos de superficie se llevaron a cabo mediante la interpretación visual en pantalla de las imágenes de satélite LANDSAT 5 TM (Thematic Mapper) de los meses de abril (época de mínima inundación, balan_gm2147_4817mul_23abr07.img) y noviembre (época de máxima inundación, balan_geo2148_mul_17nov07.img) del año 2007, así como ortofotos que cubren la totalidad del Municipio de Balancán. La identificación de humedales existentes para cada período, se aplicó los criterios de tono, forma, tamaño, textura, sombra y distribución. Además, se realizó un exhaustivo trabajo de campo para corroborar la identificación de los tipos de humedales en gabinete. La escala utilizada para la identificación de humedales fue de $1:50\,000$, con el despliegue en falso color (RGB 4, 3, 2), con lo cual se poligonizaron los humedales y se realizó un sistema de información geográfica (SIG) con la información obtenida (Ordóñez & Martínez-Alegría 2003). El manejo de la información vectorial y bases de datos georreferenciadas generadas a partir del equipo GPS, se operaron con el sistema de información geográfica ARC GIS versión 9.0, y Arc View 3.2, ambos sistemas para Windows XP Professional. Las uniones de la hidrología (escala

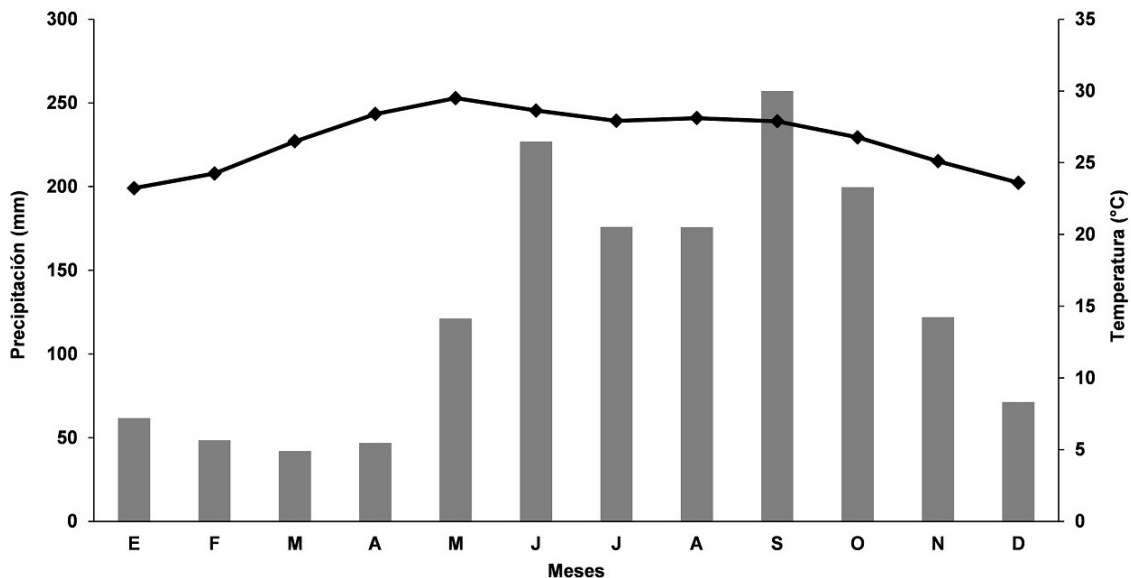


Figura 2. Temperatura y precipitación mensuales históricas de 1949 a 2004 para el municipio de Balancán (INEGI, 2006).

Figure 2. Historical monthly temperature and rainfall data recorded from 1949 to 2004 for the Balancán municipality (INEGI, 2006).

1:50,000), y suelos inundables (Palma-López *et al.* 2002) y la vegetación (INF 2001) (escala 1:250 000), permitieron generar una sola capa vectorial, para tener un mapa mediante el uso de SIG con base en la metodología propuesta por Chuvieco (2002) y Ordóñez & Martínez-Alegría (2003). Mientras que el sistema de clasificación de humedales empleado fue de acuerdo a los criterios de subsistemas de Ramsar (Convención Ramsar 2005), modificado por Barba *et al.* (2006). Por último se agruparon los tipos de humedales por tamaño de acuerdo a los intervalos propuestos por la cartografía del Inventario Nacional Forestal (INF 2001).

RESULTADOS

Se determinaron un total de 13 289 ha de humedales (223 humedales) para la época de mínima inundación, lo que representó 3.48 % de la superficie municipal y 0.53 % del territorio tabasqueño. El humedal tipo ribereño (M) fue el mejor representado en distribución y cobertura en el municipio, con una superficie de 9 140 ha (2.40 %), seguido del humedal lacustre (O) con 3 280 ha

(0.83 %) y por último el humedal tipo palustre (Tp) con un total de 968 ha representando el 0.25 % de la superficie total municipal (Tabla 1, Figura 3).

Temporalmente en máxima inundación se delimitaron un total de 441 humedales, pertenecientes a 35 519 ha, lo que representó el 8.66 % de extensión en el municipio y 1.34 % en la superficie a nivel estatal. El humedal de tipo ribereño tuvo una superficie de 15 867 ha, el humedal palustre 12 714 ha, y el humedal lacustre contabilizó un total de 7 117 ha (Tabla 1, Figura 4).

La variación de la cobertura de los humedales entre temporadas (mínima inundación vs máxima inundación) permitió observar un cambio de la superficie, donde el humedal ribereño (M) aumentó de 2.40 a 3.71 %, el humedal lacustre (O) de 0.83 a 1.88 % y el humedal palustre (Tp) de 0.25 a 3.07 % con respecto a la superficie municipal (Tabla 1). En cuanto al número de humedales, se apreció un aumento en la temporada de mínima inundación a la de máxima inundación de 223 a 441 humedales respectivamente (50.6 %). La diferencia en la superficie entre temporadas, arrojó que para máxima inundación se determinó un incremento de humedales

Tabla 1. Cobertura temporal de los humedales del municipio de Balancán. (Subsistemas de humedales: M, O y Tp según Ramsar, 2005; n = número).

Table 1. Temporal cover of the Balancán municipality wetlands (wetland subsystems: M, O and Tp according to Ramsar, 2005; n = number).

Tipo de humedal	Mínima inundación		Máxima inundación		Cambio	
	Cobertura (%)	n	Cobertura (%)	n	Cobertura (%)	n
Ribereño (M)	2.4	53	3.71	84	1.55	31
Lacustre (O)	0.83	143	1.88	145	2.25	2
Palustre (Tp)	0.25	27	3.07	212	12.08	185

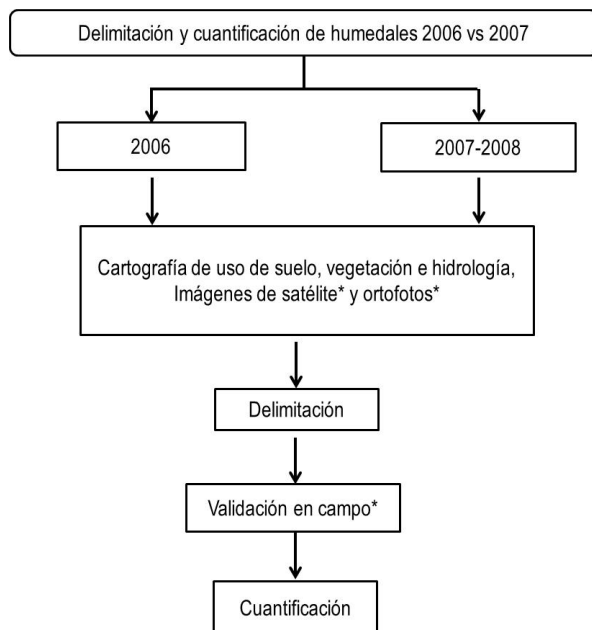


Figura 3. Ruta crítica metodológica para la delimitación y cuantificación de humedales del municipio de Balancán, Tabasco de acuerdo con Barba et al. (2006). (El símbolo * indica nuevos insumos utilizados en este trabajo).

Figure 3. Method for the identification and quantification of wetlands in the Balancán municipality, Tabasco, according to Barba et al. (2006) (the symbol * indicates new inputs used in this study)

de 2.48 veces, mientras que de acuerdo al tipo de humedal, el humedal ribereño aumentó 1.55, el humedal lacustre 2.25 y el humedal palustre 12.08 veces respectivamente (Tabla 1).

En ambas temporadas se observó que la mayor proporción de humedales se distribuyó entre el intervalo de mayor o igual a una hectárea pero menor a 50 ha (70.9 % para mínima inundación y 75.1 % para máxima inundación) y en menor proporción los humedales con superficies mayores a 1 000 ha (0.90 % para ambas temporadas) (Tabla 2).

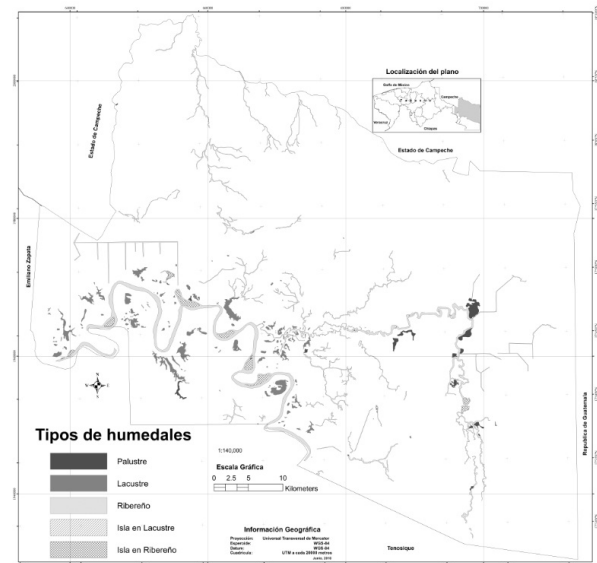


Figura 4. Cobertura de los humedales en la época de mínima inundación en el municipio de Balancán, Tabasco.

Figure 4. Wetland cover during the minimum flooding season in the Balancán municipality, Tabasco.

No obstante el aumento en número y superficie para todos los humedales en la temporada de máxima inundación, los humedales con aumentos mayores fueron los humedales palustres y los ribereños (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Inventario de humedales de Balancán, Tabasco

Para realizar el levantamiento de inventarios de humedales se requiere partir de una definición y un sistema de clasificación base, independientemente de su cobertura espacial (Finlayson & Van der Valk 1995; Mitsch & Gosselink 2000). Existen diversos métodos y enfoques para abordar la clasifi-

Tabla 2. Número de humedales por temporada clasificados de acuerdo con su tamaño (Intervalos propuestos por el Inventario Nacional Forestal, 2001; E = mínima inundación; LI = máxima inundación).

Table 2. Number of wetlands per season according to size (ranges proposed by the National Forestry Inventory, 2001; E = minimum flood; LI = maximum flood).

Intervalos	Palustre (Tp)		Lacustre (O)		Ribereño (M)		% %	
	E	LI	E	LI	E	LI	E	LI
> 1 ha	0	10	14	12	2	1	7.2	5.2
≥ 1 ha < 50 ha	17	185	112	107	29	39	71	75
≥ 50 ha < 100 ha	6	9	10	8	7	14	10	7
≥ 100 ha < 500 ha	4	4	7	16	0	26	4.9	10
≥ 500 ha < 1000 ha	0	2	0	2	13	2	5.8	1.4
> 1000 ha	0	2	0	0	2	2	0.9	0.9
Total	27	212	143	145	53	84	223	441

Tabla 3. Comparación de la cobertura de los humedales de los años 2006 y 2007 en el municipio de Balancán, Tabasco (E = mínima inundación; LI = máxima inundación).

Table 3. Comparison of wetland cover in the years 2006 and 2007 in the Balancán municipality, Tabasco (E = minimum flood; LI = maximum flood).

Tipo de humedal	Cobertura				
	2006 (Ha)	E 2007 (Ha)	LI 2007 (Ha)	2007 (Ha)	2006 vs 2007
Lacustre	1979.14	3180.81	7117.94	5149.37	3170.24
Palustre	23384.31	968.43	12714.65	6841.54	-16542.77
Ribereño	7613.58	9140.7	15687.13	12413.92	4800.34
Total	32977.02	13289.95	35519.72	24404.83	-8572.19

cación y delimitación de humedales a nivel mundial, siendo los más utilizados los del Inventario Nacional de Humedales de Estados Unidos (Cowardin *et al.* 1979) y la de la Convención Ramsar (Scott & Jones 1995). En México se han desarrollado varios esfuerzos sobre inventario de humedales, enfocándose principalmente a los manglares y en menor escala a los ecosistemas herbáceos y arbóreos de agua dulce (Lot y Novelo 1990; López-Portillo y Ezcurra 2002; Ellison 2004; Moreno-Cassasola 2008). A su vez, un trabajo importante es el de Berlanga-Robles *et al.* (2008), donde se desarrolló un sistema de clasificación basado en la aproximación geomorfológica (formas terrestres) e hidrológica (régimen de agua) con la adición de los humedales artificiales propuestos por la Convención de Ramsar. Esta clasificación cuenta con una estructura jerárquica en tres ámbitos (marino-costeros, continentales y artificiales), cinco sistemas (marino, estuarino, fluvial, lacustre y palustre), ocho subsistemas y 26 clases (17 naturales y nueve artificiales). Desde

un enfoque paisajístico las clases corresponden a facetas acuáticas integradas por un conjunto de ecotopos los cuales pueden definirse con base en los criterios y descriptores propuestos en los sistemas estadounidense y geomorfológico. Este sistema de clasificación es la base para el Inventario Nacional de Humedales (CONAGUA 2012; SEMARNAT, INEGI, CONABIO, CONANP, INE, CONAGUA 2008), así también DUMAC (2011) ha realizado el inventario de humedales en el país abarcando un total de 904 572 ha principalmente en los estados del norte y centro de México. Anónimo (2008) en la misma región tiene una estimación de 675 756 ha. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, estos ecosistemas no han logrado adquirir una relevancia que permita contar con una legislación que proteja el uso sustentable y garantice su conservación. Para este estudio se utilizaron los criterios establecidos por Barba *et al.* (2006) quienes retoman los principales sistemas basados tanto en Cowardin (1979), Convención Ramsar (1971) y que son compatibles

con el sistema de Berlanga-Robles *et al.* (2008) y del Inventario Nacional Humedales (CONAGUA 2012; SEMARNAT, INEGI, CONABIO, CONANP, INE, CONAGUA 2008), dado que la finalidad del presente trabajo fue comparar los cambios estacionales de los sistemas de humedales interiores del municipio de Balancán mediante análisis de imágenes satelitales. La delimitación de los humedales a través de los años, ha desarrollado tecnologías que han mejorado tanto para la obtención de detalles como en la veracidad de la información que se obtiene de las imágenes de satélite, lo cual hace un trabajo más fácil y con un mayor grado de exactitud (Green 1997; Warner & Rubec 1997).

Superficie de humedales en el municipio de Balancán, Tabasco.

Los humedales ribereños, seguido de los palustres fueron los mejores distribuidos en el territorio de Balancán, lo que se significa que de acuerdo con lo reportado por Rodríguez (2002), se presentó un aumento de 47 cuerpos de agua correspondientes a 3 709 ha para el municipio. Este aumento se debió a las características geológicas, topográficas e hidrológicas del municipio, y a la influencia del río Usumacinta, como un área importante de acumulaciones aluviales de sedimentos terrígenos, dadas estas condiciones, favorecen la formación de áreas susceptibles de inundación (Cámara-Córdova 2000). En comparación con los datos aquí generados y los reportados por Barba *et al.* (2006), se observó que entre años (2006 vs 2007), el humedal ribereño incrementó 1.62 %, el lacustre 2.43 %, caso contrario para el tipo Palustre el cual disminuyó en un 0.30 % (Tabla 3); lo cual se atribuye al cambio de uso de suelo de las zonas de pantano y su conversión para agricultura y ganadería, apertura de caminos y colonización, tal como es mencionado en los trabajos de Rodríguez-Córdova (2010); Isaac-Márquez *et al.* (2008) y Manjarrez *et al.* (2007), argumentan una disminución de 10 872 ha de cuerpos de agua, 477 ha de popales y tulares y 124 508 ha de selva durante el periodo de 1968 al 2000. En el municipio de Balancán la superficie agrícola ocupa 6 %, la pecuaria 77 %, la forestal 5 % y el restante 12 % es para áreas urbanas, cuerpos de agua y zonas

improductivas (Anónimo 2006).

En términos generales se aprecia que las diferencias entre los años 2006 vs 2007 se deben a varios factores: a la metodología empleada en Barba *et al.* (2006) quienes utilizaron datos cartográficos del año 2000 con escala de 1:250 000, mientras que en este trabajo, se realizaron métodos a más detalle con una escala a 1:50 000, así como el uso de imágenes de satélite LANDSAT de las temporadas estudiadas (abril y noviembre de 2007), en este estudio se tomaron los datos promedio de ambas temporadas (mínima y máxima inundación), otro aspecto a considerar es que en el año 2007 se presentaron valores extraordinarios de precipitación y un volumen de máxima inundación extraordinaria, lo que generó un desastre a nivel estatal, y por otro lado si le agregan los cambios registrados en el cambio del uso de suelo de las zonas bajas principalmente humedales palustres.

Se conoce que entre las principales amenazas de los humedales se encuentran la destrucción y modificación de hábitats causado por las operaciones de drenado y relleno para zonas de cultivo, construcción de presas, desarrollos urbanos, entre otras actividades generadas por el hombre principalmente (De la Lanza & García 1991, Salinas *et al.* 2002).

El presente trabajo contribuye con la información base sobre el inventario, delimitación y cuantificación de los humedales del municipio de Balancán, Tabasco, utilizando sistemas de información geográfica y el análisis de imágenes de satélite LANDSAT TM, como insumos para la ordenación del territorio y toma de decisiones. Es importante señalar que para llevar a cabo un manejo y gestión de los recursos de esta zona se requiere contemplar los estudios desde una perspectiva de microcuenca, ya que siendo esta la unidad administrativa y de gestión en la cuenca, permite planificar y realizar actividades sobre el uso del agua en la misma.

Mediante el conocimiento de los valores y funciones que ofrecen los humedales y en específico las zonas bajas de humedales (pantanos) como áreas de amortiguamiento ante crecidas, retención de sedimentos, depuración de aguas y sedimentos, áreas de concentración de biodiversidad y hábitat

para especies residentes y migratorias, y su variabilidad temporal principalmente entre temporadas de mínima y máxima inundación, este conocimiento contribuirá con elementos de soporte para implementar medidas de aprovechamiento por un lado, así como de mitigación y prevención sobre la susceptibilidad y vulnerabilidad de estas áreas contra inundaciones, siendo los principales usuarios de esta información las dependencias municipales y estatales de Tabasco.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos la información proporcionada de los proyectos: Fondos Sectoriales CONACyT-SEMARNAT SEMARNAT-2002-C01-1109 "Uso sustentable de los recursos naturales en la frontera sur de México", responsable Dra. Susana Gaona Ochoa y al financiamiento otorgado por los Fondos Mixtos del estado de Tabasco TAB-C006-CO2-34685 "Inventario de las microcuencas del municipio de Balancán, Tabasco."

LITERATURA CITADA

- Agardy T, Alder J, Dayton P, Curran S, Kitchingman A, Wilson M, Catenazzi A, Restrepo J, Birkeland C, Blaber S, Saifullah S, Brach G, Boersma D, Nixon S, Dungan P, Davidson N, Vörösmarty C (2005) Coastal systems, Ecosystems and human well-being: current state and trends. Island Press, London 948 pp.
- Agraz-Hernández CM, Flores-Verdugo FJ, Calvario-Martínez O (2001) Impacto de la camaronicultura en ecosistemas de manglar y medidas de mitigación. En: Paéz-Osuna F(Ed) Camaronicultura y medio ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, Programa Universitario de Alimentos, UNAM y Colegio de Sinaloa 451 pp.
- Anónimo (2006) Anuario estadístico municipal: Balancán. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Tabasco 213 pp.
- Anónimo (2008) Marco geoestadístico municipal. Escala 1:250,000. México. www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/Marco_Geoestadístico.aspx
- Arriaga L, Aguilar V, Alcocer J, Jiménez R, Muñoz E, Vázquez E (2002) Regiones hidrológicas prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Regiones Hidrológicas Prioritarias 90, 91 y 92. www.conabio.gob.mx.
- Barba ME, Rangel MJ, Ramos RR (2006) Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de Información Geográfica. *Universidad y Ciencia* 22 (2): 101-110.
- Berlanga-Robles CA, Ruiz-Luna A, de la Lanza-Espino G (2008) Esquema de clasificación de los humedales de México. *Investigaciones Geográficas* 66: 25-46.
- Cámara-Córdova J (2000) Génesis y morfología de suelos hidromórficos tropicales en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 15 (30): 29-36.
- Carrera GE, de la Fuente de LG (2003) Inventario y clasificación de los humedales en México. Parte I. Ducks Unlimited de México, AC. México 239 pp.
- Chuvieco E (2002) Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ariel. Madrid 586 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2007) Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2007-2012, México, 50 pp.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (2008) Región 93. Río San Pedro, Tabasco. Regiones hidrológicas prioritarias de México CONABIO. Fecha de consulta: 15 de agosto de 2009, http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_093.html.
- Comisión Nacional del Agua (2012) Inventario Nacional de Humedales. En línea: <http://www.conagua.gob.mx>. Fecha de consulta: 22 de Febrero de 2012.
- Convención Ramsar (1971) En línea: <http://www.ramsar.org/indexsp.htm>. Fecha de consulta: 22 de Febrero de 2007.
- Convención Ramsar (2005) Ramsar sites information service. Wetlands International. <http://www.wetlands.org/RSDB/default.htm>. Fecha de consulta: 08 de marzo de 2007.
- Coppin P, Jonckheere I, Nackaerts K, Muys B, Lambin E (2004) Digital change detection methods in ecosystem monitoring; a review. *International Journal of Remote Sensing* 25: 1565-1596.
- Cowardin LM, Carter V, Golet FC, LaRoe ET (1979) Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States, U.S., Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC 131 pp.
- De la Lanza EG, García JL (1991) Sistema lagunar Huizache y Caimanero, un estudio socio ambiental, pesquero y acuícola. *Hidrobiológica* 1: 1-35.
- Ducks Unlimited de México AC (2011) Ducks Unlimited de México AC En línea: www.dumac.org/dumac/habitat/esp/publicaciones03.htm. Fecha de consulta: 12 de julio de 2011.
- Ellison A (2004) Wetlands of Central America. *Wetland Ecology and Management* 12: 3-55.
- Estrada LF (2008) Inventario de humedales del municipio de Balancán, Tabasco: biomonitoreo de ecosistemas lénticos y lóticos. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco 90 pp.
- Ehrenfeld JG (2000) Evaluating wetlands within an urban context. *Ecological Engineering* 15: 253-65.
- Finlayson CM, Van der Valk AG (1995) Wetland Clasification and inventory: a summary. *Vegetation* 118: 185-192.
- Green DL (1997) Wetland technical manual, wetland classification, The Ecological Services Unit for the Water Environments, Unit of the Department of Land and Water Conservation, Australia <http://www.dlwc.nsw.gov.au/care/wetlands/facts/pdfs/wetclass.pdf>. Fecha de consulta: 15 de enero de 2007.
- Gu D, Zhang Y, Fu J, Zhang X (2007) The landscape pattern characteristics of coastal wetlands in Jiaozhou Bay under the impact of human activities, *Environmental Monitoring and Assessment* 124: 361-370.
- Hewitt MJ III (1990) Synoptic inventory of riparian ecosystem: the utility of Landsat Thematic Mapper Data. *Forest Ecology and Management* 33/34: 605-620.
- Instituto Nacional de Ecología-Secretaría del Medio Ambiente Recursos y Naturales (2002) Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales. Tabasco. SEMARNAT, INE, CONANP. México 841-876 pp.

- Inventario Nacional Forestal (2001) Cartografía digital 1:250 000, Instituto de Geografía, UNAM, México (CD's).
- Isaac-Márquez R (2008) Análisis del cambio de uso y cobertura del suelo en los municipios de Balancán y Tenosique, Tabasco, México. Tesis doctoral. El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Villahermosa. México 149 pp.
- Jensen JR (1996) Introductory Digital Image Processing, third edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 318 pp.
- Landgrave R, Moreno-Casasola P (2012) Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. Investigación ambiental 4 (1): 19-35.
- López Portillo J , Ezcurra E (2002) Los manglares de México: una revisión. Madera y Bosques Número Especial, Artículo de Forum 27-51.
- Lot HA, A Novelo R (1990) Forested wetland of Mexico. Chapter 12. En: AE Lugo, M Brison y S Brown (Eds) Forested wetland of the world. Ecosystems of the World, v.15. Elsevier, Amsterdam pp. 287-298.
- Manjarrez MB (2008) Ordenamiento territorial de la ganadería bovina en Balancán y Tenosique, Tabasco. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur, Villahermosa 105 pp.
- Manjarrez MB, Daumás HS, de Jong B, Nahed TJ, de Dios VO, Salvatierra ZE (2007) Configuración territorial y perspectivas de ordenamiento de la ganadería bovina en los municipios de Balancán y Tenosique, Tabasco. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Investigaciones Geográficas 64: 90-115.
- Mitsch WJ, Gosselink JG (1986) Wetlands. Van Nostrand Reinhold, New York 539 pp.
- Moreno-Casasola P (2008) Los humedales en México: tendencias y oportunidades. Cuadernos de Biodiversidad 28 (Univ.de Alicante, España): 10-18.
- Ordoñez C, Martínez-Alegría R (2003) Sistemas de Información Geográfica: aplicaciones prácticas con idrisi32 al análisis de riesgos naturales y problemas medioambientales. Editorial Alfaomega. México 227 pp.
- Palma-López DJ, Cisneros J, del Rivero N, Triano A, Castañeda R (2002) Hacia un desarrollo sustentable del uso de los suelos de Tabasco. En: Palma-López DJ, Triano A (Eds) Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Vol. II. El Colegio de Posgraduados-ISOPROTAB. Tabasco, México 115 pp.
- Pozo-Montuy G (2006) Efecto del uso del suelo sobre la configuración del paisaje, la distribución y la abundancia del mono aullador negro (*Alouatta pigra*) en el municipio de Balancán, Tabasco. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología AC. Xalapa, Veracruz, México 56 pp.
- Ramsey EW, Laine SC (1997) Comparison of Landsat Thematic Mapper and high resolution aerial photography to identify change in complex coastal wetlands. Journal of Coastal Research 13: 281-292.
- Ramsey EW, Ragoonwala A, Nelson G, Ehrlich R (2005) Mapping the invasive species, *Chinese tallow*, with EO1 satellite Hyperion hyperspectral image data and relating tallow occurrences to a classified Landsat Thematic Mapper land cover map. International Journal of Remote Sensing 26: 1637-1657.

- Ringrose S, Jellema A, Huntsman-Mapila P, Barker L, Brubaker K (2005) Use of remotely sensed data in the analysis of soil-vegetation changes along a drying gradient peripheral to the Okavango Delta, Botswana. *International Journal of Remote Sensing* 26: 4293-4319.
- Rodríguez-Cordova M (2010) Análisis del cambio y uso del suelo en la subcuenca del río San Pedro, perteneciente a la cuenca del río Usumacinta, en el estado de Tabasco, México. Tesis de licenciatura en Ecología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 51 pp.
- Rodríguez RE (2002) Lagunas continentales de Tabasco. Colección Jose N. Rovirosa. Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México 264 pp.
- Salinas CW, Treviño GE, Jaramillo TJ, Campos FJ (2002) Identificación y clasificación de humedales interiores por percepción remota y sistemas de información geográfica. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.* 49: 74-91.
- Scott DA, Jones TA (1995) Classification and inventory of wetlands. A global overview, *Vegetation* 118: 3-16.
- Syphard AD, García MW (2001) Human and beaver induced wetland changes in the Chickahominy River watershed from 1953 to 1994. *Wetlands* 21: 342-353.
- Tinner RW Jr (1990) Use of high-altitud aerial photography for inventorying forested wetlands in the United States. *Forest Ecology and Management* 33/34: 593-604.
- Warner BG, Rubec DA (1997) The Canadian Wetland Classification System, National Wetlands Working Group, 2nd revised edition. Wetlands Research Centre, University of Waterloo. Ontario 68 pp.
- Winter TC, Rosenberry DO, Buso DC, Merk DA (2001) Water source to four U.S. Wetlands: implications for wetland management. *Wetlands* 21: 462-73.
- Zedler JB, Kercher S (2005) Wetlands resources: Status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Reviews of Environmental Resources* 30: 39-74.

