

# Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México

Mauricio Cervantes\*

## Introducción

Los ecosistemas acuáticos epicontinentales son todas aquellas aguas superficiales que se distribuyen en los continentes. Dentro de los ecosistemas acuáticos existen, de manera general, los sistemas lóticos (término relativo al agua corriente, por ejemplo un arroyo o un río), y los lénticos (concepto aplicado a las aguas estancadas, como pantanos, estanques, lagos y los humedales, que son cuerpos de agua someros). Estos ecosistemas son estudiados sistemáticamente por la limnología.

## *Tipología de los ecosistemas acuáticos y humedales*

Una clasificación de la que hacemos uso frecuente en Conservación Internacional (CI) está determinada con base en la diversidad de ambientes acuáticos, costeros y marinos que existen en México, considerando su ubicación geográfica y tipo de cuerpo de agua, su extensión y otras características relevantes.

Esta clasificación, esencialmente tipológica, muestra diferentes grupos de humedales con base en el sistema acuático al que pertenecen, con el objeto de facilitar su identificación (Tabla 1 y Figura 1). A continuación se describen los tipos incluidos:

### *Ecosistemas acuáticos interiores*

Se considera un humedal interior a toda aquella planicie de inundación, existente a lo largo de los ríos y arroyos, en las márgenes de lagos y estanques o como depresión inundada aislada, rodeada por tierra. Estos sistemas no presentan algún tipo de contacto directo con el mar y pueden, o no, tener una salinidad variable, aspecto determinado por los tipos de afluentes que los alimentan o por el sustrato.

Dentro de este tipo de sistemas se incluyen los siguientes cuerpos de agua:

*Lagos.* Son cuerpos de agua naturales de condiciones lénticas (estancadas) y cuyo origen es continental; sin comunicación directa con el mar, generalmente son grandes, con más de 8 m de profundidad. Constituyen masas de agua permanentes y que se depositan en una depresión del terreno (cuenca lacustre).

*Laguna.* Son cuerpos de agua con aparente similitud con los lagos; su existencia puede corresponder a cualquier origen, drenaje y dimensiones. Permanecen

---

\* Conservation International, México, A.C. (CI)  
Corero-e: [mcervantes@conservation.org](mailto:mcervantes@conservation.org).

TABLA 1. TIPOS DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS, INCLUIDOS LOS HUMEDALES

TIPO DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS			EJEMPLOS DE FORMAS	
Humedales	Interiores	Lóticos	Río, arroyo y petén	
		Lénticos	Humedales Sistemas de aguas profundas	Bordo, embalse, cenote, bolsón, ciénaga Lago y laguna
	Costeros		Humedales Sistemas de aguas profundas	Marisma, estero, estuario Laguna costera y bahía
		Marinos	Arrecife	

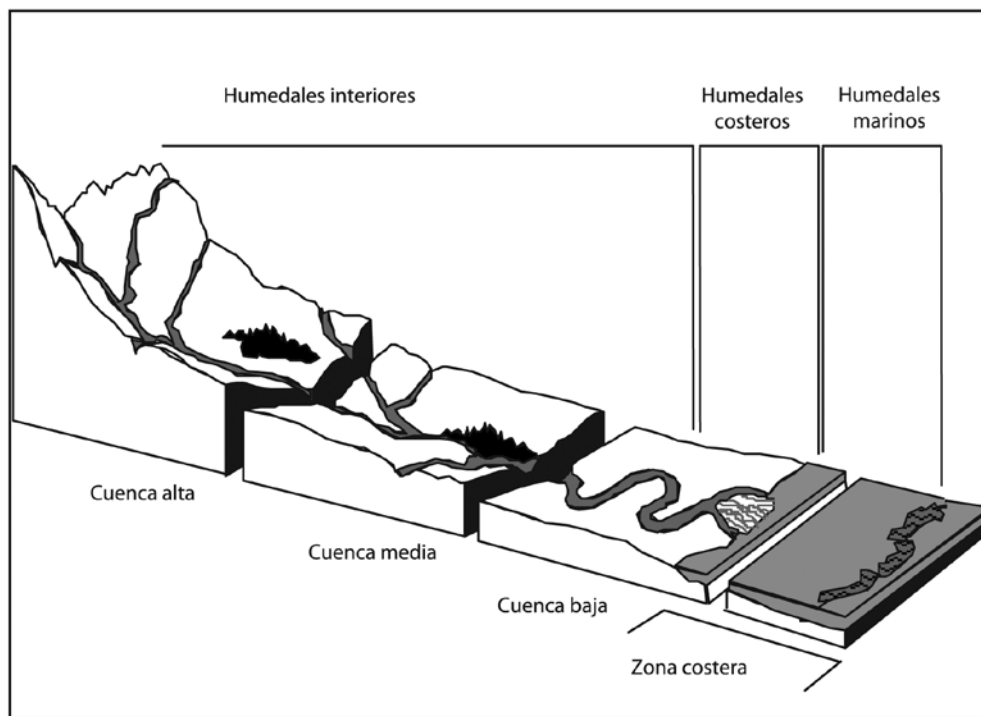
relativamente estancados y son un tanto inestables, con variaciones en el nivel de agua; pueden ser temporales o permanentes, dependiendo del régimen pluvial. Son depósitos con una profundidad media menor a los 8 metros y de forma cóncava. Esta profundidad tiende a provocar una turbiedad que origina una menor transparencia del agua —en comparación con un lago— la cual frecuentemente resulta de color

pardo por la presencia de materia orgánica, por el crecimiento de algas y por la presencia de sólidos suspendidos.

*Ríos.* Son cuerpos de aguas lóticas (aguas corrientes) que aun cuando pueden dividirse de varias formas son, en última instancia, corrientes de agua continua que desembocan en otra corriente de agua o en el mar.

*Arroyos.* Son torrentes variables de agua, los cuales

FIGURA 1. TIPOS DE HUMEDALES EN UNA CUENCA



pueden ser estacionales o permanentes, mansos o rápidos, pero con volumen de agua menor que los ríos. Suelen circular sobre cauces rocosos (autoerosionado) y normalmente contienen aguas frías, saturadas de oxígeno.

**Bordos.** Son obras artificiales de origen humano, construidas con estacas y postes, con el fin de almacenar el agua y utilizarla para irrigación, entre otros propósitos. Los bordos pueden ser temporales o permanentes y constituyen cuerpos de agua muy abundantes en algunas regiones. Además, pueden representar recursos potenciales para aprovechamiento piscícola en actividades acuícolas.

**Embalses.** Son reservorios artificiales en los que se recogen las aguas de un río. Están sujetos a fluctuaciones en el nivel del agua.

**Cenotes.** Son un tipo particular de depósito de agua dulce que, por ejemplo en México, se encuentran en la Península de Yucatán. Son anchos pozos naturales, de contornos más o menos circulares y paredes regularmente verticales, que se han formado debido al hundimiento reciente del terreno cárstico, ocasionado por la frecuente circulación de las aguas subterráneas que forman profundas grutas, cuyas bóvedas se derrumban y dan lugar a estos cuerpos de agua.

**Petén.** Se denomina comúnmente petenes a los islotes de vegetación arbórea que se encuentran inmersos en una matriz de vegetación baja inundable. En los petenes se presentan variaciones en la elevación del terreno y por lo tanto en la profundidad de la inundación y en la duración de la misma, la cual determina qué asociación vegetal se manifiesta en cada sitio.

**Bolsón.** Es una cuenca cerrada intermontana, que se caracteriza por su desagüe centrípeto (funcionalmente son cuencas endorreicas). Estas depresiones frecuentemente han sido excavadas por el viento; algunas contienen en su porción central gran cantidad de aluviones que han sido arrastrados desde las montañas circundantes, otras presentan piso rocoso cubierto con sal (los llamados bolsones alcalinos).

**Ciénaga.** Zonas pantanosas alimentadas por un ojo de agua permanente y suelos permanentemente saturados, con abundante vegetación ribereña y semi-sumergida. Muchas veces representan las cabeceras de arroyos y pequeños ríos, especialmente en zonas áridas

o semiáridas (Minckley y Brown, 1982; Hendrickson y Minckley, 1985). En algunos casos pueden tener cierta influencia marina.

### *Ecosistemas acuáticos costeros*

Se denominan ecosistemas acuáticos costeros a todos aquellos cuerpos de agua que se encuentran en la zona litoral, manteniendo una comunicación permanente o temporal con el mar y que pueden o no estar conectados a sistemas dulceacuícolas. Esto hace que el tipo de salinidad presente en las aguas de estos sistemas vaya desde salobre hasta típicamente marina (Burke *et al.*, 1988). Se consideran, dentro de este tipo general, los siguientes cuerpos de agua:

**Marisma.** Es un terreno bajo y anegado, localizado a orillas del mar o de los esteros. Se encuentra inundado por las aguas del mar, ya sea por las mareas y sus sobrantes o por el encuentro de las aguas marinas con la desembocadura de los ríos. Presenta vegetación de juncos, hierbas y cañas además de pequeñas lagunas y canales intercalados (Cervantes, 1994).

**Laguna costera.** Es una depresión de la zona costera, ubicada por debajo del promedio mayor de las mareas más altas, que tiene una comunicación permanente o efímera pero protegida de las fuerzas del mar por algún tipo de barrera, la cual puede ser arenosa o formada por islas de origen marino que, en general, son paralelas a la línea de costa. Son cuerpos de aguas someras y de salinidad variable (Cervantes, 1994).

**Estero.** Es un cuerpo de agua formado en un canal natural o en antiguos brazos de un delta de río actualmente cerrado. En sus aguas se alternan períodos de estancamiento y de circulación, determinados por el ciclo diario o estacional de las mareas y por la magnitud y penetración de las corrientes de mareas, lo que origina que sus aguas presenten salinidad variable (Cervantes, 1994).

**Estuario.** Es un cuerpo de agua costero semicerrado, con una conexión libre con el mar, dentro del cual el agua de mar se diluye significativamente con el agua dulce que proviene del drenaje terrestre. Se encuentran bordeados y parcialmente cortados desde el océano por masas de tierra, las cuales son perpendiculares a la línea de costa (Cervantes, 1994).

*Bahía.* Es una entrada del mar en la costa, de extensión considerable (Cervantes, 1994).

### *Ecosistemas acuáticos marinos*

Frecuentemente se consideran ecosistemas acuáticos marinos a todos aquellos localizados en el área de la plataforma continental y que no excedan los 6 metros de profundidad en marea baja. En la perspectiva del presente capítulo, dentro de este tipo se ubican únicamente los arrecifes.

*Arrecifes.* Son estructuras monticulares formadas por la colonización y crecimiento de invertebrados sedentarios. Se caracterizan por su elevación con relación al sustrato que los rodea y su interferencia respecto al curso normal de las olas.

### **Historia y definiciones asociadas**

Durante muchos años, los humedales fueron considerados lugares inhóspitos, peligrosos y sin valor económico para el desarrollo humano. La idea de que los humedales eran tierras inútiles fue lo que provocó el mal uso y abuso de estos ecosistemas, a tal grado de modificar sus regímenes hidrológicos y ciclos de nutrientes, así como de contaminarlos, azolarlos o destruirlos (Mitsch y Gosselink, 1986).

Se ha estimado que en el mundo existen 557,000,000 ha de humedales y se calcula que actualmente, en Norteamérica, existe menos del 50 % de las áreas originalmente ocupadas por este tipo de zonas, que los colonizadores —españoles primero e ingleses después— encontraron a su llegada al continente (Niering, 1985).

No fue sino hasta principios del siglo pasado que se les empezó a dar atención y reconocimiento, por ser áreas de gran diversidad en plantas y animales, de enorme importancia ecológica y económica, de una belleza considerable y más aún, al conocerse que son sistemas de gran fragilidad. A pesar de este reconocimiento, el término *humedal* y la importancia de su protección han empezado a ser del dominio público apenas desde la década de 1970, aún en países desarrollados.

Los humedales, por sus características ecológicas, se consideran actualmente como fuentes de vertedero

y transformación de múltiples materiales biológicos y químicos. Se les ha denominado los “riñones” de la tierra, debido a su capacidad de filtrar y absorber ciertos contaminantes dentro de los ciclos químicos e hidrológicos, así como por ser receptores de aguas naturales o artificiales. De igual forma, se ha determinado que los humedales evitan inundaciones y recargan los mantos acuíferos subterráneos; algunos juegan un papel muy importante como hábitat único que alberga una amplia variedad de flora y fauna silvestres —incluyendo aves migratorias— y como centros de reproducción de una gran cantidad de especies de peces, muchos de ellos de importancia comercial. Dada la importancia que representa la conservación de estas áreas, no sólo deben ser valoradas bajo un punto de vista biológico, sino también antropológico, económico, social y cultural, lo cual fundamenta de una manera integral la necesidad de su conservación, protección, manejo y uso racional.

### *Antecedentes de la conservación de los humedales en México*

México posee apenas el 0.6% de los humedales de todo el mundo, es decir, aproximadamente 3,318,500 ha (Olmsted, 1993), de las cuales 1,567,000 ha corresponden a superficies estuáricas o humedales costeros (Contreras, 1993) y 1,751,500 ha a humedales continentales, incluyendo algunos artificiales (De La Lanza y García, 1995). La superficie continental y el perímetro litoral de la República Mexicana están cubiertos en un 16.8 % por humedales. Se calcula que el 35 % de los humedales y ecosistemas de aguas profundas en México ha sufrido algún deterioro, se ha modificado sensiblemente o simplemente se ha perdido; esto representa alrededor de 1,161,475 ha o, de igual forma, una superficie equivalente a todos los lagos y presas que existen actualmente en el país (Cervantes, en prensa).

La Convención sobre humedales de importancia internacional, conocida coloquialmente como Convención Ramsar, intenta poner coto a la pérdida de estas zonas y asegurar su conservación mediante el reconocimiento internacional que estimule programas de protección a escala nacional. México se inscribió a la Convención Ramsar desde 1985, con

la designación de la Reserva de la Biosfera de Ría Lagartos, en Yucatán, como un sitio de Importancia Internacional para la Convención Ramsar. En 1994 se integraron tres sitios más: la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, en Tabasco; la Reserva de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Coahuila, y la Región de Marismas Nacionales, en Sinaloa y Nayarit. Para 2004 ya se habían integrado 60 sitios más (véase sitios Ramsar México en: <http://conanp.gob.mx/sig/anps/ramsar/ramsar.pdf>).

Bajo un acuerdo tripartito, firmado por México, Canadá y Estados Unidos en 1988, se han emprendido proyectos cooperativos para la protección de humedales y aves acuáticas en México, a través del Consejo para la Conservación de los Humedales de Norteamérica (NAWCC, por sus siglas en inglés). En Estados Unidos de América el NAWCC se estableció por medio del Acta para la Conservación de Humedales de América del Norte, en 1989, con el fin de recomendar proyectos de conservación de humedales. El Acta provee la mayor y única fuente de fondos equitativos federales para proyectos de conservación de humedales (<http://www.fws.gov/birdhabitat/index.htm>).

Por otro lado, el Plan de manejo de aves acuáticas de Norteamérica tiene como objetivo recuperar las poblaciones de aves acuáticas mediante la restauración y manejo de los ecosistemas de humedales, para la conservación de la diversidad biológica en el hemisferio occidental, para integrar la conservación de la vida silvestre con el desarrollo económico sustentable y para promover la asociación de agencias públicas y privadas, organizaciones e individuos para la conservación. Dicho Plan, firmado en 1986, reconoció que la recuperación y la permanencia de las poblaciones de aves acuáticas dependen de la restauración de los humedales y ecosistemas asociados, en toda la región norteamericana. Tiene la finalidad de conseguir la conservación de las aves acuáticas, manteniendo o mejorando los valores ecológicos asociados en armonía con otras necesidades humanas. Con la actualización, ocurrida en 1994, México se convierte en socio en pleno, completando con ello el enfoque de América del Norte para el manejo de las aves acuáticas (véase: <http://www.fws.gov/birdhabitat/NAWMP/nawmphp.htm>).

Red hemisférica de reservas para aves playeras. Esta red trabaja para conseguir la conservación internacional de este tipo de aves y de los hábitat de los cuales dependen, reconociendo lugares críticos de reproducción, puntos de migración y sitios de invernación en varios países. En México, en 1992, dos sitios fueron declarados como Reservas Internacionales bajo el criterio de mantener al menos al 15 % de la población de playeros migrantes en el hemisferio. Ambos sitios se encuentran en la vertiente del océano Pacífico: El Delta del Río Colorado, actualmente zona núcleo de la Reserva de Biosfera del Alto Golfo y Delta del Río Colorado, Baja California-Sonora, y la Región de Marismas Nacionales, amplia extensión de la planicie costera del estado del Nayarit. Todos estos lugares son, fundamentalmente, humedales que también son importantes para las aves acuáticas migratorias (véase: <http://www.manomet.org/WHSRN/>).

### Aspectos más recientes en México

En 1992, la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) enlistó 32 humedales prioritarios para México incluyendo ecosistemas acuáticos continentales, costeros y marinos de todo el país. Ésta fue la primera política del estado para atender a los recientemente revalorados humedales.

Desde entonces, el concepto de humedal se insertó en diversas organizaciones y los diversos fondos internacionales incrementaron los esfuerzos para el conocimiento, manejo y conservación de sus distintos tipos. Sin embargo, de manera paralela, el auge en la acuicultura y en los desarrollos turísticos, asociados con los ecosistemas acuáticos en tierras y costas, incrementó las amenazas sobre los humedales; esto significó serios conflictos entre la conservación y el desarrollo. La conciencia pública y de ciertos sectores orientó su atención a la defensa de los humedales, cuya presión originó mayor atención por parte de las autoridades, buscando que se acatase la ley ambiental e incrementando las normas orientadas al manejo y uso de los humedales.

A partir de que en 1996 la Ley de Aguas Nacionales integró el concepto de humedal, aumentaron sustancialmente las normas oficiales destinadas a evitar la contaminación de cuerpos de agua y se incrementaron

los recursos para la conservación y el conocimiento de los humedales. Desde entonces y hasta la fecha, la prioridad por manejar y conservar estos ecosistemas ha ido en aumento. Sin embargo, esto no ha sido suficiente, ya que requiere de una mayor atención, de manera decidida, real y sistemática.

En México se utilizan o se han utilizado varias definiciones de humedal. Ducks Unlimited de México A.C. (DUMAC) usa la del USFWS (Carrera y de la Fuente, 2004), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en su *Estudio de país*, basa su sistema de clasificación de humedales en la del USFWS. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que opera como enlace con la Convención Ramsar, utiliza la definición de esa Convención para la inclusión de algunos sitios en la lista de Humedales de importancia internacional.

Para efectos administrativos, en México también se cuenta con la base de la Ley de Aguas Nacionales, publicada originalmente el 1 de diciembre de 1992 y reformada el 29 de abril de 2004 en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF, 2004), así como con su Reglamento, publicado el 12 de enero de 1994 en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF, 1994).

La Ley de Aguas Nacionales (y después su Reglamento, por consecuencia), establece en los artículos 3, fracción XXX y artículo 2, fracción XII, respectivamente, la siguiente definición de humedal:

“Humedales: las 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 los 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, originadas por la descarga natural de acuíferos”

En este sentido habría que tomar en cuenta también algunas cuestiones relacionadas con los humedales y que se encuentran insertas en estos instrumentos legales.

Tal es el caso de la Ley de Aguas Nacionales cuyo artículo 3° (definiciones), en su fracción I establece, con base en la Constitución, lo que son Aguas Nacionales; fundamento para legislar en materia de humedales. También en su artículo 86 BIS 1 se indican las atribuciones de la Comisión Nacional del Agua en materia de conservación de este tipo de áreas. Por su parte, en el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, artículos 23, 78 y 155, se encuentran estipulados aspectos de relevancia para la administración de las aguas nacionales y en particular de los humedales.

### Un diagnóstico general

En México, el nivel medio anual de precipitación es de 777 mm, equivalente a 1 billón 570 mil millones de m<sup>3</sup> (Tabla 4). De esta cantidad, 1 billón 120 mil millones se evaporan retornando a la atmósfera, 410 mil millones se escurren superficialmente (Tabla 2) y 40 mil millones se infiltran en el subsuelo para recargar los acuíferos. Considerando la superficie continental de nuestro país, los cuerpos de agua ocupan el 1.42 % del territorio. En la Tabla 3 se observa la proporción porcentual de los cuerpos de agua.

En la Tabla 4 se describe el total de agua disponible, el total de agua utilizada y la correspondiente sin aprovechamiento. Como puede observarse, sólo se utiliza una tercera parte del agua superficial y más de la mitad de la del subsuelo. El resto del agua, aunque

TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN DEL AGUA DULCE EN MÉXICO

DISTRIBUCIÓN	VOLUMEN DE AGUA (MILLONES DE M <sup>3</sup> )
Ríos	410, 000
Presas	107, 000
Aguas subterráneas	70, 000
Recarga de agua subterránea	5, 000
Lagos y lagunas	14, 000
Lluvia	1, 530
<b>Total</b>	<b>607, 530</b>

Fuente: SEDESOL, 1993.



no es utilizada, sufre una disminución en su calidad y posee en algunos casos importantes vectores de contaminación. Cabe destacar que la sobreexplotación del agua subterránea, proveniente de la recarga, ha propiciado una severa baja en la disponibilidad del recurso, su alteración y la tardía recuperación de los volúmenes. Además, estos recursos hídricos se encuentran distribuidos de modo desigual a lo largo del territorio nacional.

Por ejemplo, existen grandes diferencias de una región a otra respecto a las precipitaciones medias anuales y a los escurrimientos respectivos, según las regiones del *Plan Nacional Hidráulico 1975*. En

términos generales, la precipitación ocurre durante cuatro o seis meses de temporada lluviosa y una parte importante se concentra en áreas poco pobladas. El 82% del volumen de almacenamiento está bajo la cota de los 500 metros sobre el nivel del mar, mientras que el 76 % de la población vive por arriba de ese nivel. La precipitación más alta se localiza en la región del Grijalva-Usumacinta y la más baja en la región de Baja California (Tabla 5) (INEGI, 1995).

De acuerdo con las distribuciones espaciales de la lluvia y la temperatura, 52.7 % del territorio tiene déficit hídrico (regímenes climáticos desértico, árido y semiárido) mientras 47.3 % es subhúmedo y hú-

TABLA 3. SUPERFICIE OCUPADA  
POR LOS EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES

CUERPOS DE AGUA	SUPERFICIE EN HA	SUPERFICIE TOTAL (%)
Lagos y lagunas	210, 000	7.52
Lagos y zonas lagunarias del Golfo	114, 000	4.08
Pantanos (Veracruz, Tabasco, Campeche)	434, 000	15.56
Presas (Artificiales)	481, 000	17.24
Salobre Lagunas, litorales y esteros	1, 550, 000	55.57
<b>Total</b>	<b>2, 789, 000</b>	<b>99.97</b>

Fuente: reelaborado a partir de SARH, 1975.

TABLA 4. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POR ORIGEN  
Y DESTINO (VOLÚMENES  $\times 10^6$  M<sup>3</sup> AÑO)

PRODUCCIÓN POR LLUVIA	VOLÚMENES $\times 10^6$ M <sup>3</sup> AÑO		FLUJO A LAGOS INTERIORES O AL MAR SIN APROVECHAMIENTO
	<b>1, 570, 000</b>	Agua utilizada	
Pérdidas por evaporación	1, 120, 000		
Escurrimiento superficial	410, 000	146, 000	264, 000
Recarga de acuíferos	40, 000	28, 000	12, 000
<b>Disponibilidad total</b>	<b>450, 000</b>	<b>174, 000</b>	<b>276, 000</b>

Fuente: Sedesol, 1993.

TABLA 5. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL Y ESCURRIMIENTO POR REGIONES

REGIÓN	PRECIPITACIÓN MEDIA 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup> AÑO	ALTURA MEDIA ANUAL EN MM	ESCURRIMIENTO 10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup>
Baja California	20, 791	150	278
Noroeste	167, 961	522	24, 922
Pacífico Centro	110, 616	946	30, 277
Balsas	113, 984	975	31, 667
Pacífico Sur Istmo	134, 485	1, 658	64, 785
Bravo	162, 415	431	7, 600
Golfo Norte	142, 321	1, 028	40, 708
Papaloapan	93, 533	1, 654	60, 576
Grijalva-Usumacinta	171, 131	1, 854	83, 883
Península de Yucatán	172, 158	1, 233	29, 119
Cuencas cerradas Norte	112, 339	417	3, 944
Lerma	65, 301	731	6, 445
Valle de México	17, 403	730	1, 853
Costa centro	47, 610	1, 365	24, 105
<b>Total</b>	<b>1, 532, 048</b>	<b>777</b>	<b>410, 162</b>

Fuente: SEDESOL, 1993.

MAPA 1. PRINCIPALES RÍOS DE MÉXICO, POR ESTADO. LA INCIDENCIA DE HUMEDALES  
ESTÁ ASOCIADA CON LAS AGUAS SUPERFICIALES



Fuente: Comisión Nacional del Agua 1999.



medo. Menos de una tercera parte del escurrimiento superficial ocurre en 75 % del territorio, donde se concentran los mayores núcleos de población, las industrias y las tierras de riego, lo que provoca insuficiencias en las aguas superficiales y subterráneas para el abastecimiento y, a su vez, conduce a la sobreexplotación de acuíferos y obliga a hacer transferencias entre cuencas (Tabla 6) (SEDESOL, 1993; INEGI, 1995). La contaminación, por otra parte, ha reducido el potencial de uso de varios acuíferos, ríos y cuerpos de agua. Paradójicamente, en el 25 % restante del territorio, la abundancia de agua también representa un problema severo. Ahí, el drenaje de tierras y el control de las inundaciones son fundamentales para estimular el desarrollo económico de las comunidades asentadas en esas regiones. En ellas, además, la principal actividad industrial se relaciona con el petróleo, lo cual ha traído como consecuencia problemas críticos de contaminación. El potencial hidroeléctrico de esta zona no ha sido aún totalmente aprovechado.

La extracción total del agua del país es, actualmente, de unos 174 mil  $\times 10^6$  m<sup>3</sup> año, equivalentes a 43 % del agua renovable (404 mil 651  $\times 10^6$  m<sup>3</sup> año), en tanto que el consumo total representa 15 % del agua renovable.

La generación de energía hidroeléctrica representa el mayor volumen extraído, 60 %, mientras que la irrigación usa más del 80 % del consumo total.

Respecto al agua subterránea, se ha estimado en 17 mil 409  $\times 10^6$  m<sup>3</sup> el promedio de la recarga anual y en 16 mil 395  $\times 10^6$  m<sup>3</sup> el de extracción, así como en 110 mil 350  $\times 10^6$  m<sup>3</sup> el volumen total de almacenamiento, destacando la región noroeste del país por su alto almacenamiento (25.5 % del total) (SARH, 1980).

### Atributos generales más importantes de los ecosistemas acuáticos

#### Qué es y qué no es un humedal

Desde una perspectiva práctica los mejores indicadores, visibles y sencillos, para identificar y definir qué es

TABLA 6. AGUA SUBTERRÁNEA. DISTRIBUCIÓN REGIONAL (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> AÑO)

REGIÓN	EXTRACCIÓN	RECARGA	ALMACENAMIENTO
Baja California	1, 724	1, 152	10, 600
Noroeste	3, 026	2, 059	32, 600
Pacífico centro	276	691	
Balsas	1, 008	1, 849	
Pacífico sur e Istmo	140	159	
Bravo	2, 150	3, 000	26, 750
Golfo norte	32	62	
Papaloapan	334	606	20, 000
Grijalva-Usumacinta	184	292	
Península de Yucatán	500	500	
Cuencas cerradas	2, 060	1, 360	20, 400
Lerma	2, 386	3, 179	
Valle de México	2, 540	2, 323	
Costa centro	35	177	
<b>Total</b>	<b>16, 395</b>	<b>17, 409</b>	<b>110, 350</b>

Fuente: SARH 1980

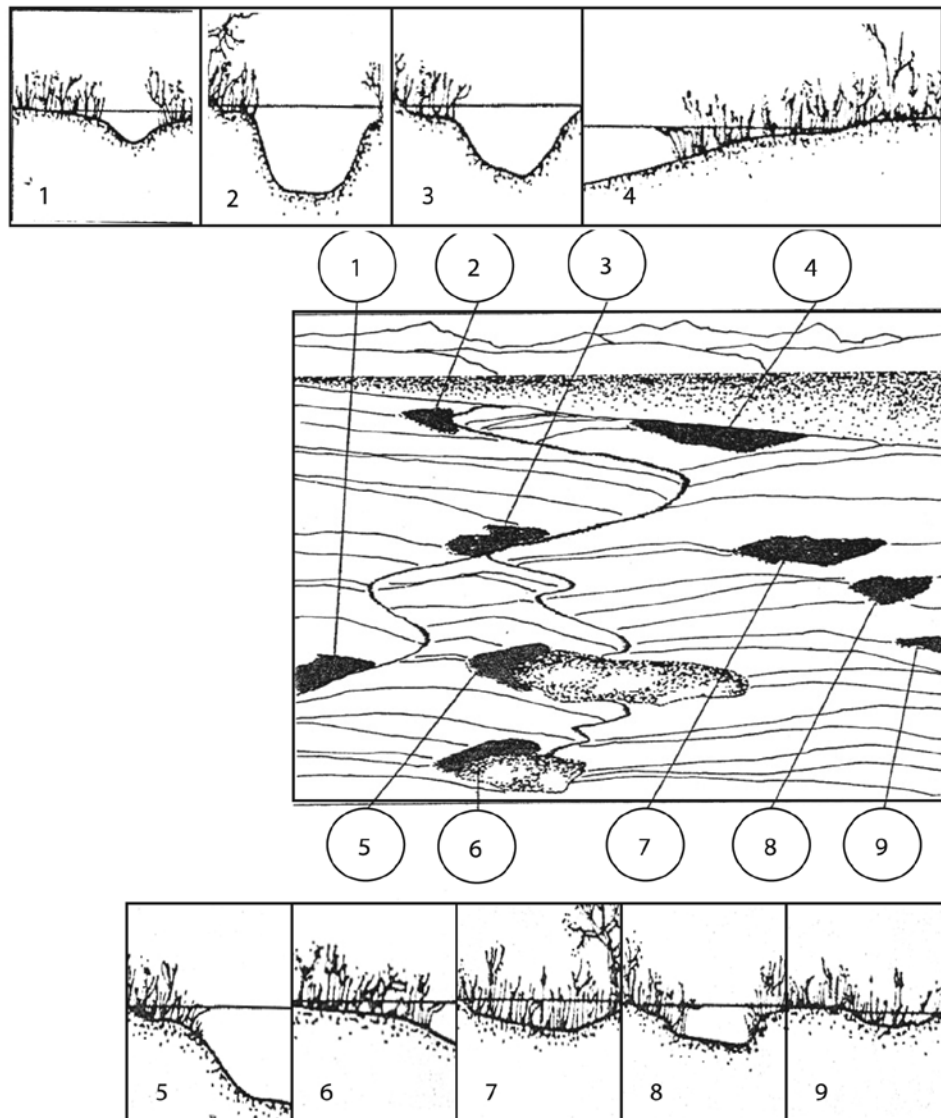
un humedal, son tres: 1) El suelo. Un humedal tiene un suelo saturado de agua; 2) La vegetación hidrófila. Presencia de plantas que resisten suelos saturados de agua o, inclusive, cuyo ciclo completo de vida ocurre estando sumergidas; 3) La fauna. Presencia de especies con atributos y conductas típicamente asociadas con áreas acuáticas, que ocupan estos sitios durante un lapso importante de su ciclo de vida.

El propósito de exponer lo que no es un humedal, es evitar confusiones desde un punto de vista práctico.

Un cuerpo de agua no es un humedal en sí mismo. Sin embargo, es un componente con el cual se asocian los humedales entendidos en sentido estricto (véase también la discusión en Sánchez, en este volumen). En la Figura 2 se observan ecosistemas acuáticos donde podemos diferenciar corrientes superficiales, cuerpos de agua y humedales. La Tabla 7 muestra la descripción de cada humedal.

En las figuras 3 y 4 se muestran detalles generales de humedales costeros y continentales.

FIGURA 2. PRESENCIA DE HUMEDALES



Fuente: Lynn, 1988.

TABLA 7. DESCRIPCIÓN DE HUMEDALES

DESCRIPCIÓN	
1, 2 y 3	Humedales contiguos a corrientes
4	Humedales contiguos a aguas marinas
5 y 6	Humedales contiguos a lagos
7, 8 y 9	Humedales aislados

### *Características de los grandes tipos de ecosistemas acuáticos*

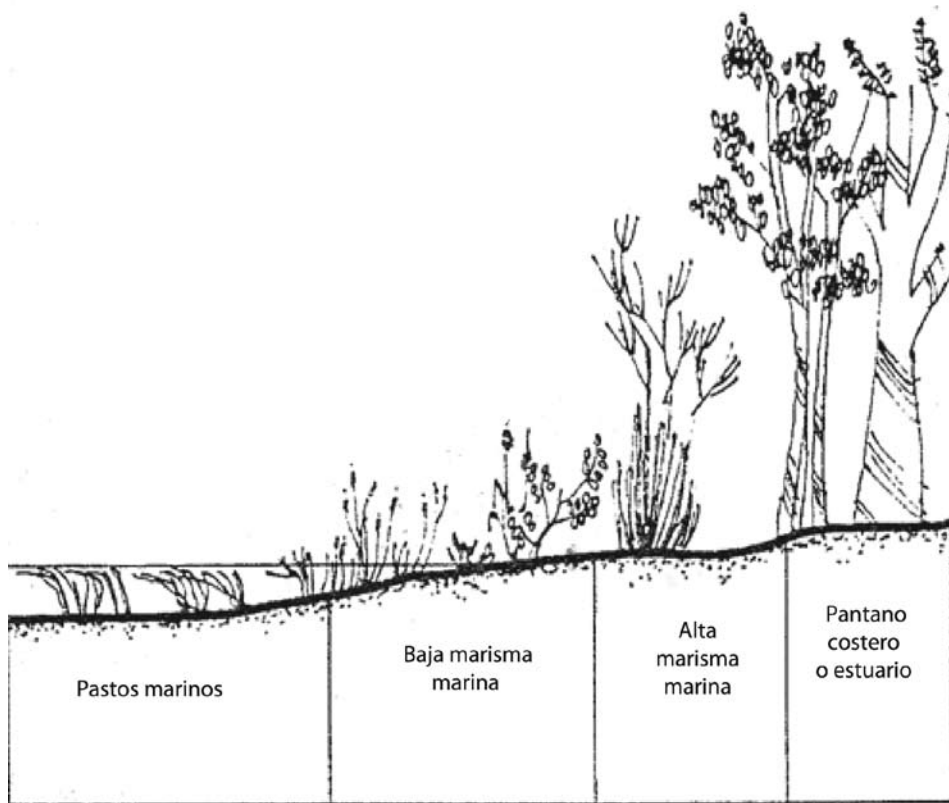
La variedad de tipos de humedales ha requerido su clasificación sistemática, a fin de mejorar los enfoques tanto de investigación como de conservación. Como un ejemplo de los resultados logrados al respecto, en la Tabla 8 se presenta una versión condensada de la clasificación de humedales que utiliza el gobierno norteamericano.

Un segundo ejemplo se muestra en la Tabla 9. Se trata de la clasificación de la Convención Ramsar (Montreux 1990), de la cual México es signatario. Agrupa a los humedales marinos y costeros en un solo esquema e incorpora a su clasificación ecosistemas artificiales. Para el caso de México, los humedales artificiales se encuentran bajo otro orden administrativo; en esos términos es importante considerar qué clasificaciones es más útil adoptar.

### *Semejanzas y diferencias ecológicas entre sistemas de agua dulce, salobres y salinos*

En aspectos como la dinámica hidrológica, varios tipos de sistemas acuáticos pueden tener semejanzas más o menos definidas. Sin embargo, el carácter de agua dulce, salobre o salino puede implicar profundas diferencias. En la Tabla 10 se muestran algunos datos comparativos.

FIGURA 3. VISIÓN TRANSVERSAL IDEALIZADA DE UN HUMEDAL COSTERO



Fuente: Lynn, 1988.

TABLA 8. HÁBITAT DE HUMEDALES Y AGUAS PROFUNDAS CLASIFICACIÓN DE COWARDIN ET AL. (1979)

SISTEMA	SUBSISTEMA	CLASE	
Marino	Submareal	Fondo rocoso	Sustrato acuático
		Fondo no consolidado	Arrecife
Estuarino	Intermareal	Fondo rocoso	Sustrato acuático
		Fondo no consolidado	Arrecife
	Submareal	Fondo rocoso	Sustrato acuático
		Fondo no consolidado	Arrecife
		Sustrato acuático	Costa no consolidada
		Arrecife	Humedal emergente
		Sustrato de corriente	Humedal con vegetación arbustiva
Costa rocosa	Humedal boscoso		
Riverino	Mareal	Fondo rocoso	Costa rocosa
		Fondo no consolidado	Costa no consolidada
		Sustrato acuático	Humedal emergente
	Perenial bajo	Fondo rocoso	Costa rocosa
		Fondo no consolidado	Costa no consolidada
		Sustrato acuático	Humedal emergente
	Perenial alto	Fondo rocoso	Costa rocosa
		Fondo no consolidado	Costa no consolidada
		Sustrato acuático	
	Intermitente	Sustrato de corriente	
	Lacustre	Limnético	Fondo rocoso
Fondo no consolidado			
Litoral		Fondo rocoso	Costa rocosa
		Fondo no consolidado	Costa no consolidada
Palustre		Sustrato acuático	Humedal emergente
		Fondo rocoso	Humedal de musgo-líquén
		Fondo no consolidado	Humedal emergente
		Sustrato acuático	Humedal arbustivo
		Costa no consolidada	Humedal boscoso
Acuático-subterráneo	Cavernoso	Grutas con corrientes subterráneas	Cavernas con corrientes subterráneas
Aportaciones al Sistema de Cowardin <i>et al.</i> (1979); tomado de Cervantes (1996)		Grutas sin corrientes subterráneas	Cavernas sin corrientes subterráneas
	Cárstico	Cenotes con afloramiento supeficial	Petenes
		Cenotes sin afloramiento supeficial	

TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE HUMEDAL REC. C.4.7 DE LA CONFERENCIA  
DE LAS PARTES CONTRATANTES (MONTREUX, 1990) CONVENCIÓN RAMSAR

MARINOS Y COSTEROS	CONTINENTALES	ARTIFICIALES
1. Marinos	1. Fluvial	1. Acuicultura
Aguas marinas poco profundas	Deltas	Estanques para peces
Lechos marinos	Ríos permanentes	2. Agricultura
Arrecifes de coral	Ríos estacionales e intermitentes	Estanques agrícolas
Riberas rocosas	Humedales de planicies inundables	Tierras regadas
Playas de arena o guijarrosas	2. Lacustre	3. Industrial y urbano
2. Estuarinos	Tierras agrícolas inundadas	Salinas
Aguas de estuarios	Lagos de agua dulce permanentes	Depósitos, diques y presas
Esteros mareales	Lagos de agua dulce estacionales e intermitentes	Fosos de grava, ladrillo, etc.
Marismas saladas	Lagos salinos y/o salobres permanentes	Estaciones depuradoras de agua residuales
Manglar, bosque mareal	Lagos salinos estacional e intermitente	Canales
3. Lacustres-Palustres	3. Palustre	Arrecifes derivados de conchales
Lagunas costeras salobres y/o salinas	Marismas de agua dulce permanentes	Arrecifes
Lagunas costeras de agua dulce	Marismas de agua dulce estacionales e intermitentes	
	Marismas salinas y/o salobres permanentes	
	Marismas salinas estacionales e intermitentes	
	Turberas	
	Humedales alpinos y/o de tundra	
	Humedales dominados por arbustos	
	Humedales dominados por árboles	
	Fuentes de agua dulce y oasis	
	4. Geotérmico	
	Humedales geotérmicos	

Para efecto de estas comparaciones pueden considerarse las reflexiones provistas por varios especialistas. Por ejemplo, para Ramón Margalef (1983):

*El ecosistema se puede considerar como un complejo de comunidades (componentes), ya que cada una está formada por muchas especies y cada especie es un excelente indicador de las propiedades del medio para el estudio comparado y descriptivo de los ecosistemas. A base de la composición por especies de sus respectivas comunidades,*

*es muy flexible y puede permitir discriminar hasta el nivel que se desee estudiar.*

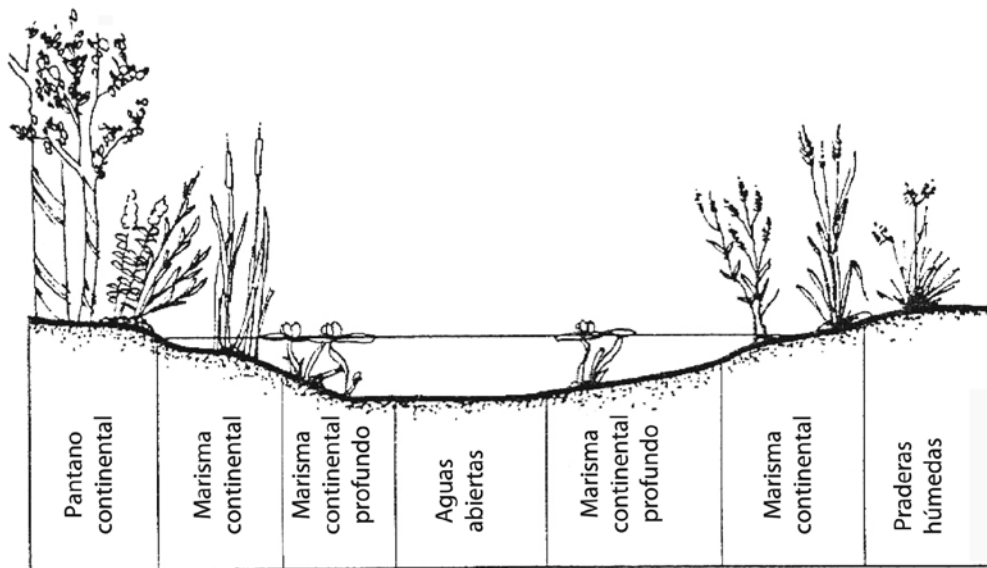
*La extensión ocupada por las diferentes comunidades es diferente de acuerdo con las características de las aguas. Por ejemplo, el fitoplancton está ligado a la presencia de luz, y, en un lago poco profundo, ocupa un espacio relativamente mayor dentro de cualquier columna vertical. En aguas más profundas, como los océanos, se dispone de un mayor volumen de agua en el que viven organismos y se realizan procesos independientes de la luz.*

TABLA 10. VALORES TÍPICOS DE PRODUCCIÓN Y BIOMASA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES, COMPARADOS CON PROMEDIOS CARACTERÍSTICOS DE ECOSISTEMAS TERRESTRES Y MARINOS

Componentes de los ecosistemas		Sistemas dulceacuícolas (Ecosistemas lacustres)		Sistemas salinos (Ecosistemas marinos)		Ecosistemas terrestres	
		B	P	B	P	B	P
Productores primarios	Fitoplancton	1-5	100-300	0.4-1	100		
	Fitobentos	7-160	40.300	0.1	0.2-2	1,200	300
Animales						0.5-2	0.2-6
	Zooplancton	0.2-4	2-20	2	10		
	Zoobentos	0.4-4	10-50	10	3		
	Peces	1-5	1-6	1	0.2		
Bacterias		0.1-10	30-200	0.2-15	50	0.2-15	?
Materia orgánica en partículas		80-1,000		200		10,000	
Materia orgánica disuelta		100-200		2, 000			
Carbono inorgánico disuelto		100-1,000		100, 000		1,200	atmósfera

B = biomasa, g C m<sup>-2</sup>; P = producción, g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>. Margalef, 1983.

FIGURA 4. VISIÓN TRANSVERSAL IDEALIZADA DE UN HUMEDAL CONTINENTAL



Fuente: Lynn, 1988.

Otro ejemplo; “la configuración de las orillas es el resultado de la interacción entre la erosión de las olas, la frecuencia en los cambios de nivel, los aportes de sedimentos y el grado de retención de los mismos por la vegetación litoral, hasta que forman una especie de talud. La fracción del fondo de un lago hasta el que lle-

ga la luz y donde puede crecer vegetación condiciona no sólo la extensión y relativa importancia de algas y macrófitos bentónicos en la producción primaria total, sino que también define la extensión del lago en la que ningún segmento del reciclado material se realiza en la oscuridad total” (Margalef, 1983).



Las cifras expuestas en la Tabla 10 solo orientan un ejemplo más es la extensión que ocupa el fitobentos en los océanos que es muy pequeña; para las aguas dulces se suponen lagos y aguas corrientes de extensión moderada. Las cifras de materia orgánica y carbono inorgánico disuelto en el mar se refieren a una profundidad media de 4,000 m; que en agua dulce no es posible considerar (Margalef, 1983).

Del análisis de esta Tabla 10 se pueden obtener algunas conclusiones:

- La superficie de los continentes, por unidad y en promedio, produce cerca de tres veces más biomasa que los océanos.
- Los valores de producción de biomasa del agua dulce quedan comprendidos entre los valores de los sistemas terrestres y marinos.
- En aguas dulces, los productores primarios del bentos tienen mayor importancia relativa que en el mar.
- La biomasa de los animales es proporcionalmente mayor en ecosistemas acuáticos que en los terrestres, lo que se debe a la organización especial de la comunidad planctónica, con productores primarios de tamaño muy pequeño y rápida renovación.
- A su vez, la vía detrítica es más importante en los ecosistemas terrestres y también en los de agua dulce, por la mayor representación de los macrófitos en ellos.
- En cuanto a las bacterias, la atención que actualmente se les presta no guarda proporción con su importancia real en los ecosistemas.

A riesgo de abusar, siguiendo nuevamente a Margalef (1983):

*Finalmente, la variabilidad de las cifras utilizadas para comparar son lógicas, dentro de los mecanismos comunes que son la base del funcionamiento de la biosfera. Pero, localmente, o por cortos períodos, puede haber fuertes desviaciones de los valores más frecuentes; casos aislados, como los oasis mantenidos por bacterias quimiotróficas y asociadas con fenómenos hidrotermales en grandes profundidades marinas.*

## Importancia ecológica de los diversos tipos de ecosistemas acuáticos

### Funciones y valores o servicios ambientales

Cuando nos referimos a las *funciones* de un humedal, hablamos de los procesos ecológicos naturales y de su importancia en el balance dinámico, biogeoquímico, de la cuenca o de la zona geográfica donde se encuentran. Sin embargo, cuando hablamos de *valores* de un humedal nos referimos a lo que tiene relevancia, es deseable o útil para los humanos, desde el punto de vista económico, cultural, histórico, religioso, educativo, recreativo, estético o espiritual.

De hecho, la razón por la cual se han establecido legislaciones para la protección de humedales ha sido el reconocimiento de la importancia de estos valores para la sociedad, como se describe en el ejemplo de la Figura 5. Más aún, estos valores cambian en magnitud dependiendo de la localización del humedal, de la disponibilidad y la abundancia de los recursos contenidos en el mismo y de las presiones humanas para utilizarlos. No existe un acuerdo universal entre los especialistas sobre un método único para la valoración precisa de los humedales.

En la Figura 6 observamos de manera agrupada las funciones y los valores de los humedales.

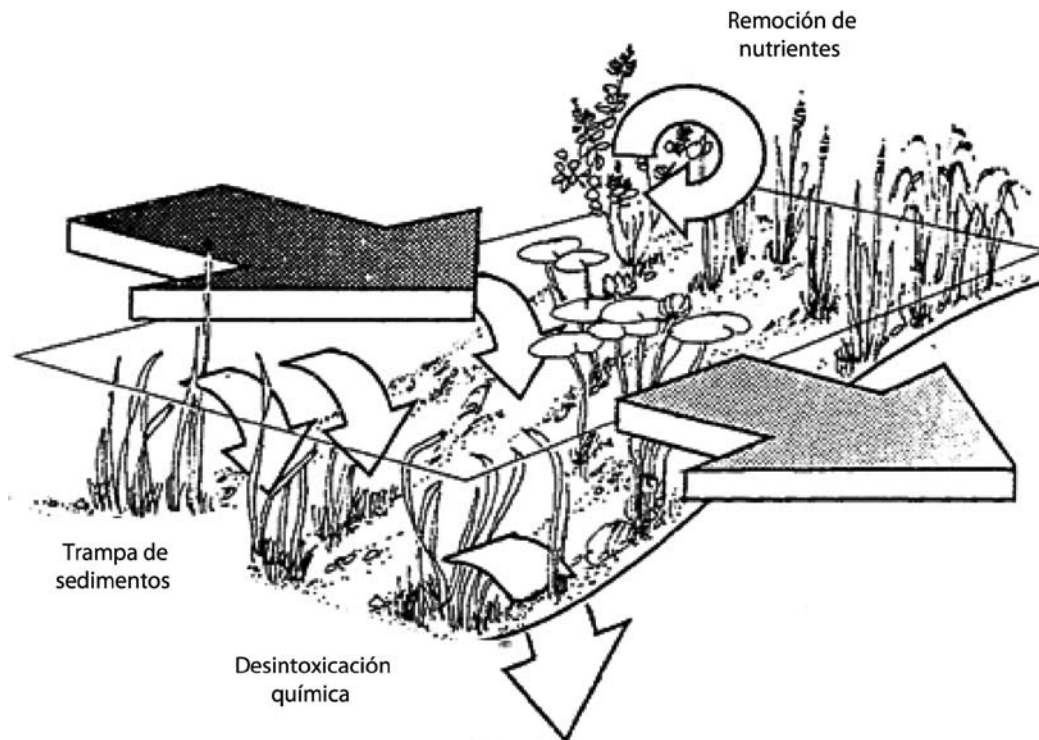
A continuación se muestran funciones importantes de los humedales, con base en el trabajo de Adamus y Stockwell (1983), que enmarca muchos de los posibles factores a considerar en la valoración de un humedal. Sin embargo, se advierte que todavía falta mucho por desarrollar en los diversos sectores, y por entender respecto de la relación entre los principios de valoración y servicios, para las condiciones particulares de México.

En las tablas 11 (a, b, c y d), se muestran, mediante agrupación de factores, las principales funciones, los valores y costos asociados. La Tabla 12 detalla una matriz de valores que representan las zonas húmedas, basada en Canter (1996).

### Estabilidad (de los ecosistemas de transición)

La estabilidad se define como la capacidad de mantener una condición. Para el caso de los ecosistemas

FIGURA 5. FUNCIONES Y SERVICIOS AMBIENTALES QUE DESARROLLAN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS Y LOS HUMEDALES



Fuente: Lynn, 1988.

de transición entre situaciones acuáticas y terrestres, el fenómeno de estabilidad resulta un fenómeno con márgenes de variación muy amplios.

Los ecosistemas acuáticos y los humedales son ecosistemas que muestran grandes variaciones a lo largo de su vida geológica. Dadas las características asociadas con el agua y sus atributos esto los hace ecosistemas muy dinámicos. Sin embargo, a pesar de dicha condición, son sensibles ante ciertos cambios que hoy día son básicamente originados por el hombre. Esta situación no es fortuita, el hombre requiere de agua para su desarrollo pleno y del agua dulce para sobrevivir. De ahí que los cambios en los sistemas hidrológicos se encuentren asociados con el desarrollo humano.

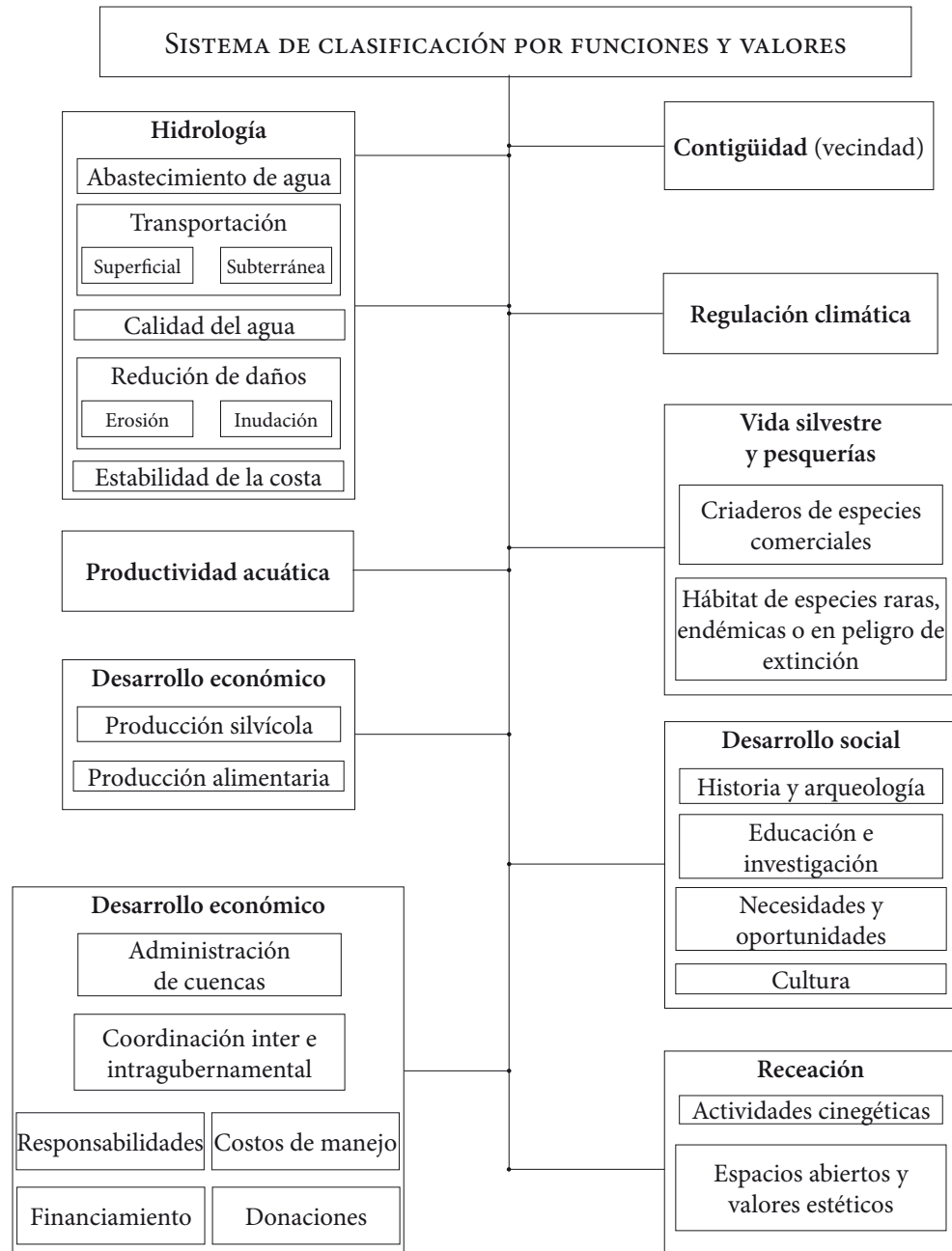
Un factor adicional inherente a los ecosistemas y que tiende a oponerse al cambio es la *resistencia*. Otro es la *resiliencia*, que le permite al sistema tratar de regresar a un estado anterior dentro de ciertos límites, luego de una perturbación (véase Sánchez, en este mismo volumen). Estas propiedades se relacionan con la capacidad que posee un ecosistema para absorber *stress*

y poder seguir proporcionando beneficios (como lo haría un sumidero para residuos o una fuente de bienes y servicios). Los conocimientos actuales en materia de ecología sugieren que la resiliencia depende, al menos en parte, de la diversidad de los organismos y de la heterogeneidad de las funciones ecológicas (CDB, 1996).

En el caso específico de los humedales, las especies y los procesos en los que participan son de amplia plasticidad adaptativa en lapsos cortos (cortos refiriéndose al tiempo geológico). Esto determina su amplia variabilidad y los correspondientes ciclos cortos y la latencia de vida, lo que favorece la persistencia de los sistemas de humedales, en la medida de que no se modifiquen sustancialmente tres factores: a) el agua y su comportamiento; b) los suelos y sus propiedades y c) la vegetación y sus asociaciones.

Contrario a la tendencia a la estabilidad se encuentra la irreversibilidad de los ecosistemas, una vez que estos cambian cualitativamente (véase Lindig-Cisneros y Zambrano, en este volumen). Una vez que se ha traspasado cierto umbral específico, mismo que

FIGURA 6. CLASIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES Y VALORES DE LOS HUMEDALES



Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de Adamus (1983).

Tabla 11(A). Factores de Valoración de Humedales (Adamus y Stockwell, 1983)

Factores	Funciones	Valores	Costos
Hidrológica	Abastecimiento de agua	Desarrollo de la vida	Construcción de traslados, energético
	Transportación de flujos de agua y almacenaje	Producción de energía mecánica, biológica	Gasto de combustibles no renovables
	Calidad del agua	Uso directo	Procesamiento para alcanzar la calidad
	Reducción de daño por inundaciones	Protección	Construir protecciones
	Reducción de erosión fluvial y costera	Protección	Contención de la erosión.
	Estabilización de la línea de costa	Protección y mantenimiento	Mantenimiento artificial
Vecindad (Contigüidad)	Indicador del potencial del hábitat disponible para especies de flora y fauna y en el caso específico de humedales, como un sustento de mínimas poblaciones viables	Continuidad en las cuencas hidrológicas	Manejo de cuencas
	Las tierras altas inalteradas o corredores riparios que conectan los humedales promueven los movimientos de organismos y proveen la diversidad genética	Procesos migratorios	
	Los humedales aislados que se encuentran en pasajes fragmentados tienden a ser degradados con facilidad por plantas exóticas o invasoras o calidad de agua disminuida	Corredores biológicos de intercambio "genético"	Protección de corredores biológicos y rutas migratorias
Regulación climática	Son reconocidos como reguladores microclimáticos y regionales	Factores de intercambio y promotores de movimiento biológico	Conocimiento de factores de intercambio y promotores de movimiento biológico
	Son zonas de amortiguamiento que representan estos ecosistemas (como los manglares) para efectos de fenómenos como el calentamiento global y el consecuente aumento en el nivel medio del mar	Regulación térmica, hídrica, eólica y pluvial	Uso de energías alternativas
Regulación climática	Son zonas de amortiguamiento que representan estos ecosistemas (como los manglares) para efectos de fenómenos como el calentamiento global y el consecuente aumento en el nivel medio del mar	Generación y absorción de gases	

generalmente resulta desconocido, la pérdida de las funciones ecológicas se vuelve irreversible. Un suceso umbral puede conducir a un cambio irreversible en la resiliencia del ecosistema, y acarrear consecuencias negativas para la capacidad adaptativa de los ecosistemas en transición y a un aumento de la incertidumbre en cuanto a los efectos ambientales. Ante estos factores la estabilidad de los sistemas de transición resulta frágil

por los acelerados cambios originados por el hombre (CDB, 1996).

### *Estabilidad del paisaje*

El paisaje puede ser considerado desde dos perspectivas: la de sus propiedades tangibles o la de sus propiedades intangibles. La primera se refiere a la capacidad

TABLA 11(B). FACTORES DE VALORACIÓN DE HUMEDALES (ADAMUS Y STOCKWELL, 1983).

FACTORES	FUNCIONES	VALORES	COSTOS
Mantenimiento de la vida silvestre pesquerías	Hábitat de peces e invertebrados. Casi dos tercios del pescado y marisco de importancia comercial y recreativa, dependen de los humedales costeros y esteros para crianza o desarrollo larvario	Diversidad genética. Recurso de recolonización Diversidad ecológica. Mantenimiento de hábitat	Acuicultura / agricultura / pastoreo Criaderos Creación y restauración Adquisición o servicio de las tierras elevadas Protección de sitios y especies. Ecoturismo Actividades alternativas Protección de sitios y especies
	Hábitat de aves acuáticas, mamíferos, reptiles y otra vida silvestre. Los humedales proveen de sitios esenciales para la reproducción, anidación, alimentación y cubren hábitat para aves acuáticas residentes o temporales, otras aves, mamíferos, reptiles y anfibios Hábitat para especies raras, endémicas y en peligro de extinción. A nivel mundial, los humedales dan sustento aproximadamente a una tercera parte de todas las especies animales raras y en peligro de extinción y muchas especies de plantas también en peligro se distribuyen en los humedales		
Productividad acuática	Eficientes en convertir la energía solar en biomasa de plantas La biomasa de plantas producida por los humedales forman la base de muchas cadenas alimenticias acuáticas y terrestres	Producción de plantas, animales y materia orgánica	Adquisición y protección del hábitat Regulaciones de captura alternativa Manejo de predadores Creación y uso de facilidades de propagación (por ejemplo: criaderos) Manejo del hábitat Investigación sobre factores de productividad Control de contaminantes. Restauración
Desarrollo económico		Producción silvícola Producción alimentaria Producción combustible	Usos alternativos de energía. Adecuaciones tecnológicas Variaciones mercantiles Restricción de mercados

TABLA 11(C). FACTORES DEL DESARROLLO SOCIAL-CULTURAL Y RECREACIÓN (ADAMUS Y STOCKWELL, 1983)

FUNCIONES	VALORES	COSTOS
Atributos como recreación, educación, interpretación, investigación, estéticas o de espacios y valores históricos y arqueológicos	<i>Valores históricos y arqueológicos.</i> Son de interés por los asentamientos de pueblos indígenas que han sido descubiertos. Las evidencias indican que utilizaron los recursos pesqueros y de conchales	No existe Mantenimiento y registro de permanencia antropológica
Herencia/cultural	<i>Educación e investigación.</i> Proveen de oportunidades para la observación de la naturaleza, la educación ambiental y el estudio científico	Importación tecnológica. Ciencia/educación
Homogenización cultural. Pérdida en la identidad tradicional y regional (tiempo y espacio)	<i>Necesidades y oportunidades de la comunidad.</i> Estos son criterios importantes. Si se conocen, los deseos de la comunidad deben considerarse en el proceso de selección	No existe Pago de externalidades en el corto plazo Recreación, ecoturismo y actividades productivas
Recreación	<i>Actividades cinegéticas.</i> Los humedales sirven como sitios para la caza y la pesca <i>Espacios abiertos y valores estéticos.</i> Muchas personas consideran que los humedales poseen gran diversidad y belleza, ya que proveen de espacio abierto para la recreación y el disfrute visual. Muchos humedales en el mundo han servido de inspiración para famosas pinturas, producción literaria y poética	Protección de sitios y especies. Vigilancia Ecoturismo Actividades alternativas

visual y estética de observarlo como un todo, desde una visión muy superficial y sólo en cuanto a lo que nuestra vista alcance a cubrir. La segunda se refiere a aquellas visiones obtenidas mediante instrumentos, que nos permiten desarrollar un mayor alcance para posibilitar la definición de patrones.

En la actualidad se ha pasado de ver al paisaje como el marco estético de la actividad humana a considerarlo como un *recurso*. El paisaje como recurso y patrimonio de la humanidad adquiere enorme importancia. Conserva huellas tanto de su origen como de las fuerzas naturales que, a lo largo del tiempo geológico, concentraron su actividad en él. Históricamente, a través del paisaje es posible rastrear la identidad de un pueblo, sus costumbres, su economía, entre otros temas. Es también un recurso humanístico, lo cual

hace necesaria su conservación en algunos lugares y el desarrollo de acciones encaminadas a su recuperación o a evitar su progresiva degradación, en otros. El paisaje es también un bien cultural, un recurso patrimonial que conviene gestionar racionalmente (Smardon, 1983).

El concepto de paisaje puede ser definido desde cuatro enfoques:

- *Estético.* Hace referencia a la combinación de las formas y colores del territorio y a la representación artística del mismo.
- *Ecológico o geográfico.* Estudio de los sistemas naturales que lo configuran. Interacción entre las rocas, el agua, el aire, los animales y las plantas.
- *Cultural.* Considera al paisaje como un medio na-



Tabla 11(D). Factores en políticas administrativas (Adamus y Stockwell, 1983)

Funciones	Valores	Costos
Administración de cuencas	La localización del humedal dentro de la cuenca hidrológica de alta prioridad o áreas de planeación urbana. El grado de amenaza sobre un humedal puede deberse a una propuesta de desarrollo específica o al crecimiento a un ritmo acelerado en la “vecindad inmediata”	Infraestructura de desarrollo  Adquisición o servicio de las tierras elevadas
Coordinación intergubernamental e intragubernamental	El grado de coordinación intergubernamental e intragubernamental requerido para un programa de esta naturaleza debe de ser evaluado. Si no existen métodos de coordinación el éxito del proyecto puede verse afectado. El hecho de que existan más niveles de coordinación, particularmente entre diferentes jurisdicciones, pueden hacer que un proyecto sea más efectivo, porque habrá más agencias y divisiones trabajando para alcanzar las mismas metas	Gasto público insostenible Servicio público insuficiente
Responsabilidades	Deben ser evaluadas las responsabilidades legales o ambientales del lugar. Se debe investigar la presencia de tanques de reserva subterráneos, desechos tóxicos, problemas administrativos (de manejo) de las aguas superficiales u otros peligros. Las correcciones de este tipo de peligros pueden resultar costosas	Falta de ejecución de políticas legislativas y normativas  Convenios intersecretariales
Costos de Manejo (Administrativos)	El mantenimiento, monitoreo e instrumentación constituye un costo. Los costos de manejo varían según el sitio, su tamaño, el nivel de uso, las actividades de las tierras aledañas y necesidades de recursos. Deben estimarse todos los costos de manejo y considerarse en la selección y posterior administración del sitio	Manejo intensificado de las áreas existentes
Financiamiento (fondos)	Algunos fondos sólo están disponibles para ciertas actividades en humedales, por lo que la selección del sitio debe considerar estos criterios	
Donaciones	Hay pocas consideraciones. Éstas deben analizarse a los deseos de los donadores y ser compatibles con los planes de la jurisdicción del humedal	

tural, condicionado y susceptible de modificación por las actividades socioeconómicas.

- *Globalizador*. Conjunto de *feno-sistema* (formado por los componentes perceptibles) y los *cripto-sistemas* (formado por componentes no perceptibles).

En el origen y la evolución del paisaje en los ecosistemas de transición intervienen factores que influyen en la formación y su aspecto actual; estos son numerosos y se encuentran relacionados entre sí. Lo anterior da como resultado que no haya dos paisajes idénticos; es posible que existan semejanzas entre ellos,

TABLA 12. VALOR DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ZONAS HÚMEDAS

	ESTUARIOS (SIN MANGLARES)	MANGLARES	COSTAS A MAR ABIERTO	LLANURAS DE INUNDACIÓN	MARISMAS DE AGUA DULCE	LAGOS	TURBERAS	BOSQUES PANTANOSOS
FUNCIONES								
Recarga de agua subterránea	A	A	A	V	V	V	P	P
Descarga de agua subterránea	P	P	P	P	C	P	P	C
Control de la inundación	P	C	A	C	C	C	P	C
Estabilización para el control de la erosión de la línea costera	P	C	P	P	C	A	A	A
Retención de sedimentos / tóxicos	P	C	P	C	C	C	C	C
Retención de nutrientes	P	C	P	C	C	P	C	C
Exportador de biomasa	P	C	P	C	P	P	A	P
Protección contra tormentas y vientos	P	C	P	A	A	A	A	P
Estabilización del microclima	A	P	A	P	P	P	A	P
Transporte de agua	P	P	A	P	A	P	A	A
Recreativo / turístico	P	P	C	P	P	P	P	P
PRODUCTOS								
Recursos forestales	A	C	A	P	A	A	A	C
Recursos faunísticos	C	P	P	C	C	P	P	P
Industria pesquera	C	C	P	C	C	C	A	P
Recursos para alimento animal	P	P	A	P	P	A	A	A
Recursos agrícolas	A	A	A	C	P	P	P	A
Suministro de agua	A	A	A	P	P	C	P	P
ATRIBUTOS								
Diversidad biológica	C	P	P	C	P	C	P	P
Singularidad para la cultura o el patrimonio	P	P	P	P	P	P	P	P

Clave: A) Ausencia o excepcional; P) presente; V) valor común e importante del tipo de zona húmeda.  
Fuente: Canter, 1996).

pero nunca serán iguales. Para entender la estructura del paisaje hay que conocer los agentes que intervienen en el modelado del relieve, así como aquellos que los modifican. La evolución del relieve suele ser lenta y continua, y en ella intervienen fuerzas constructivas (fuerzas internas de la tierra) y destructivas (procesos de erosión). Las fuerzas que intervinieron en la formación del paisaje continúan activas en la actualidad; el paisaje que contemplamos ahora es una imagen instantánea (una fotografía) dentro del proceso de su evolución (Smardon, 1983).

En un paisaje, los ecosistemas de transición dentro del mismo, como los ecosistemas acuáticos y humedales, tienen elementos naturales como las rocas, las aguas y la vida silvestre, pero existen otros que son artificiales, y representan ecosistemas inducidos (presas, pozas y arrozales).

Para mayor explicación, los componentes del paisaje pueden ser abióticos y bióticos:

#### Componentes abióticos:

1. *Relieve o modelado fisiográfico.* La superficie del terreno sirve de base o enlace a los componentes restantes. Está formada por el relieve, las formaciones del terreno (depresiones), su disposición, su naturaleza (por ejemplo, suelos mal drenados), los tipos de rocas y otros componentes. Este factor determina la presencia del siguiente componente y, en consecuencia, su disposición para alojar distintos tipos de humedales u otros ecosistemas acuáticos.
2. *El agua.* La presencia de agua superficial es esencial para los humedales y otros ecosistemas acuáticos, su quietud o movimiento, su sonido, su contraste con el resto de componentes, forman los elementos dominantes en el paisaje, que pueden ser importantes para su caracterización y hasta su clasificación.
3. *Las estructuras o elementos artificiales, inducidos o introducidos por intervención humana.* Los diferentes usos del suelo (infraestructura en arrozales), las construcciones (presas y bordos), las estructuras lineales (carreteras y caminos) o superficiales (granjas camaroneras o pozas de sal), son resultado de la acción humana sobre el entorno e influyen en el aspecto del paisaje.

#### Componentes bióticos:

1. *Vegetación.* Cuando se describe un paisaje en función de la vegetación se tienen en cuenta los factores de clima, definidos como regiones climáticas (por ejemplo, atlántica o mediterránea) y fisiográficos (por ejemplo, vegetación de galería, vegetación de pantano). Hay también agrupaciones vegetales que pueden ser monoespecíficas (formadas por una sola especie) o multiespecíficas (formadas por varias especies). Las especies vegetales silvestres que, generalmente, establecen agrupaciones con características estructurales homogéneas, reciben el nombre de comunidades, como es el caso de los manglares.
2. *Fauna.* Es un componente vivo adicional del paisaje (además de la vegetación), que puede modificar la percepción del mismo, ya que los animales presentes son responsables de muchos fenómenos locales, además de características organolépticas del paisaje, como los olores (debido a orinas, hormonas y otros) y los sonidos (por ejemplo, trinos).
3. *El ser humano.* La inmensa mayoría de los paisajes conserva huellas del pasado y del presente en su territorio, y está impregnado de historia. El medio natural, como el modificado, ejercen influencias notables sobre los diversos sujetos que los pueblan. Cada grupo humano tiene su propia percepción del espacio en el que habita. A la percepción del paisaje se le pueden añadir valores místicos o religiosos, sensoriales y otros. La acción humana ha ido transformando el medio natural al mismo tiempo que continuamente ejerce su adaptación a las condiciones de éste.

Desde otro ángulo, puede decirse que existen *elementos visuales del paisaje*. Estos suelen estar determinados por:

1. *La forma.* Ésta se define como el volumen o superficie de un objeto, que aparecen determinados tanto por la configuración que presentan en la superficie del terreno como por el emplazamiento del paisaje.

2. *El grado de dominancia.* Éste viene dado por la geometría de los objetos, por su complejidad y orientación respecto a los planos principales del paisaje, así como por el contraste con su entorno.
3. *Línea.* Puede definirse como el camino real o imaginario que percibe el observador cuando existen diferencias bruscas entre los elementos visuales (color, forma, textura). Se perciben como líneas: la silueta de la tierra contra el cielo o línea del horizonte, la frontera entre zonas de distintas características visuales (el límite del bosque), los corredores que seccionen el territorio (cursos de aguas corrientes), por ejemplo. A su vez y en términos de paisaje, la línea se caracteriza por:
  - a. *La fuerza.* Dada por la intensidad, continuidad y unicidad del trazo de la línea, como por la longitud de éste.
  - b. *La complejidad.* Queda definida por la variedad de las direcciones que sigue la línea (por ejemplo, la línea de horizonte de un terreno

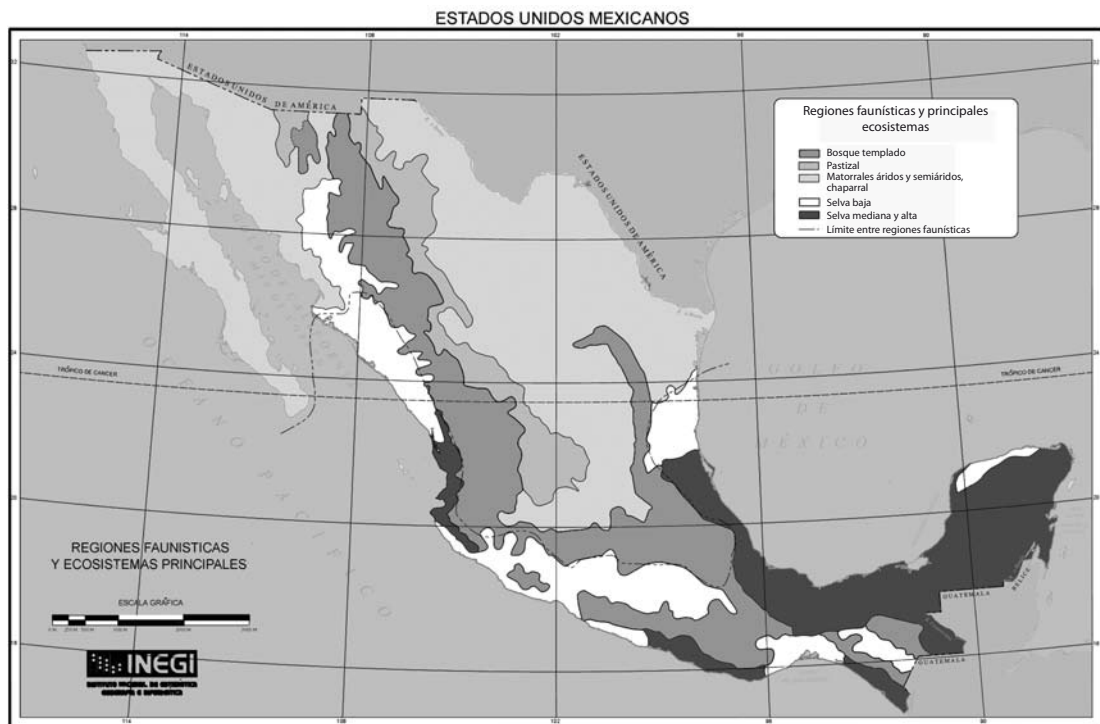
en relieve es más compleja que la de una llanura).

- c. *El contraste.* Es un factor que resulta de la composición de líneas de diferente dirección o carácter y se ve incrementado cuando éstas separan formas o colores muy diferentes.

### Diversidad biológica

La diversidad biológica asociada con los humedales y otros ecosistemas acuáticos es muy considerable. En términos generales puede decirse que la biota de México es muy rica debido a que tiene una historia ligada tanto con latitudes septentrionales como meridionales, así como con biota propia del territorio nacional. El Mapa 2 muestra el límite reconocido entre la biota animal de afinidad neártica y neotropical, así como la regionalización del país, indicada por la distribución de las especies silvestres, en el caso de los ambientes acuáticos relacionada con la presencia de aguas dulces, salobres, marinas y sus respectivas transiciones.

MAPA 2. REGIONES FAUNÍSTICAS Y ZOOGEOGRÁFICAS DE MÉXICO



Fuente: INEGI, 2005.

## Región neártica

**Características.** Abarca la mayor parte de Norteamérica, incluso las zonas áridas y semiáridas de los Estados Unidos y el centro y norte de México, así como las zonas templadas y frías de las sierras Madre Oriental y Occidental, y las sierras volcánicas del centro del país.

**Principales ecosistemas.** Matorrales desérticos, chaparral, pastizal, matorrales semiáridos, bosques templados y matorrales asociados, en el centro y norte de México. Los ecosistemas acuáticos son variados, pero en general similares a los de los Estados Unidos de América y Canadá.

## Región neotropical

**Características.** Comprende las tierras bajas cálidas húmedas o subhúmedas, así como algunas partes altas de las sierras de Chiapas y la Sierra Madre del Sur. Abarca también todo el Caribe, Centro y Sudamérica.

**Principales ecosistemas.** Selvas altas y medianas, selvas bajas o bosques y matorrales asociados. Bosques de niebla o mesófilos. Bosques templados y matorrales asociados del sur del país. Contiene ecosistemas costeros tropicales y vegetación sabanoide. Los ecosistemas acuáticos son más similares a los de las regiones de Centroamérica y del norte de América del Sur.

## **Ecosistemas acuáticos de mayor importancia para México y su distribución geográfica**

### *Distribución de los hábitats costeros, marinos y dulceacuícolas*

Existen dos visiones respecto a la distribución de los humedales. Ambas utilizan a la vegetación (especies hidrófitas) como un indicador de la presencia de humedales. Ambos estudios derivan del uso de tecnología de sensores remotos, utilizando imágenes de satélite. En 1990 se realizó el Mapa de humedales de México, el cual establece 32 humedales prioritarios, los diferentes tipos de vegetación hidrófita y los principales ríos en el país, a una escala de 1:4,000,000. En 1994 se produjo

el inventario forestal, que realizó la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) a través del Instituto de Geografía de la UNAM. Se trata de uno de los más recientes esfuerzos por conocer de manera global la situación de los recursos forestales, mediante el uso de la percepción remota. La vegetación asociada con los humedales queda de manifiesto en la Tabla 13, la cual muestra la distribución de diversas asociaciones vegetales relacionadas con ambientes acuáticos, por extensión y por estado.

El Mapa 1 (Aguas interiores de la República Mexicana) muestra que las cuencas hidrológicas están orientadas principalmente de la Meseta Central hacia el Norte. El litoral atlántico de la República Mexicana denota que el mayor flujo de agua dulce ocurre hacia la parte sur del Golfo de México. Por último, el litoral pacífico de la República Mexicana muestra que, aunque es un territorio más extenso, exhibe pocas aportaciones de agua dulce.

## **Superficie de los hábitats costeros, marinos y dulceacuícolas**

En este segmento se consideran los tipos de vegetación asociada a diversos esquemas fisiográficos, al nivel nacional, derivado del Inventario Nacional Forestal de la entonces SARH y del IG-UNAM. Muchos de ellos están asociados a ecosistemas acuáticos.

**Manglar.** Superficie estimada en 721,554 hectáreas. Se halla en orillas bajas y fangosas de las costas y es característico de esteros y de desembocaduras de ríos. Sus componentes principales son *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo).

**Selva de galería.** Ocupa una superficie aproximada de 163,809 hectáreas. Este tipo de vegetación se desarrolla en las márgenes de ríos y arroyos, debido a la mayor humedad existente en áreas de clima tropical. Se presenta como vegetación arbórea diferente a la circundante y puede estar compuesta de especies arbóreas como *Pachira acuatika* y *Ficus* spp.

**Palmar.** Se calculó una superficie de 101,849 hectáreas. Se le encuentra frecuentemente dentro del área de las selvas o como resultado de la perturbación de las mismas, y también formando vegetación de galería

TABLA No 13. ECOSISTEMAS FORESTALES ASOCIADOS A AMBIENTES ACUÁTICOS POR ESTADOS

ENTIDAD	MANGLAR	SELVA DE GALERÍA	PALMAR	VEGETACIÓN DE LA LLANURA COSTERA	TOTAL DE VEGETACIÓN ACUÁTICA Y NO ACUÁTICA
Baja California	-	35,086	-	-	37,823
Baja California Sur	23,285	51,281	289	-	74,855
Campeche	196,495	3,465	-	189,973	1,259,329
Colima	3,330	1,016	-	-	34,261
Chiapas	57,382	-	1,142	52,138	1,220,142
Guerrero	6,490	-	27,307	-	852,849
Jalisco	3,773	2,700	-	-	238,252
Michoacán	-	981	402	-	546,200
Nayarit	82,847	445	6,429	-	219,313
Oaxaca	17,500	8,289	28,942	42,817	1,215,389
Quintana Roo	27,336	271	1,495	-	1,238,293
Sinaloa	96,159	14,056	-	-	174,541
Sonora	7,542	29,540	-	-	86,719
Tabasco	51,624	-	2,811	33,980	205,542
Tamaulipas	4,135	13,050	5,033	-	76,006
Veracruz	57,713	3,629	4,065	185,495	976,409
Yucatán	85,930	-	-	8,121	823,177
<b>Total</b>	<b>721,554</b>	<b>163,809</b>	<b>101,845</b>	<b>512,524</b>	<b>6,785,674</b>

\* Total general para toda la vegetación de la República Mexicana.  
Fuente: SARH, 1994.

en regiones semiáridas. En el lado Atlántico su área de distribución se extiende desde Tamaulipas a Quintana Roo. En la mayor parte de los casos representa comunidades cuya existencia está determinada por incendios periódicos. Del lado del Pacífico esta comunidad se localiza en lugares cercanos al litoral en Oaxaca y Chiapas, donde se desarrolla sobre suelos profundos de terrenos mal drenados, que se inundan todos los años. Algunos de los palmares más conocidos son los formados por *Sabal* spp. *Orbignya guacuyule*, *Erythea* spp., *Brahea* spp., y *Paurotis* spp., entre otros taxones.

**Vegetación hidrófila.** Se le reconoció en una superficie de 1,115,203 hectáreas. La constituyen comunidades vegetales que viven en lugares pantanosos e inundables de aguas dulces o salobres poco profundas. Incluye los tipos de vegetación conocidos

como popal y tular. Se localiza principalmente en las áreas pantanosas de la planicie costera del Golfo de Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas, en pequeñas áreas al norte de Chiapas y costas de Quintana Roo y Yucatán. Las especies más frecuentes que forman estos tipos de vegetación son: en popales, *Thalia geniculata*, *Calathea* spp., *Heliconia* spp., y en tulares, *Typha* spp., *Scirpus* spp., *Cladium jamaicense*, *Phragmites communis*, *Arundo donax* y *Cyperus* spp.

**Vegetación halófila.** Se le identificó una superficie de 3,048,140 hectáreas. La constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se desarrollan sobre suelos con alto contenido de sales, en las partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, así como cerca de las lagunas costeras en



TABLA 14. EXTENSIÓN DE LOS ECOSISTEMAS  
LAGUNARIO-ESTUARINOS POR ESTADOS

ESTADO	EXTENSIÓN (HA)	PORCENTAJE NACIONAL
Tamaulipas	231,200	14.7
Baja California Sur	224,000	14.2
Sinaloa	221,600	14.1
Campeche	196,000	12.5
Veracruz	116,600	7.4
Oaxaca	106,900	6.8
Nayarit	92,400	5.8
Quintana Roo	87,300	5.5
Chiapas	87,000	5.4
Baja California	74,800	4.8
Sonora	51,700	3.2
Tabasco	24,800	1.6
Guerrero	22,700	1.4
Colima	8,000	0.5
Jalisco	3,200	0.2

Fuente: SEDESOL, 1994.

áreas de marismas. Son comunes las asociaciones de *Atriplex* spp., *Suaeda* spp., *Distichlis* spp., *Salsola* spp., *Opuntia* spp., *Frankenia* spp., *Batis maritima*, *Abronia maritima* y *Limonium californicum*.

**Vegetación de dunas costeras.** Superficie reconocida: 131,783 hectáreas. Comunidad vegetal que se establece en dunas localizadas a lo largo de las costas. Algunas de las especies que pueden presentarse son el *Batis maritima*, *Abronia maritima*, *Chrysobalanus icaco*, *Opuntia dillenii*, *Coccoloba* spp., *Bromelia pinguin*, y otras arbustivas o arbóreas que pueden proceder del continuo de vegetación. Cabe hacer notar que áreas con esta vegetación en general tienden a ser ocupadas por plantaciones agrícolas de cocoteros.

**Sabana.** Representa un grupo de especies herbáceas, usualmente de interés para la ganadería, así como de especies arbóreas muy particulares. Existe en suelos que tienen un deficiente drenaje y que son constantemente inundables, lo cual determina su importancia en relación con humedales interiores o continentales. Obsérvese que la abundancia de estos suelos los limita al S y SE de México.

**Lagunas costeras.** México cuenta con más de 11,000 km de litoral a lo largo del Golfo de México, el Mar Caribe y el océano Pacífico. Sobresalen allí ambientes de lagunas, calculándose que existen aproximadamente 130 de estos ecosistemas.

Es importante resaltar que tres de los primeros cinco estados (Tamaulipas, Baja California Sur y Campeche) poseen los mayores valores, debido a que poseen las lagunas costeras más grandes de México (Laguna Madre, Bahía Magdalena y Laguna de Términos, respectivamente). El resto de los estados, como Veracruz y Sinaloa, poseen lagunas costeras de tamaño mediano, diseminadas por todo el litoral. Con respecto al resto de los estados, estos mantienen una condición relativa que abarca poco menos del 50 % de la extensión total de lagunas costeras de México (Tabla 14).

### **Lagos, lagunas, ríos y presas**

En la República Mexicana existen 14,000 cuerpos de agua lagunarios, de los cuales el mayor número se localiza en la zona centro occidente, que incluye a los estados de Jalisco y Michoacán, siguiendo en importancia la región centro sur y la norte. De estos sistemas lagunarios destacan por su abundancia los bordos artificiales, que sorprendentemente representan 67.13% de los cuerpos hídricos y cubren 188,781 ha, 14.74% de la superficie inundada de aguas epicontinentales.

La mayoría de estos embalses artificiales tienen una superficie de entre una y diez hectáreas y se encuentran concentrados principalmente en los estados de Jalisco y Guanajuato. Aproximadamente 90% son sistemas temporales, con dimensiones menores a dos hectáreas. Los bordos satisfacen necesidades de agua para la agricultura campesina, primordialmente de temporal, que ocupa entre 60 y 70% de la superficie agrícola, incluyendo porciones sobre laderas. El mayor porcentaje de estas tierras de temporal se ubican en la región central del Altiplano y en algunos estados pertenecientes a la cuenca del Balsas, como Guerrero y Oaxaca, en donde el éxito de los cultivos depende de las variaciones atmosféricas. El uso de estos sistemas, también denominados jagueyes, bordos o “estanques rústicos”, se ha diversificando al ser empleados además como abrevaderos para el ganado y para actividades de extensionismo acuícola, sobre todo con la siembra

TABLA 15. PRINCIPALES PRESAS EN LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

PRESA	ENTIDAD FEDERATIVA	CORRIENTE	CAPACIDAD 10×6 M <sup>3</sup>	PRINCIPALES FINALIDADES
La angostura (Belisario Domínguez)	Chiapas	Grijalva	20,217	G.CA.
Nezahualcóyotl (Malpaso)	Chiapas	Grijalva y La Venta	14,028	G.CA.R.
El Infiernillo	Michoacán-Guerrero	Balsas y Tepalcatepec	11,860	G.CA.
Chicoasén	Chiapas	Grijalva	11,883	G.
Presidente Alemán (Temascal)	Oaxaca	Tonta	9,106	G.CA. R.
Internacional La Amistad	Coahuila-EE.UU.	Bravo	7,000	G.CA.R.AP.
Aguamilpa	Nayarit	Santiago	7,000	G.CA.R.
Miguel de la Madrid (Cerro de Oro)	Oaxaca-Veracruz	Sto. Domingo	5,360	G. CA.
Vicente Guerrero (Las Adjuntas)	Tamaulipas	Soto la Marina	5,283	CA.R.AP.
Internacional Falcón	Tamaulipas-EE.UU.	Bravo	4,908	G.CA.R.AP
Alvaro Obregón (Oviachic)	Sonora	Yaqui	4,200	G.CA.R
Adolfo López Mateos (El Humaya)	Sinaloa	Humaya	4,064	G.CA.R.
Lázaro Cárdenas (El Palmito)	Durango	Nazas	4,438	R.
Miguel Hidalgo (El Mahone)	Sinaloa	Fuerte	4,030	G.CA.R.AP.

AP: Agua potable; CA: Control de avenidas; G: Generación de energía eléctrica; R: Riego.  
Fuente: SAGARPA. Comisión Nacional del Agua.

de alevines para la producción piscícola (De la Lanza y García, 1995).

Las represas, ya sea que se hayan construido con fines de generación de electricidad o de riego (o ambos), aportan ambientes acuáticos adicionales. Algunos representan opciones viables para la vida silvestre y otras implican problemas que exceden con mucho a las ventajas de su presencia. Para dar una idea de la importancia de distintos tipos de presas se ha incluido la Tabla 15, la cual resume las principales presas construidas hasta 1992, así como los usos de las mismas; es importante destacar que la generación de energía y el control de avenidas son los principales objetivos de este tipo de obras.

#### *Principales usos a los que están sujetos los distintos ecosistemas acuáticos de México*

Los usos humanos de los ecosistemas acuáticos son variados, así como sus problemas y grados de deterioro. Para complementar el panorama sobre la interacción humana con los humedales se presentan datos adicionales en la Tabla 16.

#### *Factores a considerar para la generación y ejecución de programas de conservación de ecosistemas acuáticos en México*

En muchos países los niveles de pérdida de humedales han alcanzado proporciones críticas a nivel nacional. Para el caso de los países en vías de desarrollo, la pérdida de estos ecosistemas está provocando un impacto importante en las comunidades humanas locales que dependen de estos recursos (Frazier, 1996). Para resolver este problema es necesario conocer y analizar las causas precisas de la pérdida de los humedales e identificar los medios para enfrentarlas.

El actual desarrollo ha generado un acelerado proceso de deterioro en los humedales de México. Las tasas de deforestación, de relleno, drenado y contaminación aumentan considerablemente en las zonas húmedas, disminuyendo su cobertura. Este proceso está relacionado con la apertura de nuevas zonas para el establecimiento de actividades agropecuarias, acuícolas, turísticas, urbanísticas y forestales. La contaminación es otro factor que incide en las

TABLA 16. RESUMEN DE LAS CAUSAS DE LA PÉRDIDA DE ZONAS HÚMEDAS

CAUSAS PRINCIPALES DE LA PÉRDIDA DE ZONAS HÚMEDAS POR USO HUMANO DIRECTO E INDIRECTO Y CAUSAS NATURALES	ESTUARIOS	COSTAS A MAR ABIERTO	LLANURAS DE INUNDACIÓN	MARISMAS DE AGUA DULCE	LAGOS	TURBERAS	BOSQUES PANTANOSOS
ACCIONES HUMANAS DIRECTAS:							
Drenaje para agricultura, silvicultura y control de mosquitos.	C	C	C	C	P	C	C
Dragado y canalización de ríos para la navegación y protección de inundaciones.	C	A	A	P	A	A	A
Relleno para la eliminación de residuos sólidos, construcción de carreteras, así como para el desarrollo comercial, residencial e industrial.	C	C	C	C	P	A	A
Conversión para acuicultura / cultivo marino.	C	P	P	P	P	A	A
Construcción de diques, presas, malecones, rompeolas para el control de inundaciones, suministro de agua, riego y protección de las tormentas.	C	C	C	C	C	A	A
Descargas de plaguicidas, herbicidas, nutrientes de las aguas residuales domésticas y escurrientía y sedimentos agrícolas.	C	C	C	C	C	A	A
Extracción de las zonas húmedas de turba, carbón, grava, fosfatos y otros materiales.	P	P	P	A	C	C	C
Extracción de agua subterránea.	A	A	P	C	A	A	A
ACCIONES HUMANAS INDIRECTAS:							
Desviación de sedimentos por presas, canales profundos y otras estructuras.	C	C	C	C	A	A	A
Alteraciones hidrológicas por canales, carreteras y otras estructuras.	C	C	C	C	C	A	A
Descenso debido a la extracción de agua subterránea, petróleo, gas y otros minerales.	C	P	C	C	A	A	A
CAUSAS NATURALES:							
Descenso	P	P	A	A	P	P	P
Aumento del nivel del mar	C	C	A	A	A	A	C
Sequía	C	C	C	C	P	P	P
Huracanes y otras tormentas	C	C	A	A	A	P	P
Erosión	C	C	P	A	A	P	A
Efectos bióticos	A	A	C	C	C	A	A

Clave: A) Ausencia o excepcional; P) presente, pero no la causa mayor de pérdida; C) causa común e importante de degradación y pérdida de la zona húmeda.

Fuente: Mannion y Bowlby, 1992, en Canter, 1996.

áreas húmedas, resaltando aquélla generada por la extracción de petróleo y/o por el uso de plaguicidas dentro de las actividades agrícolas. Aunado a lo anterior, la falta de una conciencia de conservación y las ingentes necesidades económicas de las poblaciones asentadas en las inmediaciones de las zonas húmedas, representan un problema que complica las posibles soluciones para frenar el deterioro acelerado de dichas áreas.

Tres factores parecen ser determinantes para reorientar la conservación y aprovechamiento de los ecosistemas acuáticos, particularmente los humedales en México:

- El establecimiento de una *política nacional* clara y efectiva, en aras de administrar las zonas húmedas como un recurso sustentable.
- Reconocer la importancia de los humedales como ecosistemas y su estrecha asociación con la administración y el manejo de las cuencas hidrológicas.
- Diseñar y establecer los instrumentos de aplicación de programas en el ámbito estatal, a través de estrategias coordinadas intersectoriales y públicas.

Por tales motivos es necesario establecer un programa nacional para la conservación y manejo de los humedales en México, en el que se contemple:

1. Primera fase, la realización de un inventario detallado que incluya la ubicación, extensión, problemática y características generales de todos y cada uno de los humedales en México.
2. Segunda fase, establecimiento de prioridades de conservación y restauración, y
3. Tercera fase, instrumentación de las estrategias resultantes, para el manejo conforme a las necesidades y realidades de nuestro país.

## Bibliografía

Adamus, P. R. y L. T. Stockwell. 1983. *A Method for Wetland Functional Assessment. Vols. I y II*. 1a ed. Offices of Research, Development and Technology, Federal Highway

Administration, & U. S. Department of Transportation. EE.UU.

Burke, D.G., E.J. Meyers, R.W. Tiner, Jr. y H. Groman. 1988. Protecting non-tidal wetlands. Planning Advisory Service Report Number 412/413. American Planning Association. Washington, D.C.

Canter, Larry. 1996. *Manual de evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de Impacto*. Mc Graw-Hill, Interamericana de España, S. A. Madrid, España.

Carrera, E. y G. de la Fuente. 2004. *Inventario y clasificación de humedales en México. Parte 1*. Ducks Unlimited de México A.C. (DUMAC), Monterrey, México.

Cervantes, M. (comp.) 1994. *Guía regional para el conocimiento, manejo y utilización de los humedales del noroeste de México*. ITESM-Campus Guaymas/CECARENA/Wetlands for the Americas, México.

Cervantes, M. (En prensa). *Proyecto de Programa Nacional de Zonas Húmedas*. ITESM-Campus Guaymas/CECARENA/Wetlands International the Americas Programa México/INE-SEMARNAP, México.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 1999. Ríos principales. Escala 1:4,000,000. Sistema de Información Geográfico del Agua (SIGA)(ed.) México, D.F. Se puede consultar en: <http://www.cna.gob.mx>.

Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). 1996. *Características específicas de la diversidad biológica* Tercera reunión. Buenos Aires, Argentina <http://www.conam.gob.pe/documentos/CHM/cops/COP%203/bc307s.pdf>.

Contreras, E.F. 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos*. CONABIO, UAM. México, D. F., 415 pp.

Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Golet y E.T. LaRoe. 1979. *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States*. Biological Services Program. FWS/OBS-79/31. U.S. Fish and Wildlife Service. Washington, D.C.

De la Lanza-Espino, G. y J.L. García Calderón, (comps). 1995. *Lagos y presas de México*. Editorial Centro de Ecología y Desarrollo, México, 320 pp.

Diario Oficial de la Federación. 2004. *Ley de Aguas Nacionales*. 29 de abril del 2004. Disponible en: <http://www.cddhcu.gob.mx/leyinfo/pdf/16.pdf>.

———. 1994. *Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales*. 12 de enero de 1994. Disponible en: [http://www.semarnat.gob.mx/marco\\_juridico/reglamentos/aguas-nacionales.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/marco_juridico/reglamentos/aguas-nacionales.shtml).

- Frazier, S. 1996. *Visión general de los sitios Ramsar en el mundo*. Wetlands International Publicaciones, 58 pp.
- Hendrickson, D. A. y W. L. Minckley. 1985. Ciénagas: Vanishing climax communities of the American Southwest. En: Biotic Communities of the American Southwest-United States and Mexico. D.E. Brown (ed.). *Desert Plants* 6(3):1 31-175.
- INEGI, 1995. *Estadísticas del Medio Ambiente 1994*. INEGI, Aguascalientes, México. 447 pp.
- . 2005, <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/vegfauna/fauna.cfm>.
- Lynn B. 1988. *Discover Wetlands. A Curriculum Guide*. Washington State Department of Ecology, EE.UU. Traducido por Mauricio Cervantes Ábrego.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega, Barcelona, España.
- Minckley, W.L. y D.E. Brown. 1982. Wetlands. En: *Biotic Communities of the American Southwest-United States and Mexico*. D.E. Brown (ed.). *Desert Plants* 4(1-4): 237-287.
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 1986. *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, Nueva York.
- Montreux, 1990. *Towards the Wise Use of Wetlands*. Ramsar Convention Bureau, Gran Bretaña, 180 pp.
- Niering, W.A. 1985. *Wetlands. The Audubon Society nature guides*. Alfred A. Knopf, Inc., Nueva York, 638 pp.
- Olmsted, I. 1993: Wetlands of Mexico. En: D.F. Whigham, D. Dykjavá y S. Hejný (eds.). *Wetlands of the World*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, pp. 637-677.
- Smardon, R. C. (ed). 1983. *The Future of Wetlands: Assessing Visual-Cultural Values*. Allenheld-Osmun, Nueva Jersey.
- SARH. 1975. *Plan Nacional Hidráulico*. Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Poder Ejecutivo Federal, México.
- SARH. 1980. Panorama del Agua en México. En: Comisión Nacional de Ecología, México. *Informe de la Situación en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1989-1990*. SEDUE, México.
- . 1994. *Inventario Nacional Forestal Periódico, 1992-1994*. Memoria Nacional. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. México. 81 pp. Glosario, Apéndice 1 y Cartografía.
- SEDESOL. 1993. *México: Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992*. Sedesol, México, D. F.
- . 1994. *México, Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1993-1994*. SEDESOL, México D. F., 376 pp.