

Artículo publicado en el Repositorio Institucional del IMTA

<i>Título</i>	Inventario y caracterización de humedales en la cuenca del río Papaloapan, México.
<i>Autor / Adscripción</i>	Jorge E. Brena Zepeda Cervando Castillo Romano Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  Gonzalo Castillo Campos Jesús Pale Pale Patricia Moreno Casasola Instituto de Ecología, A.C., México
<i>Publicación</i>	Tecnología y Ciencias del Agua, 3(2): 131-139
<i>Fecha de publicación</i>	2012
<i>Resumen</i>	Debido a las condiciones físico-biológicas derivadas de su situación geográfica, México cuenta con una importante superficie cubierta por humedales, los cuales son considerados en la ley como reservas estratégicas de agua bajo la responsabilidad de la Comisión Nacional del Agua. Se desarrollaron dos niveles de caracterización que permitieron identificar cambios en las coberturas de vegetación y uso de suelo en diferentes periodos.
<i>Identificador</i>	<a href="http://hdl.handle.net/123456789/1297">http://hdl.handle.net/123456789/1297</a>

# INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES EN LA CUENCA DEL RÍO PAPALOAPAN, MÉXICO

• Jorge E. Brena-Zepeda • Cervando Castillo-Romano •  
*Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*

• Gonzalo Castillo-Campos • Jesús Pale-Pale • Patricia Moreno-Casasola •  
*Instituto de Ecología, A.C., México*

## Resumen

Debido a las condiciones físico-biológicas derivadas de su situación geográfica, México cuenta con una importante superficie cubierta por humedales, los cuales son considerados en la ley como reservas estratégicas de agua bajo la responsabilidad de la Comisión Nacional del Agua. En este estudio se desarrollaron dos niveles de caracterización: el primero en escala 1:250 000 aplicado a nivel de cuenca hidrográfica y el segundo en escalas de 1:25 000 a nivel de humedal. El primero comprendió la elaboración de dos mapas de uso de suelo y vegetación con base en imágenes de satélite. Uno con imágenes tomadas en 1979 y el otro con imágenes tomadas en 2003. De esta manera se obtuvieron los cambios en las coberturas de vegetación y uso de suelo en un intervalo de 25 años. El segundo nivel abarcó la elaboración del mapa detallado de uso de suelo y vegetación con imágenes de 2006 para el humedal Laguna de Alvarado. La comparación entre coberturas de 1979 y 2003 mostró cambios negativos en la clase hidrófila, cuerpos de agua y forestal, lo que constituye una seria amenaza a la sustentabilidad de los humedales.

**Palabras clave:** inventario de humedales, gestión integrada, cuenca Papaloapan.

## Introducción

La Ley de Aguas Nacionales de México define a los *humedales* como: “Zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites lo constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos”.

De acuerdo con lo expresado, los humedales constituyen reservas actuales y potenciales de agua dulce, que se verán cada vez más impactados si no se definen estrategias y

políticas económicas, sociales y ambientales que consideren su caracterización, delimitación, protección y restauración, para el uso racional de los recursos hídricos y bióticos asociados (Conagua, 2008). Para lograrlo, las autoridades encargadas de la administración de los recursos hídricos y forestales han subdividido al país en trece regiones, para facilitar su mejor aprovechamiento y manejo.

El presente trabajo está enfocado a analizar la cuenca del río Papaloapan, que se ubica en la vertiente Atlántica del continente, que está comprendida dentro de la Región X, Golfo Centro al oriente del país, y tiene una superficie de 47 171 km<sup>2</sup>. Destaca por su riqueza de recursos forestales desarrollados sobre un relieve montañoso que da paso hacia el oriente a la llanura costera del Golfo de México, con

ligera pendiente que va del occidente a la costa. Presenta características geológicas diversas, que para algunos casos ocasiona el almacenamiento de agua subterránea y en otros funciona como transmisores de agua a estratos más profundos, de tal manera que la complejidad hidrogeológica se refleja como una parte de los volúmenes de extracción de agua subterránea y por la otra en la diferencia de su calidad natural; además se tienen aquellos aspectos asociados con la situación administrativa-legal sobre el uso, aprovechamiento y explotación del recurso.

### Objetivos

- Elaborar los mapas de uso de suelo y vegetación a partir de la clasificación de las imágenes tomadas en 1979 y 2003.
- Elaborar el inventario de los humedales de la cuenca del río Papaloapan y llevar a cabo la caracterización de la vegetación del humedal Laguna de Alvarado.

### Metodología

#### *Caracterización del uso de suelo y vegetación en la cuenca*

El proyecto consideró el desarrollo de un estudio temporal de la dinámica de la vegetación y del uso del suelo a partir de técnicas de percepción remota con base en imágenes de satélite y visitas de campo para validar los resultados. Para el primer análisis se utilizaron imágenes de satélite Landsat del sensor Multi Spectral Scanner (MSS) tomadas en 1979, que tienen una resolución espacial de 57 x 57 metros. Para el segundo análisis se utilizaron imágenes Landsat ETM tomadas en 2003, con resolución de 25 metros por píxel.

Como se puede deducir, el intervalo temporal entre ambos análisis es de 25 años (1979-2003).

Las clases de uso del suelo y vegetación que se definieron para ser evaluadas se obtuvieron a partir de la serie T1 y la serie III; la serie

T1 fue elaborada en conjunto por el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con datos que se obtuvieron de 1975 a 1982; la serie III fue elaborada por el INEGI y publicada en 2003. Ambas series contienen clases coincidentes tanto en su distribución espacial como en el número de especies vegetales y tipos de uso del suelo. Por esta razón se tomaron como base para definir las clases de este estudio. El cuadro 1 muestra las 14 clases evaluadas con el agrupamiento de clases de la serie T1 y la serie III.

Por la escala utilizada, en la mayoría de los casos se hace un agrupamiento de varias subclases o tipos de vegetación que asocian a una sola; por ejemplo, la clase bosque es la agrupación de seis subclases en la serie III: encino, oyamel, pino, pino-encino, táscate y mesófilo de montaña. Prácticamente son las mismas que se presentan en la serie T1. Esto mismo sucede para la agricultura de riego, matorral, selva alta y media, selva baja y pastizal-sabana. La clase pastizal-sabana se unió en una sola, porque la serie III no considera a la sabana en sus tipos de vegetación; sin embargo, la serie T1 sí lo hace; pero como la clase sabana queda prácticamente dentro de la serie pastizal de la serie III, se tomó el criterio de unir las en una sola. Lo mismo sucedió con la clase hidrófila, que es el agrupamiento de tular (serie III) y tular-popal (serie T1). En este mismo caso está la clase sin vegetación aparente.

Las clases que no tuvieron ninguna agrupación fueron agricultura de temporal, cuerpo de agua, chaparral, manglar y asentamiento humano. La figura 1 ilustra los mapas obtenidos de uso de suelo y vegetación para las 14 clases evaluadas en la cuenca en escala 1:250 000, utilizando algoritmos de clasificación supervisada para definir el agrupamiento espacial de las clases. Asimismo, se aplicó la interpretación visual asistida por computadora para definir el límite de las clases en las áreas de confusión. La figura 2 muestra una gráfica de barras, donde se compara la superficie de

Cuadro 1. Clases evaluadas con el agrupamiento de la serie III y serie T1.

Clases evaluadas	Serie III	Serie T1
	Incluye	Incluye
Agricultura de riego	Riego	Incluye riego eventual
	Humedad	Humedad
Agricultura de temporal	Temporal	Temporal
Asentamientos humanos	Zona urbana	Asentamientos humanos
Bosque	Encino	Encino
	Encino-pino	
	Oyamel	Oyamel (incluye ayarín y cedro)
	Pino	Pino
	Pino-encino	Pino-encino (incluye encino-pino)
	Táscate	Táscate
	Mesófilo de montaña	Mesófilo de montaña
Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua
Chaparral	Chaparral	Chaparral
Hidrófila	Tular	Tular-popal
Manglar	Manglar	Manglar
Matorral	Crasicaule	Crasicaule
	Desértico rosetófilo	Desértico rosetófilo
Palmar	Palmar inducido	Palmar
	Inducido	Inducido
Pastizal-sabana	Cultivado	Cultivado
		Pradera de alta montaña
		Sabana
Selva alta y media	Media perennifolia	
	Alta perennifolia	Alta y mediana perennifolia
		Mediana caducifolia y subcaducifolia
		Plantación forestal
Selva baja	Baja perennifolia	Baja caducifolia y subcaducifolia
		Mezquital (incluye huizachal)
Sin vegetación aparente	Vegetación de dunas costeras	Vegetación de dunas costeras

cambio de cada clase evaluada; como se puede apreciar, en 25 años ha disminuido la selva baja, y la selva media y alta; lo mismo que el bosque, el manglar y la vegetación hidrófila; por el contrario, es evidente el aumento significativo de la agricultura de temporal y, en menor magnitud, la de riego. En otros casos, la variación de superficie no es significativa, como el matorral y el pastizal-sabana. Estos cambios son indicadores de la dinámica del uso del suelo y la vegetación por actividades antropomórficas en la cuenca.

### Localización de humedales en la cuenca

El inventario de humedales utilizado en este estudio fue realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el cual toma en consideración los elementos del paisaje geográfico que pueden ser cartografiados y están directamente relacionados con el agua. Contiene un total de veinte humedales; el mayor tiene una superficie de 388 096.41 ha (humedal Laguna de Alvarado) y el menor una superficie de 66.6 hectáreas.

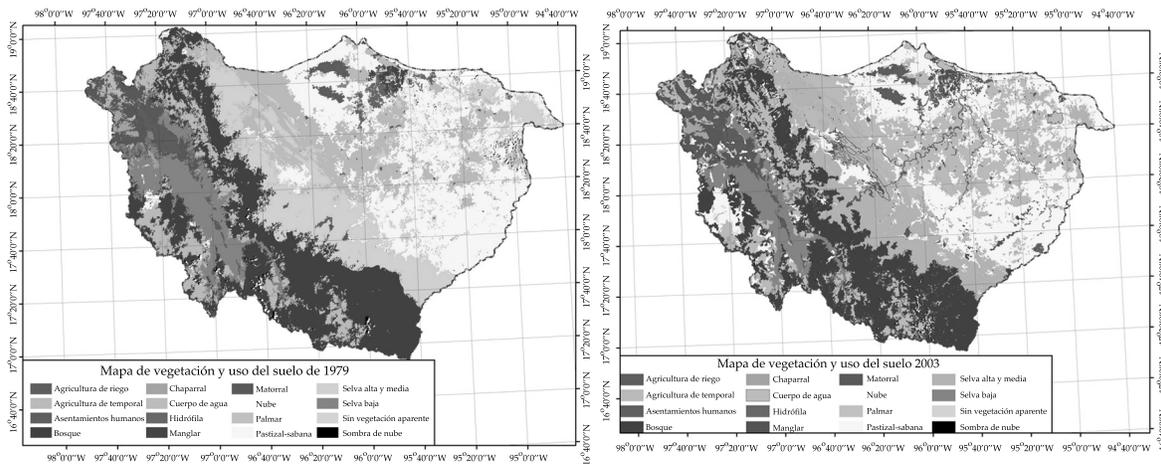


Figura 1. Mapas de distribución de uso de suelo y vegetación de los años 1979 y 2003.

Evaluación de la superficie ocupada por la vegetación y el uso del suelo de 1979 a 2002-2003

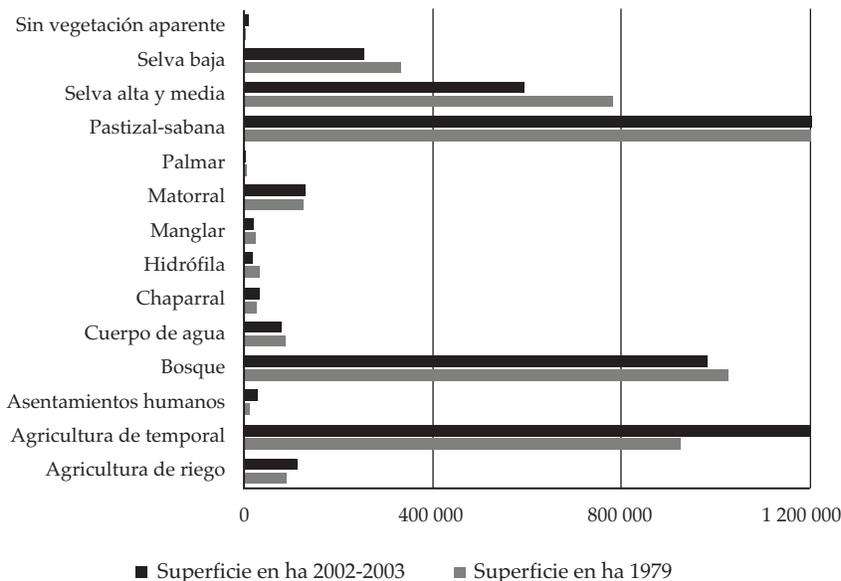


Figura 2. Evolución de la superficie de la vegetación y uso del suelo en la cuenca.

### Caracterización del humedal Laguna de Alvarado

Para conocer las especies de la vegetación y el uso del suelo que prevalece en el humedal

de mayor superficie en la cuenca, se elaboró el mapa temático en escala 1:25 000, en el que se identifican 24 clases (cuadro 2). Los criterios para identificar las clases se dividen en dos partes. Las clases identificadas con el

Cuadro 2. Clases evaluadas en el humedal Laguna de Alvarado.

Atributo	Concepto	Superficie (ha)
1	Acahual	33 056.99
2	Cuerpo de agua	39 141.77
3	Cultivo anual (caña y piña)	100 410.08
4	Cultivo perenne (mango)	4 265.80
5	Encinar	293.84
6	Manglar	21 123.91
7	Matorral de dunas costeras	710.79
8	Palmar	7 481.50
9	Pastizal	81 816.31
10	Pastizal y popal	26 820.95
11	Popal de espadín ( <i>Zizaniopsis milacea</i> )	9 900.80
12	Popal de Thalia ( <i>Thalia geniculata</i> )	9 453.97
13	Popal de carrizo ( <i>Phragmites australis</i> )	749.39
14	Popal de Typha ( <i>Typha dominguensis</i> )	2 437.77
15	Sabana (palmar y pastizal inducido)	259.93
16	Selva baja caducifolia	15 666.78
17	Selva baja inundable	2 651.28
18	Selva mediana perennifolia	21.85
19	Selva mediana subperennifolia	21 857.50
20	Sin vegetación aparente	275.54
21	Vegetación flotante ( <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Nelumbo lutea</i> )	92.26
22	Vegetación halófila	7 372.28
23	Vegetación riparia	328.54
24	Zona urbana	1 905.91
Total		38 096.41

atributo 2, 3, 4, 6, 8, 9, 16, 18, 19, 20, 22 y 24, corresponden a clases que son definidas en la serie III de INEGI. Esto quiere decir que se aplicaron los mismos criterios para definir las espacialmente. Las clases 1, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 21 y 23, fueron establecidas por el doctor Gonzalo Castillo (INECOL) para el presente estudio, y los criterios aplicados se especifican con mayor detalle en el trabajo *Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México* (Moreno-Casasola et al., 2010).

Como se mencionó, los humedales son áreas de transición entre la tierra y los sistemas acuáticos; el humedal Laguna de Alvarado

tiene la particularidad de presentar una laguna costera, lo que indica la presencia de aguas salobres que se adentran por efecto de la marea, lo cual impacta en la vida de la vegetación que se localiza en la ribera del cuerpo de agua. En esta etapa del estudio se hizo énfasis en caracterizar y delimitar la vegetación del humedal, que es característica por la acumulación de agua, ya sea de manera temporal o permanente. Se identificaron diferentes clases de popal, vegetación hidrófila, manglares, pastizal y popal, y selva inundable. La suma de la superficie de las plantas que son características del humedal es de 60 198.18 ha, lo que representa un poco más de la sexta parte de la superficie total. La superficie destinada

para agricultura y ganadería es de 186 492.19 ha, la ganadería ocupa terrenos que antes fueron áreas con presencia de humedales y que fueron transformados en pastos inducidos.

La vegetación natural que no es típica del humedal, como el encinar, palmar y las diferentes clases de selva, ocupan una superficie de 46 032.25 hectáreas.

La figura 3 muestra el mapa de la caracterización de la vegetación y su distribución espacial en el humedal Laguna de Alvarado.

La gráfica de la figura 4 muestra que el pastizal y el cultivo anual (agricultura de temporal) ocupan las mayores extensiones de superficie en el humedal. Lo mismo sucede en el nivel de cuenca; como se puede ver en la figura 2, son las dos actividades que ocupan mayor extensión. Esto indica o apunta a que existe una tendencia a crecer en este sentido en el futuro.

## Resultados

La caracterización de la vegetación en la cuenca del río Papaloapan (escala 1:25 000) identifica diferentes especies de plantas que son características de los humedales y su distribución espacial, lo que permite presentarlo en formato cartográfico. Este resultado es un componente básico para el estudio de los humedales porque es un elemento primario que está interrelacionado con los demás, como son la hidrología, la fisicoquímica del suelo y del agua, el ciclo del hidropereodo y otros. Además, los humedales son prestadores de servicios ambientales; como es sabido, favorecen o crean condiciones favorables para varias actividades humanas, como la pesca; otro servicio de alta relevancia es el filtrado natural de agua, que se transforma en agua

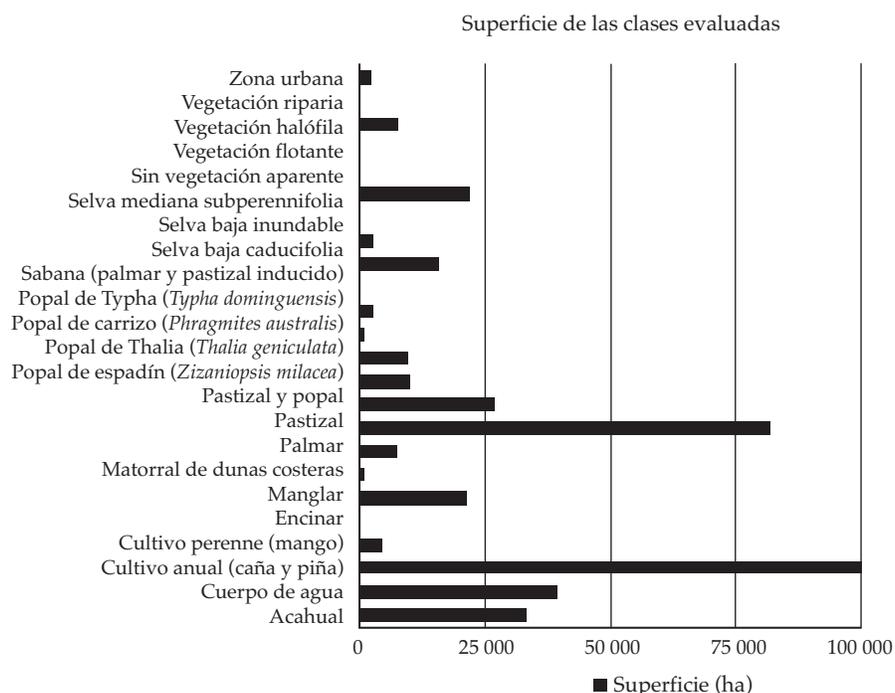


Figura 3. Superficies evaluadas en el humedal Laguna de Alvarado.

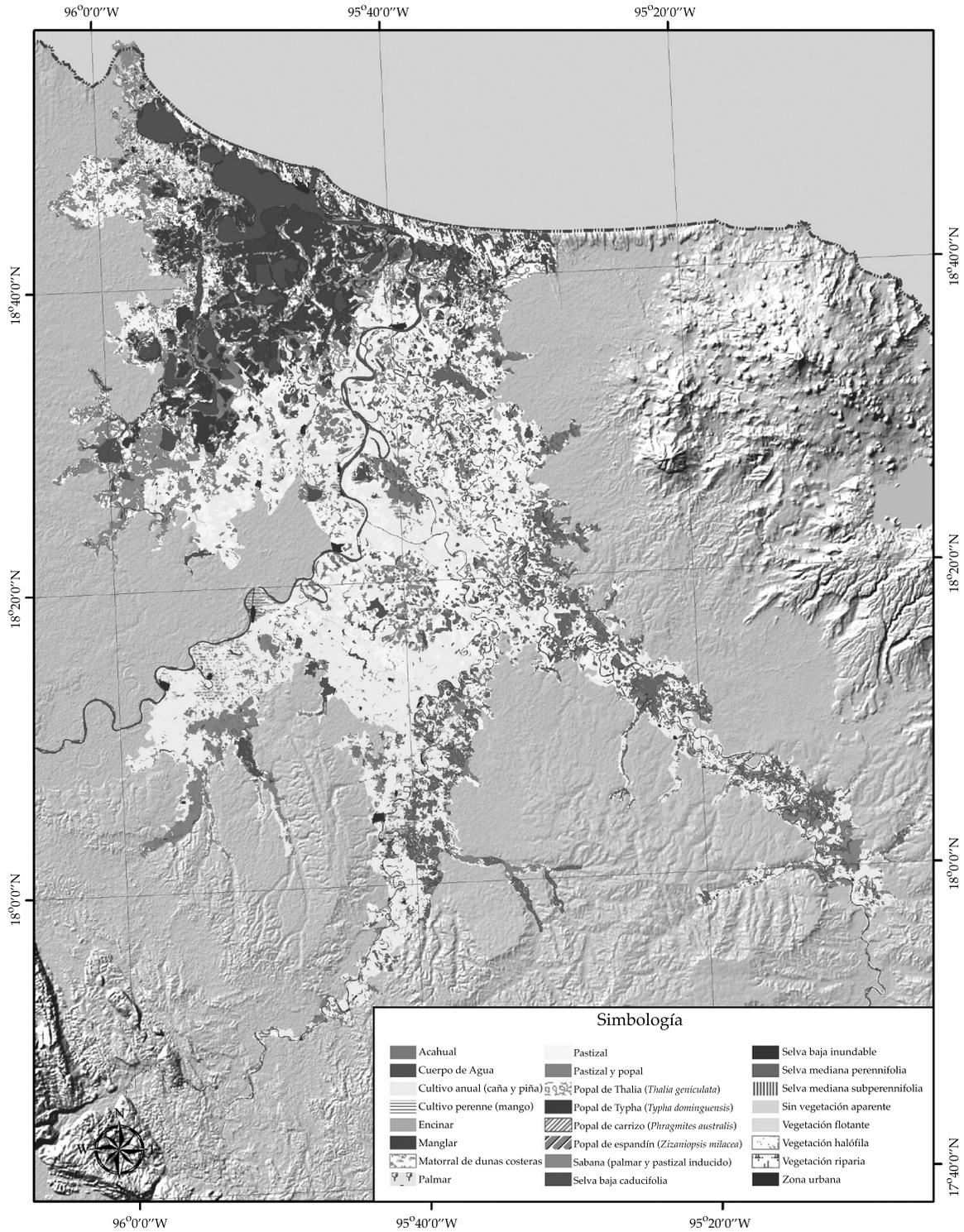


Figura 4. Mapa detallado de uso de suelo y vegetación del humedal Laguna de Alvarado.

potable, recurso indispensable para la vida, por lo que su conservación es de suma importancia tanto para el ecosistema como para la población que habita la cuenca.

### Conclusiones y recomendaciones

Después de haber obtenido la caracterización de los humedales y los resultados obtenidos por estudios que se llevaron a cabo en paralelo, hidrología superficial y subterránea, se podría pensar que tienen asegurada su permanencia en la cuenca porque hay disponibilidad del recurso agua. Sin embargo esto no está sucediendo, en gran medida por la dinámica de crecimiento de la población, lo que trae como consecuencia la demanda de alimentos. Por esta razón, las áreas naturales ocupadas por los humedales están cambiando para incorporarlas a la agricultura de temporal y a la ganadería extensiva. Una recomendación de este trabajo es que las áreas naturales de humedales deben

conservarse definiendo una política basada en el conocimiento científico de los ecosistemas, estimulando a los propietarios de los terrenos hacia procesos productivos compatibles con el medio ambiente y que además atiendan las necesidades de alimentación de la población, para evitar su desaparición en el futuro tanto cercano como lejano.

Recibido: 22/07/11

Aceptado: 20/10/11

### Referencias

- MORENO-CASASOLA, P., CEJUDO-ESPINOSA, E., CAPISTRÁN-BARRADAS, A., INFANTE-MATA, D., LÓPEZ-ROSAS, H., CASTILLO-CAMPOS, G., PALEPALE, J y CAMPOS-CASCAREDO, A. Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. Núm. 87, 2010, pp. 29-50.

## Abstract

BRENA-ZEPEDA, J.E., CASTILLO-ROMANO, C., CASTILLO-CAMPOS, G., PALE-PALE, J. & MORENO-CASASOLA, P. *Inventory and characterization of wetlands in the Papaloapan River basin, Mexico*. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*. Vol. III, No. 2, April-June, 2012, pp. 131-139.

*Due to the physical and biological conditions arising from its geographical situation, a significant area of Mexico is covered by wetlands, which are legally considered to be a strategic reserve of fresh water under the responsibility of the National Water Commission. In this research, two levels of characterization were developed: the first at a scale of 1: 250 000 applied to the watershed level and the second at a scale of 1:25 000 at the wetland level. The first approach involved the development of two land use and vegetation maps based on classifications by satellite images. The images on one map were acquired in 1979 and the other in 2003. We thereby obtained changes in vegetation and land cover in one interval of 25 years. The second level included the detailed mapping of vegetation and land use within the Laguna de Alvarado wetland with images acquired in 2006. The comparison between the 1979 and 2003 coverage showed negative changes in hydrophytes, water bodies and forest classes. This is understood as a serious threat to the sustainability of wetlands.*

**Keywords:** *wetlands inventory, Papaloapan basin, water management resources.*

## Dirección institucional de los autores

*Ing. Jorge E. Brena Zepeda  
Ing. Cervando Castillo Romano*

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Paseo Cuauhnáhuac 8532, colonia Progreso  
62550 Jiutepec, Morelos, México  
Teléfono: +52 (777) 3293 600, extensión 863  
jbreña@tlaloc.imta.mx  
cervando@tlaloc.imta.mx

*Dr. Gonzalo Castillo Campos  
Mtro. Jesús Pale Pale  
Dra. Patricia Moreno Casasola*

Instituto de Ecología, A.C.  
Km. 2.5 Antigua carretera a Coatepec 351  
Congregación El Haya  
91070 Xalapa, Veracruz, México  
gonzalo.castillo@inecol.edu.mx  
pale.33@hotmail.com  
patricia.moreno@inecol.edu.mx