

HUMEDALES COSTEROS

Patricia Moreno-Casasola

Introducción

Los humedales son ecosistemas de gran importancia para el ser humano. Todas las culturas han buscado fuentes de agua para establecerse y para obtener su alimento. Así, muchos humedales han jugado un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad humana. Ejemplo de ello fueron los egipcios y el uso del río Nilo, los aztecas en la gran ciudad de Tenochtitlán, rodeada de canales de agua, y actualmente numerosas culturas asiáticas basadas en el cultivo del arroz.

A pesar de ello, los humedales por su condición de zonas pantanosas son poco conocidos y apreciados, por lo que frecuentemente se les drena y deseca. Se busca transformarlos en otra cosa, pensando que en su estado natural no tienen ningún uso y no prestan servicio alguno, sino que más bien son fuente de enfermedades y malos olores. Sin embargo, hoy en día se sabe que los humedales proporcionan recursos importantes, además de prestar servicios ambientales de gran valor para el hombre (ver capítulo doce sobre Servicios ambientales que proporciona la zona costera, en esta sección). El recurso más importante es el agua potable, base del desarrollo y de una buena calidad de vida.

¿Qué son los humedales?

Hay muchas definiciones de lo que es un humedal, en parte porque hay una gran variedad de tipos de humedales, es decir, de pantanos y ciénegas. La Convención Internacional sobre Humedales de Importancia para Aves (RAMSAR), de la cual México es un país signatario, plantea que los humedales son todas las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Esta definición es sumamente amplia por lo que frecuentemente resulta imprecisa. Otras organizaciones han planteado definiciones más acotadas y útiles sobre todo para la gestión de los humedales: son tierras en transición entre los sistemas acuáticos y terrestres donde la capa freática está

habitualmente al mismo nivel o cerca de la superficie, o bien el terreno está cubierto por aguas poco profundas.

Los humedales son tierras en transición entre los sistemas acuáticos y terrestres donde la capa freática está habitualmente al mismo nivel o cerca de la superficie, o bien el terreno está cubierto por aguas poco profundas.

Los humedales deben tener uno o más de los siguientes tres atributos (Mitsch y Gosselink, 2000):

- a) el suelo o sustrato debe ser fundamentalmente un suelo hidromórfico, no drenado; es decir, debe estar saturado de agua de manera temporal o permanente,
- b) debe presentar una lámina o capa de agua poco profunda o agua subterránea próxima a la superficie del terreno, ya sea permanente o temporal, y
- c) al menos periódicamente, el terreno debe mantener de manera predominante una vegetación acuática,

Los humedales deben tener un suelo saturado de agua y mantener al menos periódicamente vegetación acuática.

Así, se puede ver que en los humedales el agua constantemente interactúa con la tierra y de esa manera controla el ambiente, así como la vida vegetal y animal asociada. Los humedales tienen límites poco definidos; son espacios de transición, de escasa profundidad y de naturaleza cambiante. El aumento de humedad que se produce es suficiente como para afectar los procesos fisicoquímicos y biológicos del área. En algunos humedales la presencia de agua no es visible, aunque sí lo son sus efectos. La vegetación es un buen indicador de ello y cuando vemos juncales y carrizales, sabemos que es un lugar húmedo. Por tanto, la vegetación de los humedales –las plantas que ahí habitan– es característica. Las plantas que dominan la lámina de agua de los humedales se conocen como hidrófitas –plantas superiores que requieren de un período de anegación para completar su ciclo de vida–, y pueden vivir en el agua o bien en terrenos total o temporalmente anegados. En el extremo se encuentran las lagunas costeras y los estuarios, los cuales también son ambientes cambiantes en los que predomina un gradiente de salinidad y de nivel de agua, producto de la interacción de las mareas con los escurrimientos de agua dulce de los ríos.

Hacia el otro extremo están los charcos temporales, cuya vegetación hidrófita solamente surge cuando están inundados, una vez al año.

Los humedales son comunidades muy diversas que varían dependiendo de su tamaño, localización geográfica, régimen hidrológico, química, características de la vegetación, del suelo y de los sedimentos.

Los humedales abarcan muchos tipos distintos de vegetación. Varían en función de su origen, tamaño, localización geográfica, régimen hidrológico, química, características de la vegetación, del suelo y de los sedimentos. Se presentan en todos los climas y en todos los continentes abarcando desde una hectárea hasta miles, desde sistemas sumamente productivos hasta los muy pobres. Ello ha complicado la investigación de los procesos fundamentales que son comunes a todos los humedales siendo sistemas tan diferentes entre sí.

En su conjunto, los humedales son comunidades muy diversas (Calles-León *et al.*, 1998; Rzedowski, 1978). Las plantas que los habitan presentan múltiples adaptaciones y formas de crecimiento: las hay herbáceas y arbóreas, enraizadas y flotantes, con fisonomías muy distintas. Son capaces de tolerar desecación y reiniciar su crecimiento cuando vuelve el agua, vivir en aguas dulces, salobres y marinas, estancadas o con corrientes. Dentro de esta variedad, hay plantas que requieren necesariamente un ambiente acuático para sobrevivir, otras toleran cambios drásticos del nivel de agua y otras sólo sobreviven bajo grados moderados de inundación. Por tanto, las formas de crecimiento de la flora de humedales son muy diversas, así como sus adaptaciones.

Los distintos nombres que se dan a los humedales en nuestro país, en lenguaje coloquial, no tienen un significado botánico o ecológico claro. En general, un pantano se define como hondonada donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondo más o menos cenagoso, o bien como un depósito artificial de agua. Ciénega se define como lodazal. Muchos de los nombres traen imágenes desagradables: tremendal, tembladera, palúdico.

En México existen ya algunas clasificaciones de humedales. Ingrid Olmsted (1993) utilizó la clasificación del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos para

describir los humedales de México e incluyó los cuerpos de agua continentales y marinos en tres grandes grupos:

1) Marinos y estuarinos (océano abierto sobre la plataforma continental y ambientes mareales, profundos o someros, con acceso al mar de manera esporádica o parcialmente obstruido, y por lo menos de modo ocasional reciben escurrimientos de agua dulce): bahías, ceibadales de pastos marinos, estuarios, manglares, petenes, marismas, saladares.

2) Lacustres (humedales situados en una depresión topográfica, canal o depresión represada): lagos de agua dulce, reservorios y sus litorales, lagos salinos.

3) Palustres (los humedales que no reciben la influencia de las mareas, dominados por árboles, arbustos y/o emergentes herbáceas perennes):

- Humedales emergentes: popal, tular, praderas inundables de cyperáceas y de gramíneas, sabanas, matorrales arbustivos inundables de varios tipos.
- Humedales arbóreos: bosques riparios, palmares (tasistal, palmares de diferentes especies), selva baja inundable.

En México no existe una clasificación de humedales y por tanto no hay una definición legal de los mismos. Tampoco están protegidos por la ley, a excepción de los manglares protegidos por la Norma Oficial Mexicana NOM 022-SEMARNAT 2003 (aunque en el numeral 4.43 deja un vacío). En este sentido, los municipios y las dependencias ambientales en los estados juegan un papel muy importante en fomentar su protección.

La descripción de las comunidades vegetales que conforman un humedal se puede hacer con base en su fisonomía, es decir, la apariencia externa de la comunidad, y está dada por la estructura vertical que resulta de las diferentes formas de crecimiento de las especies dominantes. Vendría a ser como una fotografía desde el suelo hasta la copa de la planta más alta. Los diferentes tipos de comunidades vegetales pueden describirse de acuerdo con el tipo de crecimiento (árboles, arbustos y hierbas) y su tamaño (alto, mediano y bajo). El tamaño de las diferentes formas de crecimiento determina la estratificación de la comunidad y su distribución espacial y densidad determina la estructura horizontal. También se subdividen en función de si mantienen las hojas todo el año (perennifolio), o si las pierden durante la época de secas

(caducifolio). La base fundamental para definir a las comunidades de acuerdo con la fisonomía se debe a que, en cualquier región, plantas taxonómicamente diferentes, responden de igual manera en climas similares, de tal forma que hay una fisonomía característica para cada región. Un ejemplo de clasificación de comunidades vegetales basada en la fisonomía separa a las selvas altas, las selvas medianas y selvas bajas, los matorrales y los pastizales. Clasificaciones de los humedales basadas en la fisonomía pueden encontrarse en Miranda y Hernández X (1963), Lot (1991) y Rzedowski (1978).

Una manera de describir a los humedales es por el tipo de vegetación que ahí se desarrolla. Esta vegetación se caracteriza por tener requerimientos específicos que limitan su distribución como la profundidad del cuerpo de agua, la temperatura, el grado de movimiento del agua, las propiedades físicas y químicas del fondo, la salinidad, la transparencia del agua, la competencia.

Las comunidades vegetales también pueden definirse por su composición de especies, lo cual implica conocer la riqueza de especies y ubicar a las especies dominantes. Ejemplo de ello son los términos manglar y tifal. La base teórica para clasificar a las comunidades de acuerdo con las especies es que cada una de éstas tiene una amplitud ecológica distinta, es decir, que se desarrolla mejor en un cierto rango de condiciones. Cuando una vegetación está formada por una especie que se encuentra junto con otra, indica que en ese rango restringido del ambiente las amplitudes ecológicas de las dos especies se sobreponen, o sea, que pueden vivir bajo las mismas condiciones, como puede ser un rango determinado de salinidad. Por ello encontramos frecuentemente un mangle blanco viviendo cerca de un mangle negro. Las especies acuáticas o hidrófitas se caracterizan porque requieren el ambiente acuático para completar su ciclo de vida. Tienen requerimientos específicos que limitan su distribución local, tales como la profundidad del cuerpo de agua, la temperatura, el grado de movimiento del agua, las propiedades físicas y químicas del fondo, la salinidad, la transparencia del agua, la competencia, etc. Conforman comunidades o agrupaciones vegetales muy variadas. A continuación se describen los principales tipos de humedales herbáceos y arbóreos (Challenger, 1998; Moreno-Casasola *et al.*, 2000; Rzedowski, 1978):

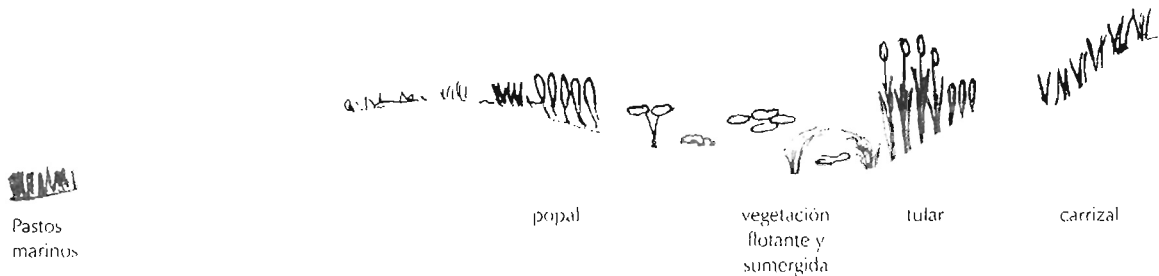


Figura 1 | Perfil que muestra la topografía y fisonomía de los humedales de herbáceas.

Comunidades herbáceas

Hay una gran variedad de humedales formados por plantas herbáceas de distintas formas de crecimiento. Existen dos manuales que permiten identificar las plantas acuáticas de los humedales de México, escritos por Bonilla-Barbosa y Novelo (1995) y Lot *et al.* (1999), además de la obra de Stutzenbaker (1999). En el perfil topográfico de la figura 1 se esquematizan algunas de estas comunidades.

Vegetación flotante libre

Plantas flotantes que no tienen ningún anclaje con el suelo y que están a la deriva de las corrientes. Entre las especies más frecuentes están *Eichhornia crassipes* (lirio acuático), *Salvinia auriculata*, *S. rotundifolia*, *Pistia stratiotes* (lechuga de agua), y *Lemna aequinoctialis* (lentejilla). Estas plantas viven en aguas dulces o moderadamente salobres, con pocas corrientes, o bien, en aguas estacionarias, medianamente profundas, ya que éste no es un factor limitante. Son dispersadas por vientos y corrientes. Tienen una fuerte capacidad de reproducción vegetativa por lo que forman agrupaciones casi uniespecíficas y rápidamente cubren áreas extensas de cuerpos de agua permanentes bien iluminados. No están ancladas en el fondo y presentan hojas y tallos flotantes sobre la superficie del agua. Si tienen raíces, éstas cuelgan libremente en el agua. Se mueven impulsadas por el viento y las corrientes. Algunas de ellas presentan crecimiento vegetativo, ya que forman rosetas al extremo de los estolones, las cuales se desprenden con facilidad de la planta progenitora.

En función del tipo de crecimiento de la vegetación, de manera general podemos caracterizar los siguientes tipos de humedales: aquellos con vegetación flotante libre, vegetación flotante enraizada, vegetación de hidrófitas emergentes (popal, tular, carrizal), vegetación sumergida, marismas, pastos marinos, manglar, manzanillar, vegetación riparia, selva baja inundable, palmar inundable y sabana.

Vegetación flotante enraizada

También conocidas como enraizadas flotantes, son plantas con hojas que flotan sobre el agua, pecíolos o tallos largos y raíces ancladas en el sedimento. La mayoría tienen hojas circulares u ovaladas y una textura coriácea. Los pecíolos y tallos flexibles permiten que las hojas se extiendan sobre la superficie del agua, reduciendo pérdidas de agua por evaporación además de reducir la luz disponible para otras especies sumergidas. Las inflorescencias generalmente flotan. La agrupación más común está formada por las ninfáceas, siendo la especie más común *Nymphaea ampla*, así como por *Nymphoides indica*. Otras especies importantes pertenecen a los géneros *Ludwigia*, *Marsilea*, *Neptunia*, *Potamogeton*, etc. La profundidad del agua es un factor limitante ya que una parte de la planta se ancla en el suelo y la otra –las hojas– está sobre la superficie del agua. Forman desde pequeños manchones hasta grandes extensiones en cuerpos de aguas permanentes, estancadas o con corrientes ligeras expuestas a la luz del sol.

Vegetación de hidrófitas emergentes (popal, tular, carrizal, etc.)

Es el conjunto de especies herbáceas enraizadas en el fondo de aguas estancadas o de poca corriente, o por lo menos con suelos húmedos en la orilla de cuerpos de agua de mayor profundidad. Una buena parte del follaje sobresale. Incluyen plantas herbáceas y leñosas como árboles y arbustos. Son las más parecidas a las plantas terrestres ya que dependen de las partes aéreas para reproducirse y el suelo constituye su única fuente de nutrientes. Las diferentes comunidades con frecuencia se establecen formando franjas o manchones intercalados. Las más comunes se describen a continuación:

Popal. Es una comunidad vegetal herbácea que habita áreas pantanosas de agua dulce, estancadas, con una profundidad de entre 0.5 y 2 m. Las plantas alcanzan hasta los 2 m de alto. Con hojas grandes y anchas que forman manchones densos.

Frecuentemente el suelo permanece inundado alrededor de seis meses. Una de las especies más características es el platanillo de agua, *Thalia geniculata*, por lo general asociada a varias especies de *Pontederia*, *Sagittaria*, *Calathea* y *Heliconia*.

Tular. Es una comunidad herbácea formada casi siempre por monocotiledóneas que alcanzan los 3 m de altura, adquiriendo una densidad muy alta haciéndolo impenetrable. Habitan cuerpos de agua dulce o salobre de hasta 2 m de profundidad, ya sea de corriente lenta o estacionaria, de agua tanto dulce como salobre. Estas masas densas cubren a veces superficies importantes de áreas pantanosas y lacustres, así como orillas de zanjas, canales y remansos de ríos. Las aguas contaminadas con nutrientes favorecen su crecimiento por lo que están invadiendo numerosas zonas de otros tipos de humedales. Las especies dominantes son *Typha domingensis* y *T. latifolia* (neas). Este tipo de humedal se ha extendido mucho pues por un lado soporta una gran gama de condiciones, entre ellas ciertos niveles de contaminación. Por el otro, al disminuir el nivel del agua (por sequía, extracción, azolvamiento) avanza rápido y cierra los espejos de agua que antes eran abiertos. También es capaz de formar islas flotantes que se mueven con el viento y de esta manera cierra temporalmente espejos de agua, hasta que el viento la vuelve a empujar y a amontonar en una zona.

Carrizal. Se localiza en agua somera y suelos fangosos, ricos en materia orgánica. Entre las especies representativas del carrizal están *Phragmites australis* y *Phragmites communis*, también llamadas carrizos, *Cladium jamaicense*, así como algunas especies de *Cyperaceae*.

Vegetación sumergida (hidrófitas sumergidas)

Habitan cuerpos de agua permanentes entre los 40 y 150 cm de profundidad, de suelos fangosos, de agua estancada o de corriente ligera. Están ancladas en el fondo o bien sin fijarse, pero se caracterizan por estar adaptadas a vivir bajo la superficie del agua. Sin embargo, muchas de las flores de estas especies sobresalen al medio aéreo. La transparencia del agua es un factor limitante que afecta su distribución. Los tallos y hojas tienden a ser suaves (carecen de lignina) con hojas alargadas o muy divididas, lo cual les da flexibilidad para resistir las corrientes de agua sin sufrir daños. Especies importantes en estos hábitats pertenecen a los géneros *Cabomba*, *Ceratophyllum*,

Nitella, *Vallisneria*, *Utricularia*, entre otras. El medio acuático les brinda el oxígeno disuelto y el bióxido de carbono y muchas de ellas pueden utilizar también el bicarbonato disuelto (HCO_3) durante la fotosíntesis.

Marismas

Es una comunidad herbácea muy abundante en regiones templadas, aunque también se establece en zonas tropicales, donde ocupa extensiones mucho menores. Están formados por *Sesuvium portulacastrum*, *Batis maritima*, *Spartina alterniflora*, *Sporobolus virginicus*, *Suaeda nigra*, *Salicornia virginica*, *Spartina spartinae*, *Jaumea carnosa*, *Juncus roemerianus*, entre otros. Se localiza en ambientes semejantes a los que ocupa el manglar y a menudo se entremezclan. En la zona de marismas el sustrato es limoso-arcilloso y esta vegetación se establece en zonas intermareales en costas de baja energía. Las inundaciones del terreno son periódicas y dependen fundamentalmente de las mareas. La salinidad puede ser muy alta llegándose a formar una capa de salitre que es aprovechada para extraer sal.

Ceibadales o pastos marinos

Es una comunidad de hidrófitas sumergidas que se establece en el fondo marino arenoso, con oleaje moderado, formando extensas praderas de pastos marinos o ceibadales. No son verdaderos pastos sino que son monocotiledóneas que pertenecen a diversas familias de angiospermas. Se caracterizan por su capacidad de crecer en aguas salobres a marinas y completan su ciclo de vida totalmente sumergidas. Son muy importantes por su alta productividad, y junto con los manglares son los responsables de la riqueza de nutrientes y por tanto de fauna de las lagunas costeras. Las más frecuentes son *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii*, *Thalassia testudinum*, *Halophila decipiens* y *H. engelmannii*. Menos comunes son *Ruppia maritima* y *R. didyma*, las cuales toleran rangos de salinidad menores, *Phyllospadix scouleri*, *P. torreyi* y *Zostera marina*. Para mayor información puede verse el capítulo ocho sobre Pastos marinos en esta sección.

Comunidades arbóreas

También existen numerosas comunidades arbóreas con distinta estructura y composición de especies formando humedales. A continuación se describe cada uno de ellos y en la figura 2 se presenta un perfil sintético de varios de estos tipos de humedales.



Figura 2 | Perfil que muestra la topografía y fisonomía de los humedales arbóreos y arbustivos.

Manglar

El manglar es un bosque que mantiene las hojas todo el año, denso, compuesto por un pequeño grupo de especies de árboles o arbustos que marcan la transición entre el mar y la tierra. Las especies de mangle están adaptadas mediante características anatómicas y fisiológicas tan peculiares como el desarrollo de raíces adventicias, neumatóforos, viviparidad y glándulas secretoras de sal, entre las más importantes. En México hay cuatro especies ampliamente distribuidas: *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erecta* (mangle botoncillo), *Rhizophora mangle* (mangle rojo) y *Avicennia germinans* (mangle negro). El manglar es un tipo de humedal, pero por su importancia en las zonas costeras se presenta una descripción más amplia del mismo en el capítulo Manglares en esta sección.

Petenes

Los petenes son islotes de vegetación arbórea, principalmente de selva mediana perennifolia y subperennifolia y de manglar, que se encuentran inmersos en medio de amplias zonas planas e inundables de tipo pantanoso con diversos tipos de comunidades (desde herbáceas hasta manglares enanos). Se podrían considerar como islas de selvas y manglares de buena talla dentro de matrices de vegetación pantanosa baja. Son abundantes en las penínsulas de Yucatán y de Florida, ambas plataformas calizas. Se localizan muy cercanos a la costa, razón por la cual se ven influenciados en mayor o menor medida por la salinidad de las aguas del mar. Son dos los tipos más característicos. El primero se determina por la presencia casi absoluta de

Rhizophora mangle y algo de *Laguncularia racemosa*, alcanzando tallas entre 15 y 20 m aproximadamente. Este islote está rodeado por árboles chaparros del otro mangle, *A. germinans* que no rebasan los 2 metros. El segundo tipo tiene una composición de especies mucho más rica y puede llegar a medir 30 m de altura. Se caracterizan por la presencia de un ojo de agua o cenote en el centro de los mismos. El suelo es profundo y presenta gran cantidad de materia orgánica en descomposición. Entre las principales especies arbóreas que lo constituyen tenemos a *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Tabebuia rosea*, *Manilkara zapota*, *Ficus spp*, *Dendrosicus latifolius*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela sp*, *Sabal sp.* rodeados por vegetación herbácea de *Typha domingensis* y *Cladium jamaicense*.

Manzanillar

Es una comunidad arbórea que alcanza 15 metros de altura, casi monoespecífica formada por *Hippomane mancinella* (Euphorbiaceae). La sombra que producen estos árboles y las condiciones de anegación impiden el establecimiento de un estrato herbáceo. Frecuentemente se ubica entre el manglar y los humedales de agua dulce, aguas ligeramente salobres a dulces. Sólo se localiza en las costas del Pacífico.

Vegetación riparia

También llamada bosques de galería y selvas riparias. Son agrupaciones arbóreas que se establecen a lo largo de los ríos y alcanzan alturas entre los 4 y 30 m. Este tipo de vegetación está compuesto por varias especies, siendo dominante en las tierras bajas *Salix chilensis* (sauce), *Pachira aquatica* (apompo), *Ficus insipida* (higuera), etcétera.

Selva baja inundable

Ampliamente distribuida en el sureste de México y cuyas especies dominantes son *Annona glabra* y *Chrysobalanus icaco* (icaco), que puede formar poblaciones puras con árboles de 3 a 8 m de alto. En la planicie inundable del sur de Veracruz, este hábitat permanece inundado por más de nueve meses con un nivel de agua de 10 a 15 cm sobre el suelo.

Palmar inundable o tasista

Crece en franjas formadas alrededor de otros humedales, incluyendo manglares, y en el interior de sabanas inundables. Las mayoría de las palmas miden de 2 a 5 m de

alto, aunque pueden alcanzar los 30 m. Los suelos pueden ser salinos con altos porcentajes de materia orgánica. En la época de inundación, el agua llega a tener 1 m de profundidad. Son varias especies de palmas que toleran la inundación y se mezclan con especies que también están en las selvas y son: *Attalea butyraceae* con alturas de 10 metros, *Acoelarrhaphé wrightii* (tasiste) de 2 a 5 m de alto, *Roystonea dunlapiana* (palma de agua o yagua) de 15 a 20 m de alto, *Scheelea liebmannii* (coyol o palma real) con alturas hasta de 30 m. En el Pacífico son frecuentes los palmares de *Attalea*, en los que el agua del manto freático llega a las raíces.

Sabana. Constituye un pastizal dominado por cyperáceas y gramíneas de 60 centímetros a un metro de alto, de aspecto amacollado, que se localiza en suelos que se inundan sólo en época de lluvias, con árboles aislados de *Curatella americana* (tachicón), *Crescentia cujete* (jícara) y *Byrsonima crassifolia* (nanche). Entre las especies más curiosas que incluye está la insectívora *Drosera capillaris*.

162

Matorral espinoso o inerme inundable. Son agrupaciones leñosas menores a los 4 m de altura, ramificadas, que se comportan como vegetación secundaria de zonas inundables. El más común de los matorrales espinosos es el "zarzal", en el que la especie dominante es *Mimosa pigra*. El matorral inerme —es decir no espinoso inundable— más conocido es el "julubal" con *Bravaisia tubiflora* como especie dominante. Esta comunidad ha aumentado su superficie debido a la capacidad que tienen sus especies para colonizar ambientes desprovistos de vegetación, como son las áreas deforestadas con fines agropecuarios.

Distribución

En México, la mayoría de los humedales se distribuyen asociados a zonas costeras. Los principales en cuanto a extensión se localizan en los estados de Baja California (humedales de San Quintín, San Ignacio, Delta del Colorado), Nayarit (Marismas Nacionales) y Chiapas (La Encrucijada, la Sepultura) en el Pacífico y en todos los estados del Golfo de México y Caribe (laguna Madre en Tamaulipas; humedales del Norte de Veracruz, laguna de Tamiahua, humedales del Centro de Veracruz, Sistema Lagunar de Alvarado en Veracruz; pantanos de Centla en Tabasco y Campeche; Los Petenes y humedales de laguna de Términos en Campeche; ría

Celestún, El Palmar, ría Lagartos en Yucatán y Sian Ka an en Quintana Roo (Mitsch y Gosselink, 2000; Olmsted, 1993). Sin embargo, a lo largo de toda la costa de nuestro país podemos registrar una gran cantidad y variedad de humedales de menor tamaño que en conjunto generan un mosaico de ambientes.

Frecuentemente los diferentes tipos de humedales se pueden encontrar ocupando áreas contiguas, ya que pequeñas diferencias en el hidroperíodo, en tipo de suelo, salinidad, concentraciones de oxígeno generan un mosaico de microambientes que permite el establecimiento de diferentes tipos de ecosistemas costeros.

¿Cómo funcionan los humedales?

Para poder planear y llevar a cabo un manejo y por tanto un uso y una conservación de los humedales debemos conocer su flora y fauna, pero también su funcionamiento. Como resultado del pequeño volumen de un cuerpo de agua, la vegetación acuática ejerce una mayor influencia sobre su ambiente que la que tiene la vegetación terrestre. Las hidrófitas vasculares, es decir, las plantas acuáticas, a través de su respiración y fotosíntesis, de la forma y tasa de crecimiento, influyen sobre factores ambientales como la concentración de oxígeno disuelto y de bióxido de carbono, el contenido de amonio y nutrientes, el pH, la penetración de la luz, la velocidad de la corriente y la tasa de sedimentación y de esta manera influyen en las condiciones del humedal. Estos efectos pueden influir directa o indirectamente en la vida de otros organismos, sobre todo de la microflora y microfauna que utiliza estas hidrófitas como alimento, protección y soporte. El impacto de las plantas acuáticas en el ambiente y en las relaciones bióticas aumenta conforme el volumen de agua disminuye (Lugo *et al.*, 1990; Mitsch y Gosselink, 2000).

Los contrastes enormes que existen, tanto en las características físicas de los humedales como en la estructura y composición de especies de estas comunidades, sugieren la existencia de grandes diferencias en los procesos ecológicos de los distintos tipos de humedales.

Para poder tomar decisiones sobre el uso y manejo de los humedales es importante conocer no solamente el tipo de plantas que lo componen y la fauna que ahí se encuentra, sino saber cómo funcionan.

Uno de los procesos ecológicos que determina el funcionamiento del humedal es el hidroperíodo, que es el patrón estacional del nivel de agua en un humedal y se define por la duración, frecuencia y profundidad de la inundación.

Hidroperíodo

Muchas de las diferencias entre los distintos humedales se basan en características del hidroperíodo. Éste afecta de manera importante la composición de especies y frecuentemente abre el ecosistema a entradas y salidas laterales de materiales. Esto significa que la lámina de agua que cubre en un momento dado al humedal, introduce y extrae, con el simple flujo del agua, materiales como sedimentos y nutrientes. El hidroperíodo se define como el patrón estacional del nivel del agua en un humedal y se define por su duración (tiempo que permanece la inundación), frecuencia (el número de veces que se inunda en un tiempo dado), profundidad y época de inundación. Por tanto, puede decirse que viene a ser la firma de cada humedal.

En la figura 3 se presentan a manera de ejemplo varios tipos de hidroperíodos, en función del tipo de humedal. Pueden verse las diferencias en el tiempo que permanece la inundación a lo largo de un año y el grado de inundación. Es una muestra de la variación que existe entre los hidroperíodos de los distintos humedales.

El nivel del agua generalmente fluctúa, aun en aquellos casos en que el humedal permanece inundado todo el año. Estas fluctuaciones pueden ser estacionales, diarias, semidiarias (en función de las mareas) o impredecibles. Actúan como pulsos de entrada y salida de agua. Así, el hidroperíodo puede funcionar como un subsidio – entrada de nutrientes, sedimentos– o como un estresor de los humedales. La inundación crea corrientes que favorecen el flujo de nutrientes, de compuestos tóxicos y el intercambio de oxígeno. Por otro lado, una inundación prolongada puede causar la muerte de especies menos tolerantes. Pueden también presentarse inundaciones extraordinarias que afectan grandes extensiones y que frecuentemente producen fuertes pérdidas económicas y aun de vidas humanas. Sin embargo, es importante darse cuenta de que estas fluctuaciones son parte inherente de la vida de todos los humedales, y se tornan catastróficas cuando el hombre y sus actividades económicas se ubican en zonas de humedales.

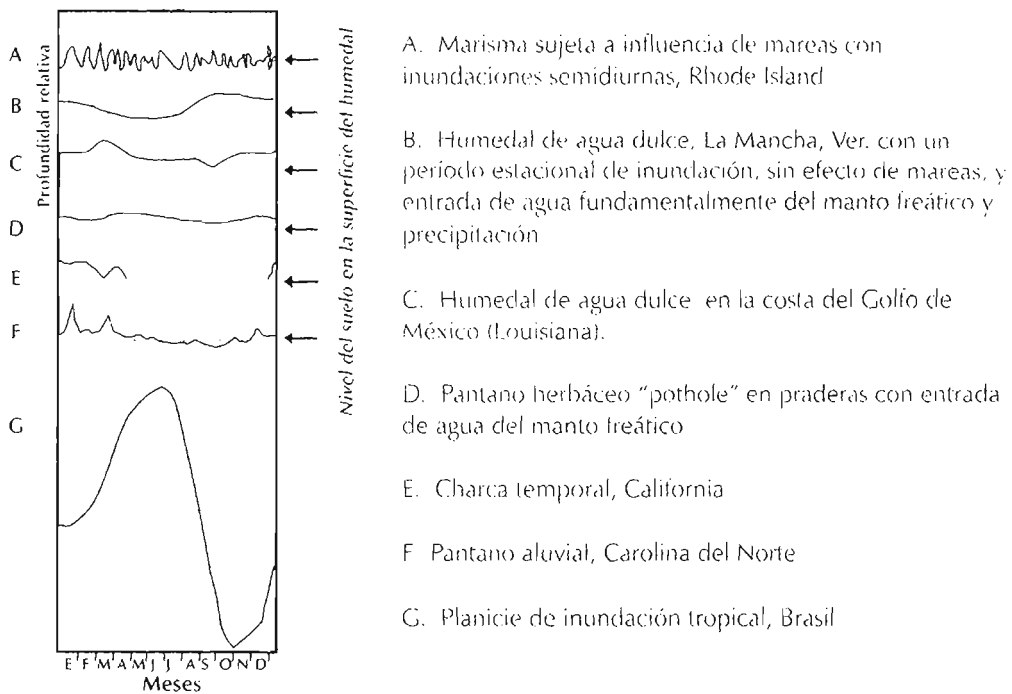


Figura 3 | Ejemplo de varios tipos de hidroperíodos en función del tipo de humedal (modificada de Lugo *et al.* 1990 y de Mitsch y Gosselink, 2000).

Un aspecto importante de conocer en los humedales es el tiempo de retención del agua o su inverso, la tasa de recambio. Este último se define como una medida del tiempo que tarda un humedal en reemplazar toda el agua e indica qué tan abierto es el sistema, es decir, qué tantas interacciones tiene con otros ecosistemas. Ejemplo de ello es el tiempo que una laguna permanece con la barra abierta o que recibe escurrimientos de agua dulce.

Estos pulsos constituyen el principal mecanismo que produce una fuerte interacción entre ecosistemas costeros. Los pulsos, con sus entradas y salidas de agua y nutrientes, funciona como una red de intercambio con ecosistemas vecinos, ya sean humedales u otros sistemas. Así, la modificación de flujos de agua y por tanto la hidrología de los humedales, tiene una repercusión en cadena hacia todos aquellos ecosistemas relacionados.

fluctuación en el nivel del agua en un humedal ocasionada por la entrada de nutrientes desde otros ecosistemas, los cuales fluyen entre los diferentes sistemas costeros.

Funciones de los humedales

Productividad primaria. La productividad primaria es el proceso mediante el cual las plantas convierten la energía solar en energía química. La cantidad total de energía química producida por un organismo en un tiempo dado se llama productividad primaria bruta. El organismo utiliza parte de esta energía para mantener sus procesos de vida (respiración) y otra la almacena (productividad neta).

Hay que recordar que en un humedal hay plantas acuáticas, animales y gran cantidad de organismos pequeños, algunos visibles a simple vista y otros no. Todos aquellos que tienen clorofila realizan la fotosíntesis y se consideran productores primarios. Son por ejemplo las plantas, ya sea árboles como los manglares, o hierbas y pastos, pero también tienen gran importancia las algas. Éstas forman parte del fitoplancton de las lagunas costeras y otros cuerpos de agua y juegan un papel muy importante en la ecología de estos sistemas (ver los capítulos seis y siete en esta sección).

En los humedales, tanto las plantas vasculares como las algas que forman el fitoplancton del cuerpo de agua, contribuyen a la productividad primaria. Los humedales están entre los ecosistemas más productivos de la tierra (Figura 4), es decir, que forman mayor cantidad de materia viva. Compiten con las mejores tierras agrícolas. Los tulares formados por neas son uno de los humedales más productivos, con una producción que alcanza las 29.6 toneladas de biomasa por hectárea al año. Un humedal de ciperáceas sólo alcanza un tercio de esta producción, pero sigue siendo mayor que los pastizales y que muchos bosques.

Las principales funciones de los humedales se dan a través de la productividad primaria, la descomposición de materia orgánica y los flujos de energía.

Descomposición. Las plantas requieren aproximadamente 15 elementos esenciales para vivir y crecer, siendo los dos más importantes el nitrógeno y el fósforo. La mayoría de ellos se obtienen a partir de los iones disueltos en agua. Los humedales actúan como transformadores de nutrientes al importar formas inorgánicas disueltas y oxidadas (nitritos, nitratos y fosfatos) y exportar formas reducidas particuladas y disueltas (amonio, formas de compuestos orgánicos de nitrógeno y fósforo).

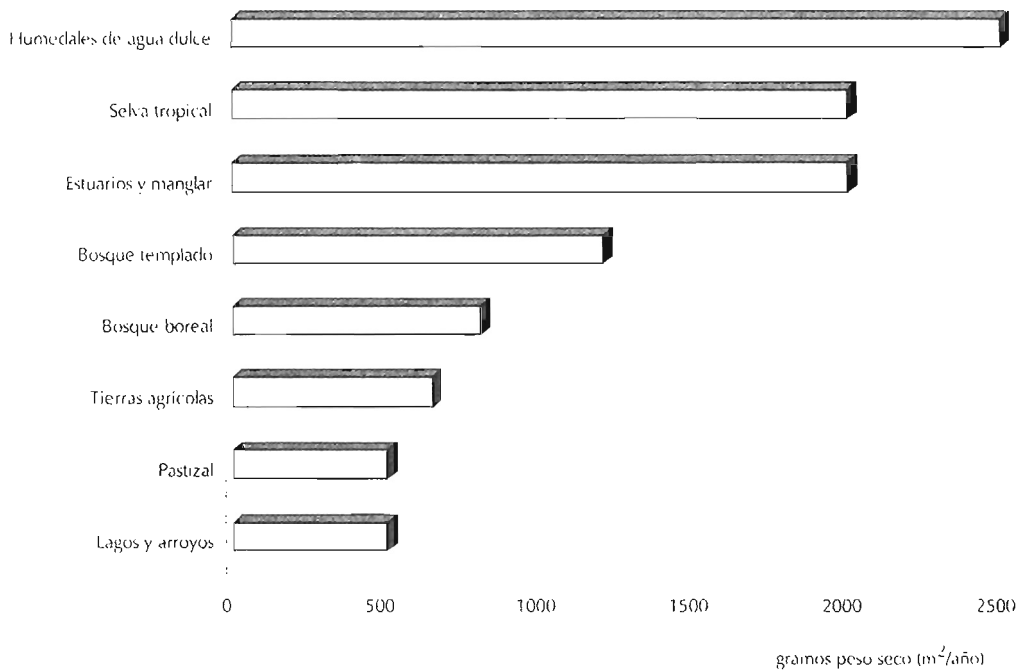


Figura 4 | Productividad de varios ecosistemas entre ellos los humedales (tomado de Cronk y Fenessy, 2001). Puede verse que los ecosistemas más productivos son los humedales de agua dulce, las selvas, los estuarios y manglares, mientras que las tierras agrícolas presentan valores bajos.

Pueden funcionar como fuentes o como sumideros de nutrientes (ver capítulo Cambio climático y reciclaje de carbono en humedales costeros, segunda sección).

Bajo el término descomposición se incluyen todos los cambios que se presentan en la materia orgánica después de la senescencia y muerte. El material en descomposición más abundante son las hojas, y éstas son las que se descomponen más rápido, seguidas por los rizomas y finalmente los tallos y madera. Debido a la alta productividad de los humedales hay mucha materia en descomposición (ver capítulo Cambio climático y reciclaje de carbono en humedales costeros). Ello hace que sean importantes productores de nutrientes y que alimenten a otros ecosistemas o humedales. Las lagunas costeras reciben los nutrientes generados durante los procesos de productividad y descomposición en los otros humedales como son los manglares, los pantanos de agua dulce y los pastos marinos. Ello les permite ser tan productivas desde el punto de vista pesquero.

Flujos de energía

Las plantas son organismos autótrofos y constituyen los primeros eslabones en la cadena alimenticia. Su fuente de energía es la luz. El flujo de energía es el movimiento de la energía química dentro de una cadena alimenticia, o sea, desde los productores primarios (plantas) a los herbívoros y finalmente a los carnívoros.

En los humedales hay dos patrones fundamentales para el flujo de energía. Uno tiene que ver directamente con el consumo o herbivoría de plantas, es decir, que la biomasa generada por las plantas a través de la fotosíntesis pasa a otros organismos como son primero los herbívoros y después los carnívoros, cuando las plantas sirven de alimento a los primeros. El segundo patrón involucra a los organismos que se alimentan principalmente de la materia orgánica o detritus, es decir los microorganismos que están en el suelo. Con frecuencia ambas se entremezclan. Estos procesos también le permiten a las lagunas tener una alta productividad pesquera (ver capítulo siete sobre Lagunas costeras en esta sección).

168

Las especies de los humedales y sus adaptaciones

La vida en un ambiente inundado requiere de diversas adaptaciones. Son dos los factores ambientales que actúan como filtros seleccionando las especies que son capaces de sobrevivir en los humedales: la salinidad y la inundación (tiempo y cantidad). La inundación produce sustratos saturados y por tanto largos períodos de inundación que los vuelven ambientes anaerobios, es decir, carentes de oxígeno. Cuando el agua llena el espacio de los poros, la tasa de difusión del oxígeno se reduce drásticamente (10,000 veces más lenta). Ello hace que en unas cuantas horas o días sobrevenga una reducción grave de oxígeno (Cronk y Fennessy, 2001).

Muchas plantas no hidrófitas mueren cuando son sometidas aun a períodos breves de inundación. Las plantas acuáticas se han especializado para sobrevivir en ambientes inundados. Así han desarrollado una serie de adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permiten tolerar el estrés o bien evitarlo. Puede ser a través de adaptaciones en la estructura de la raíz como la producción de aerénquima, un tejido lleno de espacios aéreos que permiten la aereación del tejido sumergido y el transporte de oxígeno, la formación de raíces adventicias y raíces superficiales. Los neumatóforos son raíces

aéreas modificadas, de 20-30 cm de alto, que se producen por miles, que alcanzan un centímetro de diámetro, con tejido esponjoso de aerénquima, llenas de lenticelas. Sobresalen del lodo y aparecen por encima del nivel del agua durante las mareas bajas. Son características de manglares como *Avicennia* y *Laguncularia*. Las raíces de zanco del mangle rojo están cubiertas de lenticelas que permiten el intercambio de gases. Ya en el suelo forman raíces de alimentación (superficiales y con muchos pelos que extienden la superficie de las raíces) y raíces de anclaje (con una capa tipo corcho protectora y que penetran hasta un metro bajo tierra). Por lo anterior, podemos ver que para una planta es difícil sobrevivir en los humedales, y por lo tanto no son muchas las plantas en el mundo que viven bajo estas condiciones.

Algunas especies toleran, además de la inundación, la salinidad. Las plantas también

Las especies que viven en los humedales han desarrollado adaptaciones fisiológicas y morfológicas, como son la producción de aerénquima, la formación de raíces adventicias y raíces superficiales, glándulas especializadas para excretar sal. Estas adaptaciones les permiten vivir y reproducirse exitosamente en ambientes tan estresantes como son los humedales.

han desarrollado mecanismos para lidiar o evitar la salinidad como son la exclusión de la salinidad a través de barreras para prevenir o controlar la entrada de sales, como por ejemplo, la superficie de la raíz del mangle rojo, la excreción de la sal a través de órganos particulares como las glándulas especializadas de las hojas, la utilización de ciclos alternativos de fotosíntesis como el C_4 , entre otros.

Reproducción y dispersión. Muchas hidrófitas se reproducen sexual y vegetativamente. En algunos casos, esta última es muy vigorosa y puede darse a partir de pequeños fragmentos vegetativos y por la reproducción de tubérculos, rizomas, estolones, ápices latentes, etc. Estos propágulos –semillas, trozos de rizomas o tallos capaces de crecer– pueden ser dispersados con facilidad por muy diversos agentes como agua, fauna acuática, actividades de irrigación, lanchas, etc. Estas características hacen que muchas plantas acuáticas tengan una distribución amplia y que se conviertan en una plaga.

Flora del humedal

En general, las plantas de los humedales tienen alto valor estético y son frecuentemente usadas para decoración de fuentes y cuerpos de agua. Además, son muy valiosas para la vida silvestre, ya que son refugio y fuente de alimentos para gran cantidad de fauna. Sin embargo, muy pocas tienen valor económico en el mundo moderno. No obstante, de manera indirecta las plantas acuáticas están en mayor o menor grado involucradas en la economía general de diferentes actividades como el manejo de la vida silvestre, cacería y pesca deportiva, utilización de agua y control de malezas, y sobre todo por los servicios ambientales que prestan como ecosistemas (ver el capítulo doce sobre Servicios ambientales en esta sección). Entre las pocas plantas de humedal de importancia económica está el arroz, con sus centenas de variedades, considerado como una planta acuática. Es sin duda uno de los cereales más importantes cultivados por el hombre. El arroz silvestre (*Zizania aquatica*) está adquiriendo importancia hoy en día. Otra especie importante es el tintal, *Haematoxylon campechianum*, árbol de gran importancia durante la época de la Colonia y posteriormente, hasta 1900. Se extrajo de los humedales del sureste mexicano y en la mayoría de las zonas se sobreexplotó. Su madera fue muy cotizada.

Existen datos interesantes sobre el papel que la flora acuática tiene para las aves, especialmente las gramíneas, cyperáceas y varias hidrófitas emergentes. Sus semillas son un alimento importante de estas aves y también les brindan protección y refugio. Algunos materiales vegetales son fuente importante para la construcción de nidos de aves y constituyen hábitats preferenciales. Por ejemplo, la chocha americana (*Scolopax minor*) utiliza las zonas donde domina *Arundinaria gigantea* y el rascón picudo (*Rallus longirostris*), las zonas de *Juncus roemerianus*. También se ha encontrado que sirven de alimento a fauna silvestre como son los venados, conejos, cocodrilos, castores, entre otros.

Actualmente los humedales han cobrado gran importancia para el manejo de aguas grises y negras, así como escurrimientos de agua de lluvia (ver el capítulo cuatro sobre Humedales como alternativa para la limpieza de aguas residuales, en la sección siete). Se ha hecho énfasis en el tratamiento descentralizado de aguas en contraposición con la tendencia prevaleciente en los últimos 50 años de colec-

tar el agua y conducirla hasta una planta de tratamiento centralizada. Con esta visión la construcción de humedales cobra gran importancia pues implica el manejo puntual de las aguas en la fuente de origen de la contaminación. Los objetivos de estas plantas de tratamiento naturales están muy relacionadas con su principal función, que es la remoción de contaminantes. Son pocas las plantas que se usan en estos diseños, siendo las más frecuentes *Phragmites australis*, varias especies de *Typha* y de *Scirpus*. Todas ellas son especies herbáceas emergentes, que resisten una inundación de hasta 70 cm, capaces de tolerar flujos de agua superficiales o subsuperficiales, con raíces vigorosas que se extienden vertical y lateralmente, capaces de reproducirse rápido y rellenar zonas extensas. En cambio, un mayor número de especies son utilizadas para actividades de restauración o de tratamiento de escorrentías de aguas de lluvia.

Fauna de los humedales

Los animales de los humedales se pueden dividir en los que viven de manera permanente en ellos, los que visitan los humedales durante la época de secas y los migratorios, estos últimos principalmente aves. A nivel de mamíferos, entre los principales está la rata almizclera (*Ondatra zibethicus*) que hace algunos años tenía una amplia distribución, la nutria de agua (*Lutra longicaudis*), el grisón (*Galictis vittata*), el mapache (*Procyon lotor*), el tapir (*Tapirus bairdii*), el tlacuache acuático (*Chironectes minimus*), el castor (*Castor canadensis*), sobre todo en el norte del país, y varias especies de roedores, principalmente del género *Oryzomys*. Este último es el mamífero herbívoro más importante de estos ambientes. El tapir, el tlacuache acuático y la nutria se encuentran en peligro de extinción. El manatí (*Trichechus manatus*) aún está presente en los estuarios del Golfo y Caribe de México, aunque sus poblaciones se han reducido muchísimo. Se alimenta principalmente de la hierba del manatí, un pasto marino (*Cymodocea filiformis*) y de la flotante *Eichhornea crassipes* (lirio acuático). El murciélago *Noctilio leporinus* se alimenta de peces en ambientes ribeños.

En las lagunas costeras y estuarios es frecuente encontrar cocodrilos (*Crocodylus moreletii* y *C. acutus*) y raramente caimanes (*Caiman osclerops*).

Otros organismos importantes son peces, crustáceos y tortugas dulceacuícolas. Estos

La fauna de los humedales, al igual que la flora, también es muy especializada. Algunas especies como los cocodrilos, están protegidas por la NOM 059 SEMARNAT-2001. Los humedales constituyen zonas de anidamiento y alimentación de gran importancia para muchas aves migratorias como los patos y otras aves vadeadoras.

tienen gran importancia económica pues incluyen organismos como camarones, jaibas, ostiones, mojarras, entre muchos otros.

Aves

En los humedales es posible encontrar una gran variedad de aves que utilizan estos ambientes para reproducirse, alimentarse o descansar. Podemos encontrar ejemplares de 18 familias haciendo uso de estos ambientes (Podicipedidae, Pelecanidae, Phalacrocoracidae, Anhingidae, Ardeidae, Threskiornithidae, Ciconiidae, Phoenicopteridae, Anatidae, Rallidae, Aramidae, Gruidae, Charadriidae, Haematopodidae, Recurvirostridae, Jacanidae, Scolopacidae y Laridae).

En especial las garzas (Ardeidae), cigüeñas (Ciconiidae), flamings (Phoenicopteridae) y los ibis y espátulas (Threskiornithidae) se les considera aves vadeadoras de patas largas. Las garzas tienen cuello y picos largos, puntiagudos y fuertes que utilizan para capturar peces y otros animales. Los ibis tienen un pico curvado para enterrarlo en el lodo y extraer pequeños organismos, mientras que las espátulas, flamings y cigüeñas tienen picos muy especializados para obtener alimento. En general, se alimentan en zonas pantanosas, lodosas, poco profundas donde caminan buscando su alimento.

Las garzas (Ardeidae), las cigüeñas (Ciconiidae), las ahingas (Anhingidae), los cormoranes (Phalacrocoracidae), los ibis y espátulas (Threskiornithidae), anidan colonialmente en humedales arbóreos como los manglares. Los pelícanos (Pelecanidae) utilizan humedales arbustivos y los flamings (Phoenicopteridae) anidan sobre planicies lodosas aledañas a las zonas de manglar.

Otras especies anidan en vegetación hidrófita flotante, como son las jacanas (Jacanidae) y algunas especies de rálidos (Rallidae), como son las fulicas, gallinulas, porzaanas. Otras las podemos encontrar en áreas de vegetación hidrófita emergente,

como son extensiones de tular entre las que tenemos varias especies del género *Rallus* sp y algunos zambullidores de la familia Podicipedidae.

Una de las familias más diversas es la de los patos y gansos (Anatidae) que son visitantes frecuentes de los humedales, y que la mayoría requieren de cuerpos de agua abiertos de diferentes profundidades rodeados por vegetación que les brinde seguridad. Se alimentan de moluscos, raíces, semillas, peces, ranas, entre otras. Muchas de estas especies son migratorias y arriban a México para pasar el invierno o en su paso a Centro y Sur América. Desde el punto de vista de la cacería representan una opción económica importante.

Finalmente, especies de las familias Charadriidae, Haematopodidae, Recurvirostridae y Scolopacidae, utilizan planicies lodosas para alimentarse de invertebrados, y ejemplares de la familia Laridae utilizan los cuerpos de agua de las lagunas costeras para obtener peces.

Importancia de los humedales

Los humedales juegan un papel de gran importancia por los recursos que proporcionan (agua, alimentos, madera, etc.). Una gran parte del agua que cae a la tierra vía la precipitación escurre hacia las tierras bajas y finalmente al mar o a los acuíferos subterráneos. Así los ríos, lagos y acuíferos son las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para el ser humano, tanto para la vida diaria, como para la agricultura, la acuicultura y la industria.

Por otro lado, los humedales proporcionan servicios ambientales fundamentales. Uno de los más importantes en función del escenario actual de eventos climáticos extremos, como son las sequías, lluvias y huracanes, es el control de inundaciones, ya que son zonas de descarga donde se acumula agua y se va percolando lentamente. Estas masas de agua, a su vez, evitan que asciendan las masas de agua salada, salinizando el manto freático. También evitan que en ríos y estuarios penetre el agua salada más hacia tierra adentro (Tabilo-Valdivieso, 1999).

En las zonas costeras los humedales protegen la costa a través de la estabilización

El agua

Además de los mantos freáticos, muchos humedales son fuente insustituible de agua para el ser humano y sus actividades.

Solamente una pequeñísima porción de la gran cantidad de agua de nuestro planeta es agua dulce de una calidad tal que pueda servir para beber, para regar los cultivos, y para satisfacer otras necesidades humanas. Del volumen total de agua en el planeta, solamente 2.5% es agua dulce y de ésta, las 2/3 partes está atrapada en los glaciares y en los hielos del Ártico y Antártico. Una cantidad muy baja, sólo 0.77% forma parte y da vida a los lagos, lagunas, ríos, humedales, acuíferos subterráneos, poros del suelo, plantas, animales y la atmósfera.

La lluvia, aparte de toda la importancia que tiene en nuestras vidas, constituye el único abastecimiento renovable de agua dulce de la tierra. Todas las plantas y animales terrestres, incluyendo el hombre, dependen de esta agua. Esta renovación se produce año con año a través del ciclo hidrológico del agua (Shiklomanov, 1993).

del substrato por las raíces de las plantas y depósitos de materia vegetal, la acumulación de sedimentos mediante la depositación de las partículas que traen los escurrimientos y ríos, la disipación del oleaje y la energía y como barreras contra el viento. En este punto es necesario destacar la pérdida de terrenos en la desembocadura del río Mississippi en Louisiana. Actualmente, este estado del norte del Golfo de México pierde al año entre 25 y 35 millas cuadradas de humedales, lo cual equivale a la superficie de 21,000 campos de fútbol. Este proceso se ha venido dando siempre; sin embargo, lo hace a mayor velocidad en los últimos 200 años por las actividades de desarrollo realizadas en las zonas cercanas del río a lo largo del centro de Estados Unidos, debido a la construcción de vías ferroviarias, diques, drenaje de canales, ductos y exploraciones para obtención de energéticos, entre otras. El río Mississippi drena 41% de la superficie de Estados Unidos, abarcando 31 estados y dos provincias de Canadá. La velocidad de pérdida de terrenos se disparó a partir de las obras realizadas a fines del siglo XIX y que se continuaron hasta hace algunos años. El control de las inundaciones producidas por el desbordamiento del río se basó en la idea de que la construcción de diques a los lados ayudaría a contener las aguas e impulsaría el arrastre de sedimentos y por tanto lograría hacer los canales y

lecho del río más profundos. Mientras más tiempo pasara, más profundo sería el río y menos peligro de inundaciones habría. El tiempo ha mostrado que el proyecto de ingeniería ha logrado contener el río pero ha reducido drásticamente el aporte de sedimentos de agua dulce transportados por éste a la zona costera de Louisiana, donde desemboca. Ello ha hecho que ya no haya aporte de sedimentos para alimentar las marismas y humedales costeros y conjuntamente con la elevación del nivel del mar se está produciendo la subsidencia y compactación de la franja costera. Este hundimiento lento de los humedales está teniendo fuertes consecuencias económicas en la región por la pérdida de pesquerías, entre otras (Barry, 1997).

Problemas a los que se enfrentan los humedales

Los humedales son ecosistemas muy diversos en especies de flora y fauna, pero también en adaptaciones funcionales que les permiten tolerar diversos grados de inundación y salinidad. Son una enorme fuente de riqueza económica por sus pesquerías, actividades de turismo y recreación, zonas donde hay abundancia de energéticos en el subsuelo. Constituyen, junto con los mantos freáticos, el principal almacén de agua dulce que utiliza el hombre para su vida diaria y sus actividades productivas. Juegan un papel determinante en el control de inundaciones, protección de la zona costera, tanto de huracanes y marejadas como de los procesos de salinización de cuerpos de agua. Son fuente de inspiración para el hombre por su importancia estética y recreativa.

La presencia abundante de agua dulce atrae los asentamientos humanos y las actividades ligadas a los mismos. A la fecha, la afectación mayor en los ecosistemas de agua dulce proviene de las transformaciones de las cuencas de los represamientos (De la Lanza y García, 1995) y en cómo repercute sobre la hidrología y el uso y contaminación de los recursos acuáticos (ver capítulo doce sobre Servicios ambientales en esta sección). Las actividades humanas han producido una enorme deforestación, la cual ha disminuido los escurrimientos que alimentan a los humedales; paralelamente se ha incrementado la erosión haciendo que llegue mayor cantidad de material terrígeno a los cuerpos de agua. Esto produce sedimentación en los humedales y su desaparición lenta. Uno de los pro-

blemas graves en el manejo del ambiente es que, por lo general, por razones políticas o económicas, las decisiones no se basan en unidades naturales donde se cuiden y manejen las interrelaciones y las afectaciones indirectas.

El desarrollo turístico es un factor importante de destrucción, sobre todo de humeda-

En el mundo, los humedales han sufrido fuertes pérdidas. La disminución de la superficie ocupada por distintos tipos de humedales se ha cuantificado en 53% para Estados Unidos, entre 65 y 80% para Canadá (en función del tipo de humedales), siendo los más afectados los estuarios costeros del Pacífico. La pérdida de manglares se estima en algo menos de 50% en Australia, 60% en China, 67% en Filipinas y 65% en México. Aunque en México no existe una cuantificación sobre la pérdida de otro tipo de humedales, ésta debe oscilar entre 60 y 80% de la superficie que se tenía (Mitsch y Gosselink, 2000).

les costeros, ya sea porque son desecados para establecer hoteles o porque reciben contaminantes producidos en los asentamientos humanos.

La contaminación es hoy en día un problema grave en estos ecosistemas. Las zonas bajas e inundables, donde se establecen los humedales costeros, resultan los sitios hacia los cuales fluye finalmente todo lo que se produce en la tierra y es transportado por el agua. En este sentido los humedales, lagunas y el mar son el basurero de nuestras sociedades actuales. Los contaminantes que se producen a través de las numerosas actividades del hombre son arrastrados por escurrimientos y ríos hacia lagos, lagunas y zonas inundables, hasta llegar al mar. Las zonas rurales y las actividades agropecuarias ocupan las mayores extensiones en el mundo. En casi todas ellas se aplica gran cantidad de fertilizantes que luego son arrastrados y enriquecen los cuerpos de agua. La eutroficación producida por estas actividades resulta en tasas de descomposición más elevadas. Sin embargo, en muchas ocasiones estos nutrientes van acompañados de otras sustancias contaminantes que tienen el efecto opuesto.

Un escenario de gran importancia para los humedales es el cambio climático global. Durante los últimos 25,000 años, los ecosistemas dulceacuícolas han sufrido cambios drásticos de extensión, correlacionados con el clima regional. Los futuros

cambios climáticos producirán modificaciones comparables en la cantidad y distribución de agua dulce. Las predicciones sobre la precipitación y la evaporación que tendrán lugar en el futuro son inciertas, pero el consenso sobre el efecto invernadero apuntan hacia un incremento de ambas. Algunas áreas de la superficie terrestre se volverán más húmedas y otras más secas, lo cual traerá consigo cambios en la distribución de arroyos, ríos, lagos y pantanos (Carpenter *et al.*, 1992). La interfase tierra-agua es una zona de gran actividad biogeoquímica, que se expandirá y contraerá con las fluctuaciones de abastecimiento de agua (Wetzel, 1990). Esta interfase es especialmente importante en los arroyos, cuerpos de agua temporales y lagos pequeños debido a la alta proporción en la tasa perímetro-volumen. Son varios los cambios que se producirían en los humedales con el cambio climático global. Se modificaría la superficie que ocupan, la profundidad de los mismos, algunos quedarían aislados y otros se unirían. Todo ello traería cambios en la vegetación y en el funcionamiento de estos ecosistemas. Hay que recordar que el material vegetal en descomposición juega un papel fundamental en los flujos de energía. Los cambios climáticos alterarán la biomasa total, la productividad y la composición de especies de las zonas riparias y de los humedales en general, modificando el abastecimiento de materia orgánica y de nutrientes a los sistemas de agua dulce.

Los cambios climáticos también predicen un incremento en la frecuencia de eventos sorpresivos como inundaciones, sequías y extremos térmicos que produzcan cambios abruptos en las tasas de los procesos ecosistémicos o en las poblaciones de especies

La situación de los humedales dulceacuícolas mexicanos es grave. Se encuentran entre los ecosistemas más alterados o modificados por las acciones del hombre. El ciudadano en general y los gobiernos frecuentemente desconocen el término "humedal" y siguen considerándolos como tierras improductivas que se requiere drenar. La escasa legislación existente no se aplica, por ejemplo CNA indica que debe mantenerse un corredor de vegetación riparia de 10 metros de ancho a la orilla de los ríos, para evitar la erosión del propio curso del río y el azolvamiento de su cauce - medida que no se ejerce. Es urgente avanzar en la protección y regulación del uso de estos ecosistemas, que cumplen funciones de gran importancia para la sociedad.

clave. Estos cambios tienen un significado ecológico importante, ya que los ritmos de variabilidad temporal en arroyos y lagos están íntimamente ligados a los ciclos hidrológicos y reclutamiento de especies clave. Como ejemplo de ello está la vegetación riparia que atraviesa ciclos de establecimiento y destrucción respecto de las perturbaciones hidrológicas y de las características de reclutamiento de los árboles riparios.

Plagas

La capacidad de reproducción vegetativa y de dispersión de muchas de las plantas acuáticas hace que con facilidad puedan convertirse en plagas. Las especies plaga son aquellas potencialmente dañinas para el hombre, las plantas o animales, o bien que son de interés agrícola, hortícola o forestal por los daños que producen. Muchas de ellas han sido introducidas a nuevos territorios de manera accidental, pero otras lo han sido deliberadamente como plantas de ornato. Existen varios casos bien documentados. En México el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) se han convertido en una plaga de cuerpos de agua, naturales y artificiales, llegando a cubrir extensas áreas. Muchas veces es necesario limpiar a mano la superficie del agua para despejar los canales y disminuir la población de esta especie. Constituye una de las mayores plagas del mundo.

Las especies de nea (*Typha* spp.) no se consideran una plaga, pero en general son poco deseables, ya que pueden desplazar a otras especies de humedales y eliminar el espejo de agua. Si no se controlan pueden llegar a cubrir rápidamente un área y si ésta es pequeña y somera, secarla.

Especies introducidas a las zonas de potreros inundables de los trópicos, como el pasto alemán (*Echinochloa* spp.) también constituyen plagas, ya que desplazan fácilmente a las plantas nativas de los humedales.

En diversos países existen regulaciones estrictas para tratar de controlar varias de éstas. Por ejemplo, en Florida está prohibido poseer, coleccionar, transportar, cultivar o importar sin un permiso especial, individuos de todas las especies de *Eichhornia* sp., *Hydrilla verticillata*, *Limnocharis flava*, *Mimosa pigra*, *Pontederia rotundifolia*, muchas especies del género *Salvinia*, *Sparganium erectum*, *Ipomoea aquatica*,

Myriophyllum spicatum, entre otras. En México no tenemos ninguna legislación al respecto y ya se han detectado introducciones graves como es la de *Hydrilla verticillata*, especie que ha invadido el sur de Estados Unidos y que comienza a avanzar sobre México. En este sentido es importante ejercer un control estricto sobre embarcaciones para impedir su diseminación.

RECOMENDACIONES DE MANEJO

- Los humedales y su hidrología deben conservarse. La excavación de zanjas y canales, el drenaje, el relleno y la construcción de diques, el represamiento, son obras que alteran la hidrología de los humedales.
- Se debe evitar que se interrumpa el flujo de agua superficial o subsuperficial.
- Cuando se requiera construir obras en los humedales que interrumpan flujos, deben buscarse las soluciones técnicas para que esto no ocurra.
- No deben introducirse especies exóticas en los humedales.
- En aquellos humedales que forman parte de áreas naturales protegidas, deben construirse pasarelas para evitar el pisoteo del suelo.
- Los caminos y carreteras deben mantener suficientes pasos de agua para asegurar que se mantenga la hidrología del humedal.
- Se debe evitar la extracción de turba de los humedales.
- Se debe reglamentar el uso de los humedales como zonas de descontaminación de aguas, de modo que no se supere la capacidad natural del humedal para realizar estas funciones.
- Se deben establecer planes de manejo de los humedales en función de objetivos específicos (por ejemplo reproducción de patos, mantenimiento de biodiversidad, control de inundaciones, etcétera).
- Se debe procurar un manejo integral de las cuencas para asegurar tanto la recarga de los mantos acuíferos como el mantenimiento de las zonas de descarga, es decir, los humedales.
- Se debe evitar que los ductos interrumpan los flujos de agua sub-superficiales.

BIBLIOGRAFÍA

- Barry, J. M.** 1997. *Rising Tide. The great Mississippi flood of 1927 and how it changed America.* Simon & Schuster, Nueva York, 524 p.
- Bonilla-Barbosa, J. R. y A. Novelo.** 1995. Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Serie Cuadernos IBUNAM 26, 166 p.
- Challenger, A.** 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO-UNAM—Agrupación Sierra Madre S.C., México, 846 p.
- Calles-León, A., G. Castillo-Campos, I. García-Coll, H. Trejo, L. Legaria, W. Márquez-Ramírez, P. Moreno-Casasola, R. Moreno-Molina, F. Morosini-Cordero, E. Portilla-Ochoa, G. Silva-López, J. M. Vargas y G. Vázquez-Hurtado.** 1998. Humedales en Veracruz. En: F. J. Abarca y M. Cervantes (eds.). *Manual para el Manejo y la Conservación de los Humedales en México: textos adicionales.* Publicación especial bajo colaboración de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; U.S. Fish & Wildlife Service; Arizona Game and Fish Department y North American Wetlands Conservation Council. México D.F.
- Carpenter, S. R., S. G. Fisher, N. B. Grimm y J. F. Kitchell.** 1992. Global change and freshwater ecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 23: 119-39.
- Cronk, J. K. y M. S. Fenessy.** 2001. *Wetland plants. Biology and ecology.* Lewis Publ., Boca Raton, 492 p.
- De la Lanza, G. y J. L. García.** 1995. *Lagos y presas de México.* Centro de Ecología y Desarrollo, México, 320 p.

- Lot, A. 1991. Flora y vegetación de las zonas acuáticas de Veracruz. Tesis Doctoral, Fac. de Ciencias, UNAM, México, 226 p.
- Lot, A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México: hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes. Serie Cuadernos IBUNAM 33, 161 p.
- Lugo, A. E, S. J. Brown y M. M. Brinson. 1990. Concepts in wetland ecology. En: A. E. Lugo, M. M. Brinson y S. Brown (eds.). Forested Wetlands. Ecosystems of the World 15. Elsevier, Amsterdam, pp. 53-85.
- Miranda, F, y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-179.
- Mitsch, W. J. y J. G. Gosselink. 2000. Wetlands. J. Wiley and Sons, Nueva York, 920 p.
- Moreno-Casasola, P. , H. López y S. Garza. 2000. La vegetación de los humedales Mexicanos. En: F. J. Abarca y M. Cervantes (eds.). Manual para el Manejo y la Conservación de los Humedales en México: textos adicionales. Publicación especial bajo colaboración de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; U.S. Fish & Wildlife Service; Arizona Game and Fish Department y North American Wetlands Conservation Council. México, D.F.
- Olmsted, I. 1993. Wetlands of Mexico. En: D. F. Whigham, D. Dykyjová y S. Hejný, (eds.). Wetlands of the world I: inventory, ecology and management. Handbook of Vegetation Science. Kluwer. Academic Publishers, Dordrecht, pp: 637-678.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F. 432 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2002. Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación (segunda parte) del 6 de marzo de 2002. 82 p.
- Stutzenbaker, Ch. D. 1999. Aquatic and wetland plants of the Western Gulf coast. Texas Parks and Wildlife Press, Austin, Texas, 465 p.
- Shiklomanov, I. A. 1993. World freshwater resources. En: P. H. Gleick (ed.). Water in crisis: a guide to the world 's freshwater resources. Oxford University Press, Nueva York, pp. 13-24.
- Tabilo-Valdivieso, E. 1999. El beneficio de los humedales en América Central. El potencial de los humedales para el desarrollo. WWF-Turrialba- Univ. Nacional de Costa Rica, Heredia, 58. p.
- Wetsel, R. G. 1990. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. Vehr. Int. Verein. Limnol. 24: 6-24.