

Humedales en nuestro futuro

Wetlands in our future

Patricia Moreno-Casasola*

Instituto de Ecología A.C.

Antigua Carretera a Coatepec No. 361, Las Hayas

91073 Xalapa, Veracruz, México

Correo-e (e-mail): patricia.moreno@inecol.mx

* Autora a quien debe dirigirse la correspondencia / *Corresponding author*

Recibido / *Received*: Enero / *January* 15, 2023

Aceptado / *Accepted*: Febrero / *February* 14, 2023 (Número 1, enero-junio / *Number 1, January-June*)

Resumen

Los humedales incluyen diversos tipos de ecosistemas, todos ellos dependientes de la presencia de agua y existe diversas definiciones. Abarcan los arrecifes y praderas de pastos marinos, las playas y dunas, los humedales herbáceos conocidos como marismas, tulares², popales³ o carrizales⁴, y los manglares y selvas inundables. Son fundamentales en el ciclo del agua y ayudan a recuperar el agua dulce del planeta. Tienen un gran valor para la sociedad por los servicios ecosistémicos que prestan tales como alimentación del manto freático, depuración del agua, protección de la zona costera, apoyo a pesquerías, mitigación del cambio climático, contención de inundaciones entre otros. El objetivo de este trabajo es revisar los servicios ecosistémicos que los humedales costeros prestan a la sociedad, haciendo una evaluación para los humedales rurales y urbanos a través de dichos servicios. Se hace especial énfasis en el concepto de las ciudades esponja que se han venido construyendo en China. Con ello se analiza la importancia que tendrán en el futuro en la vida de las personas y en el desarrollo de México, un país en el que muchas de sus ciudades son costeras, están sujetas a fuertes precipitaciones y, por tanto, tienen problemas de inundaciones.

Palabras clave: Humedales, futuro, servicios ecosistémicos, ciudades esponja

Abstract

Wetlands include various types of ecosystems, all of them dependent on the presence of water. There are several definitions. They include reefs and seagrass meadows, beaches and dunes, herbaceous wetlands known as marshes (known locally as 'tulares'⁵ and 'popales'⁶) or reed beds, mangrove swamps, and flood plain freshwater forests. They are fundamental in the water cycle and help recover the planet's fresh water. They are of great value to society due to the ecosystem services they provide, such as feeding the groundwater table, water purification, protection of the coastal zone, support for fisheries, climate change mitigation, flood containment, among others. The objective of this paper is to review the ecosystem services that coastal wetlands provide to the human society making an evaluation for rural areas wetlands and urban wetlands by measuring these services. In urban areas. Special emphasis is given to the concept of sponge cities that have been built in China. These examples show the importance that ecosystem services will have in the future in the lives of people and in the development of Mexico. Mexico is a country in which many of its cities are coastal, are subject to heavy rainfall, and therefore, have flood problems.

Keywords: *Wetlands, future, ecosystem services, sponge cities*

² Tular, del náhuatl *tullin* o *tolin*, juncia o espadaña (*Cyperus lacustris* L., *Typha latifolia* L., etc.). Sus hojas se emplean para tejer estera, petates (es una estera tejida de tule o palma fina con muchos usos, viene del náhuatl *pétlatl*, estera), sillas y algunos objetos más y sus inflorescencias son comestibles (Cabrera, 2002) [Nota de los(as) editores(as)]

³ Popal, del náhuatl *potoni*, heder y *palli*, barro, marisma o depósito palustre de aguas estancadas, ciénega cubierta de vegetación acuática (Cabrera, 2002) [Nota de los editores]

⁴ Carrizal, del latín *cariceus* de *carex*, *icis*. Planta gramínea, indígena de España, con la raíz larga, rastrera y dulce, tallo de dos metros, hojas planas, lineares y lanceoladas, y flores en panojas anchas y copudas. Se cría cerca del agua y sus hojas sirven para forraje. Sus tallos servían para construir cielos rasos y sus panojas para hacer escobas (<https://dle.rae.es/carrizo?m=form>) [Nota de los(as) editores(a)]

⁵ Tular, from the Nahuatl *tullin* or *tolin*, sedge or cattail (*Cyperus lacustris* L., *Typha latifolia* L., etc.). Its leaves are used to weave mats, *petates* (it is a woven *tule* or fine palm mat with many uses, it comes from the Nahuatl *pétlatl*, mat), chairs and some other objects, and its inflorescences are edible (Cabrera, 2002) [Note from the editors]

⁶ Popal, from the Nahuatl *potoni*, heder and *palli*, mud, smelly mud, marsh or marshy deposit of stagnant water, swamp covered with aquatic vegetation (Cabrera, 2002) [Editors' note]

Introducción

Los humedales incluyen diversos tipos de ecosistemas y existen tantos como ecosistemas terrestres hay (Wheeler *et al.*, 2002). Sin embargo, su estudio se empezó a intensificar en todo el mundo en la década de los setentas del siglo veinte, con la aparición de la Convención Ramsar en 1971 por iniciativa de la *UNESCO*, entrando en vigor en 1975. Este es el único convenio internacional enfocado en la conservación y manejo sustentable de un solo conjunto de ecosistemas denominados humedales. Para 2022 había sido firmado por 172 países, habiendo designado 2,471 sitios como humedales prioritarios y de esta manera buscando conservar 256,192,356 hectáreas. México se adhirió en 1986, designando la Reserva de la Biosfera Ría Celestún en Yucatán como su primer sitio Ramsar. Hoy en día cuenta con 144 humedales internacionales que albergan más de 20,000 especies de aves (<https://www.ramsar.org/es/humedal/mexico>).

Los humedales reconocidos en el territorio de México obedecen a dos definiciones. La Convención Ramsar define los humedales como una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan. Considera humedales a las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de aguas, 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. Por tanto, abarca los ecosistemas presentes en las altas montañas, extendiéndose por toda la cuenca, llegando a las zonas marinas hasta una profundidad de seis metros. La otra definición está dada por la Ley de Aguas Nacionales (DOF 11-05-2022): Son 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 por la descarga natural de acuíferos. Con base en estas dos definiciones, en México los humedales abarcan los arrecifes y praderas de pastos marinos, las playas y dunas, los humedales herbáceos conocidos como marismas, tulares, popales o carrizales y los manglares y selvas inundables.

La Comisión Nacional del Agua, a través del Inventario Nacional de Humedales, señala que en México se tienen 6,331 complejos de humedales, que representa el 6.5% de la superficie del territorio nacional. Los estados con mayor superficie de humedales en el país de acuerdo con el Inventario Nacional de Humedales son Campeche, Tabasco, Chiapas y Veracruz. México ha perdido a la fecha 62% de sus humedales (Landgrave y Moreno-Casasola 2011). Todos los estados tienen humedales, aunque en México predominan los humedales costeros. A estos se les dará un especial énfasis.

Se han hecho numerosos análisis y revisiones sobre la importancia de los humedales para las sociedades. Muchas de las grandes civilizaciones surgieron no solamente a orillas de los humedales sino dependieron de ellos de manera importante. Mesopotamia se estableció en las zonas de influencia del Tigris y el Eufrates y Egipto dependía de las inundaciones anuales del Río Nilo para fertilizar los campos de las planicies de inundación y poder sembrar y cosechar suficientes alimentos para mantener a la población.

En México, la civilización Olmeca se erigió en los humedales que cubren el sur de Veracruz y Tabasco, ampliamente conocida por sus emblemáticas cabezas de piedra (Casio-Arreola *et al.*, 2014; Cyphers *et al.*, 2014; Cyphers, 2020). El agua condicionó y ayudó a dar forma al asentamiento humano. Tuvo varias capitales: La primera en San Lorenzo, Veracruz y, después, La Venta, Tabasco. Cada una de las capitales fue fundada en una isla de tierra firme con baja altura situada en amplias llanuras de inundación y, en aquellos tiempos, encerrada por sinuosos ríos y humedales. Cada capital era un modelo del cosmos olmeca, un cerro sagrado rodeado por agua. "El orden cósmico es la organización del universo de acuerdo con los conceptos sagrados que rigen su funcionamiento. Para los olmecas el

concepto central fue la montaña sagrada, *axis mundi*, eje del universo. Este concepto regía todos aspectos de la vida olmeca. El rey, divino también, fue un *axis mundi* y a partir de su árbol genealógico se organizó toda la sociedad.” (Cyphers, 2020). Las evidencias arqueológicas, particularmente la presencia de los islotes en la gran llanura de inundación ubicada al norte de la capital de San Lorenzo, son vestigios que apoyan la presencia de humedales en tiempos olmecas. Cabe señalar que los islotes son plataformas artificiales de baja altura que se edificaron en los humedales. Los olmecas construyeron los islotes con un plan porque necesitaban espacios secos dentro del paisaje acuoso en donde pudieran vivir mientras obtenían y procesaban los recursos acuáticos proteínicos que eran tan importantes en su alimentación (Ann Cyphers – Comunicación personal: Agua y tierra en el temprano Mundo Olmeca en www.cienagasyhumedales.rg).

Muchas poblaciones mesoamericanas vivieron de las llamadas plataformas elevadas o protochinampas, donde podían tener dos cultivos al año (Moreno-Casasola e Infante-Mata, 2010; Siemens, 1998; Sluyter, 1994). Los mayas también se ubicaron en zonas de humedales y tuvieron un manejo agrícola que los llevo a desarrollar chinampas similares a las del interior de México (Krause et al., 2019). Los aztecas vivieron en un lago y convirtieron las terrazas elevadas en chinampas sofisticadas, que actualmente siguen produciendo verduras para los mercados de la ciudad de México (Armillas, 1971).

El objetivo de este trabajo es revisar los servicios ecosistémicos que los humedales costeros prestan a nuestra sociedad hoy en día, y analizar la importancia de las diferencias de servicios ecosistémicos entre los humedales rurales y los humedales urbanos. Con ello se analiza la importancia que tendrán en el futuro en la vida de las personas y en el desarrollo de México.

Los servicios ecosistémicos de los humedales

Actualmente, gran parte de la importancia de los humedales se ha traducido en el concepto de servicios ecosistémicos, es decir, aquellos que resultan del propio funcionamiento de los ecosistemas:

Los **beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad** por el solo hecho de existir y que mejoran la salud, la economía y el bienestar de las personas.

Desafortunadamente, la humanidad no reconoció su importancia ya que se consideraban inagotables y ello llevó a la pérdida y degradación de muchos de estos servicios. DeGroot et al. (2010) los clasificaron en cuatro grandes grupos:

- *Funciones de producción o provisión* que son seis procesos referentes a los alimentos para personas y ganado, recursos minerales, maderables, medicinales, genéticos y ornamentales.
- *Funciones de regulación* que mantienen los procesos ecológicos esenciales y son el sistema de soporte de la vida, e incluye nueve procesos ecosistémicos o componentes del ecosistema,
- *Funciones de hábitat* que ofrecen un espacio adecuado para que vivan y se desarrollen las especies de animales y plantas silvestres (bacterias, hongos, etc.). Se dividen básicamente en dos tipos: refugio y guardería y desarrollo de especies, y
- *Función de información* que contiene cinco componentes referentes a cuestiones culturales, recreativas y de generación de conocimiento.

Los humedales se encuentran entre los ecosistemas que proporcionan mayor número de servicios y de mayor valor (Martínez et al., 2007). De manera particular, los ecosistemas costeros son fundamentales para enfrentar el cambio climático. En el Cuadro 1 se enlistan las funciones y servicios ecosistémicos de los cuatro tipos que proporcionan los humedales, con base en el trabajo de Espejel et al. (2016), a partir de la clasificación mencionada. En dicho trabajo se describe con detalle cada uno de ellos.

Cuadro 1. Funciones ecosistémicas de los humedales y los procesos que dan lugar a los bienes y servicios ecosistémicos de los distintos tipos de humedales costeros
(con base en Espejel et al., 2016)

Funciones ecosistémicas	Proceso ecosistémico y sus componentes	Bienes y servicios ecosistémicos de los ecosistemas costeros
<i>Funciones de provisión</i>	<i>Provisión de recursos naturales</i>	
Alimentos	Conversión de la energía solar en plantas y animales comestibles	Plantas, animales, hongos, y algas comestibles, agricultura, forraje y fertilizantes
Abastecimiento de agua	Filtración, retención y almacenamiento de agua dulce (e.g. ⁷ en acuíferos)	Agua para el consumo, en cantidad y calidad
Materias primas	Conversión de la energía solar en la biomasa para las edificaciones hechas por el hombre y otros usos	Construcción y manufacturas (e.g. maderas y pieles)
Recursos genéticos	Material genético y evolución de plantas y animales silvestres	Mejorar la resistencia de los cultivos a plagas y patógenos
Recursos medicinales	Variedad de sustancias (bio) químicas en los organismos silvestres y variedad para usos medicinales	Drogas y productos farmacéuticos, modelos químicos y herramientas, pruebas y ensayos con organismos
Recursos ornamentales	Variedad de la biota con potencial de uso ornamental	Recursos para la moda, artesanías, joyería, mascotas, ceremonias espirituales, decoración y "recuerdos" (pieles, plumas, orquídeas, peces, mariposas, conchas, arena, etc.)
<i>Funciones de regulación</i>	<i>Mantenimiento de procesos ecológicos esenciales y sistemas de soporte de vida</i>	
Regulación de la calidad del aire	Rol de los ecosistemas en ciclos biogeoquímicos (e.g. balance de CO ₂ /O ₂ , capa de ozono, etc.)	UVb ⁸ -protección por O ₃ (prevención de enfermedades), buena calidad de aire, influencia sobre el clima general y en especial del microclima
Regulación climática	Influencia de la cobertura de suelo y biológica mediante procesos (e.g. producción de DMS ⁹) sobre el clima	Mantenimiento de un clima favorable (temperatura, precipitación, etc.) por ejemplo, desarrollo de la vida humana, salud y cultivos
Moderación de perturbaciones	Influencia de la estructura ecosistémica en la reducción de las perturbaciones ambientales	Protección contra tormentas (corales, manglares y dunas), prevención de inundaciones (e.g. por humedales y bosques)
Regulación del flujo de agua	Rol de la cobertura vegetal en la regulación de la escorrentía y descarga de ríos	Drenado e irrigación natural
Prevención de la erosión	Rol de la vegetación y raíces, y la biota del suelo en la retención de sedimentos.	Mantenimiento de un suelo cultivable, evitar daños por erosión o azolve
Mantenimiento de la fertilidad del suelo	Desgaste de rocas y acumulación de materia orgánica	Mantenimiento de suelos saludables, fértiles y ecosistemas productivos
Regulación de nutrientes	Papel de la biota en el almacenaje y reciclaje de nutrientes (e.g. N, P y S).	Almacenaje y fijación de nutrientes
Depuración del agua, aire y	Papel del suelo y las plantas para la	Control de la contaminación,

⁷ e.g.: Abreviatura que proviene del latín *exemple gratia* que significa por ejemplo [Nota de los(as) editores(as)]

⁸ UVb: La luz ultravioleta se divide de acuerdo con su nivel energético en UVa y UVb. Los rayos UVa causan el envejecimiento prematuro de la piel, mientras que los rayos UVb son responsables de las quemaduras y el bronceado. Ambos aumentan el riesgo de contraer cáncer de piel [Nota de los(as) editores(as)]

⁹ DMS: Siglas en inglés para sistema de gestión documental, *Document Management System*, una herramienta computacional para información y comunicación dentro de una organización donde todo queda almacenado digitalmente en un entorno central [Nota de los(as) editores(as)]

tratamiento de desechos	limpieza del ambiente	detoxificación, reducción de la contaminación por ruido
Polinización	Papel de la biota en el movimiento de los gametos de la flora	Polinización y dispersión de semillas de plantas silvestres
Control biológico	Control de la población a través de las relaciones y dinámica trófica	Control de plagas y enfermedades en sistemas naturales
Funciones de hábitat	Proveer hábitat (espacio adecuado para vivir) para especies de animales, plantas, hongos, algas silvestres	
Servicio de refugio	Espacio adecuado para la vida de plantas y animales silvestres	Mantener la diversidad genética y biológica (y de esta forma la base para otras funciones). Son seis reinos y un número de especies calculado para el mundo, especialmente de los reinos microscópicos. Mantenimiento de las especies comerciales cultivadas
Protección del banco de germoplasma	Adecuado lugar para la reproducción de especies	Caza, pesca de autoconsumo, comercial y deportiva, y recolección de frutas
Función de información y cultura	Proveer oportunidades para el desarrollo del conocimiento y la cultura	
Información estética	Paisaje atractivo	Disfrute del escenario (carreteras escénicas, vistas, casas, etc.)
Recreación	Variedad de paisajes con potencial para uso recreacional	Visitas a ecosistemas naturales para ecoturismo y deportes al aire libre
Inspiración para la cultura y el arte	Variedad de características naturales con valor cultural y artístico	Uso de la naturaleza en libros, cine, música, pintura, festivales folklóricos, símbolos nacionales, arquitectura y anuncios.
Experiencia espiritual	Variedad de características naturales con valor espiritual e histórico	Uso de la naturaleza para propósitos históricos y/o religiosos, como el valor cultural y de herencia de los ecosistemas naturales.
Desarrollo cognitivo	Variedad en la naturaleza con valor científico y educativo	Uso de los sistemas naturales para visitas escolares y para la investigación científica

Como puede apreciarse, los humedales son fundamentales en el ciclo del agua y ayudan a recuperar el agua dulce del planeta. Tienen un gran valor para la sociedad por los servicios ecosistémicos que prestan tales como alimentación del manto freático, depuración del agua, protección de la zona costera, apoyo a pesquerías, mitigación del cambio climático, contención de inundaciones, entre otros.

Humedales urbanos y humedales rurales

Humedales en zonas rurales

La importancia de los humedales de zonas rurales ha sido reconocida ampliamente, y muchos de ellos proveen los servicios arriba mencionados. En las cuencas se infiltra el agua de lluvia y alimenta el manto freático, asegurando que el agua dulce continua en contacto con los pozos de agua usados para riego y en la vida diaria, además de ayudar a contener la infiltración de la cuña salina, que con la elevación del nivel del mar penetra con más fuerza. El suelo de los humedales tiene gran cantidad de poros en los que se almacena el agua dulce que se va percolando. Estos almacenes de agua ayudan a reducir los escurrimientos cuenca abajo y a reducir los picos de inundación, protegiendo de esta manera a las comunidades y sus medios de vida. Esto es especialmente importante en las planicies de inundación de los ríos en las cuencas bajas, donde se han edificado numerosas ciudades y se da el desarrollo de agricultura.

Las raíces de las plantas que viven en los humedales están asociadas a comunidades bacterianas. El agua, al pasar por este entramado biológico se limpia, ya que muchos nutrientes, herbicidas,

plaguicidas, etc. son absorbidos o adsorbidos por esta trama, ayudando a depurar el agua que se percola. Durante siglos los humedales fueron las plantas de tratamiento y hoy en día se empiezan a construir humedales artificiales que cumplen este papel. Estos conjuntos de microorganismos ayudan a degradar la materia orgánica, pero este proceso es muy lento ya que el agua que llena los poros entre las partículas de suelo, hace que la difusión del oxígeno sea mucho más lenta, casi 10,000 veces más que en el aire. Ello hace que se acumule mucho carbono, es decir biomasa animal y vegetal sobre todo, formando depósitos de materia orgánica rica en carbono que ayuda a mitigar el cambio climático. Las plantas de humedales, tanto herbáceas como leñosas son muy productivas, y constantemente están removiendo CO₂ de la atmósfera, y acumulándolo en la biomasa del suelo.

En las zonas costeras, frecuentemente los humedales son contiguos y forman gradientes espaciales donde fluctúa el nivel de inundación y la salinidad (Figura 1).

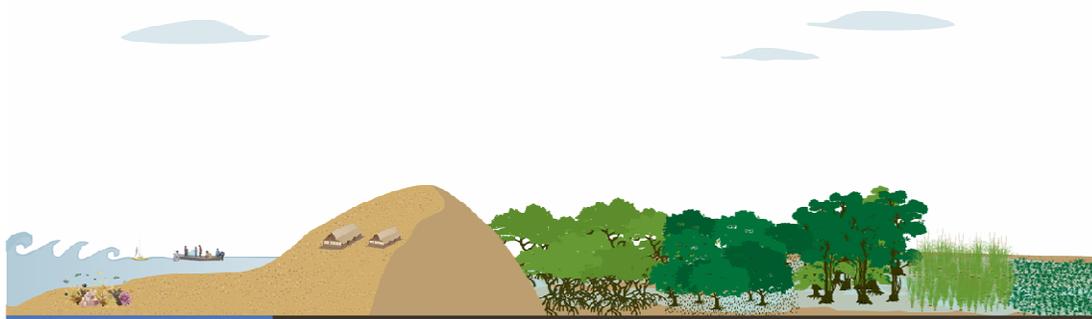


Figura 1. Ecosistemas costeros que se establecen a lo largo de un gradiente de salinidad e inundación en la zona costera (Elaboración: K. Hernández)

Los arrecifes de coral, las praderas de pastos marinos, las playas y dunas, los manglares, ayudan a reducir la fuerza de los vientos y de las marejadas, mientras que los humedales herbáceos y arbóreos que se encuentran por atrás de ellos ayudan a reducir los picos de inundación. Estos humedales son la principal protección que se tiene frente a la elevación del nivel del mar, y la mayor frecuencia e intensidad de las tormentas y huracanes. Así mismo, su alta productividad enriquece los cuerpos de agua y la intrincada trama que forman las raíces de los mangles y los pastos marinos, ayudan a proteger a las crías de la fauna acuática. En estas lagunas costeras pasan gran parte de su vida muchos de los peces de valor comercial que nos sirven de alimento. El gradiente, por su variabilidad en salinidad, periodos de inundación y desecación o exposición, niveles de inundación y riqueza de nutrientes da lugar a una gran gama de hábitats para flora, fauna y microorganismos, contribuyendo de esta manera no solamente a la provisión de servicios sino también a la biodiversidad.

Ello ha permitido diversos servicios ecosistémicos de información y cultura. En estos ecosistemas se ha generado una gran cantidad de investigación y conocimientos sobre multitud de temas y hoy en día son lugares donde se llevan a cabo visitas recreativas y ecoturismo, produciendo ingresos económicos importantes en las zonas rurales.

Todos estos valores han sido reconocidos y muchos de los humedales que los proporcionan forman parte de áreas naturales protegidas o sitios Ramsar ([Moreno-Casasola y Monroy-Ibarra, 2022](#)). Es necesario incrementar el número y la superficie que ocupan estos ecosistemas y conservarlos mediante programas de manejo participativos que garanticen un uso sustentable.

Humedales urbanos

El reconocimiento de la importancia de los humedales que aún existen en ambientes urbanos es mucho más reciente. Muchas ciudades comienzan a valorarlos, sobre todo por sus valores de

recreación, y los habitantes comienzan a disfrutar y reconocer su importancia como parte de su entorno. Ello representa un cambio de paradigma con respecto a ver a los humedales como zonas de aguas estancadas, malolientes y donde se crían mosquitos que transmiten enfermedades. Este cambio de visión tiene que transformarse en modificaciones en los permisos de construcciones, regulaciones que eviten la desecación y relleno de humedales urbanos y medidas de gestión y protección que garanticen su conservación y el que sigan proveyendo de servicios ecosistémicos. Un ejemplo de esto es el Área Natural Protegida, ANP10, Corredor Biológico Multifuncional Archipiélago de Lagunas Interdunarias de la Zona Conurbada de los Municipios de Veracruz y La Antigua y Sitio Ramsar de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (número 1450). Está conformado por más de 30 lagunas interdunarias de agua dulce, que se ubican en las partes bajas entre los cordones de dunas (Figura 2). Existieron más de 100 en algún momento y lograron rescatarse 36 que conforman el ANP y el sitio Ramsar. La mayoría están rodeadas de urbanizaciones de alta densidad y se ha logrado a la fecha definir su perímetro y evitar invasiones y eliminar las entradas clandestinas de agua negras. Subsisten otros problemas como el crecimiento de plantas acuáticas desmedido, lo que implica un programa constante de mantenimiento, o las entradas de aguas pluviales que acarrear basura y contaminantes.



Figura 2. Vista de algunas lagunas interdunarias en las partes bajas entre los cordones de dunas, en la ciudad de Veracruz. La imagen se obtuvo de Google Earth y el eje Y está exagerado para poder percibir la topografía donde se asienta la ciudad de Veracruz y la ubicación de las lagunas que forman parte del ANP y del sitio Ramsar (Elaboración, R. Monroy-Ibarra)

A pesar de los problemas, es importante que se hayan decretado como una ANP estatal y sitio Ramsar, junto con los humedales de Tembladeras-Laguna Olmeca. Previamente, Arroyo Moreno también fue decretado como ANP y el Sistema Arrecifal Veracruzano como ANP federal y Reserva de la Biosfera. Esto hace de la conurbación Veracruz-Boca del Río una de las ciudades costeras mexicanas con mayor superficie de humedales bajo algún sistema de protección.

Sin embargo, es necesario aún que la propia sociedad y las autoridades sean conscientes de ello, valoren sus servicios ecosistémicos, los usen para recreación, y que se consoliden como humedales urbanos. La Figura 3 muestra la conurbación y las ANP que forman parte de su entorno y las que están en su interior.

10 ANP: Acrónimo para Área Natural Protegida en México [Nota de los(as) editores(as)]

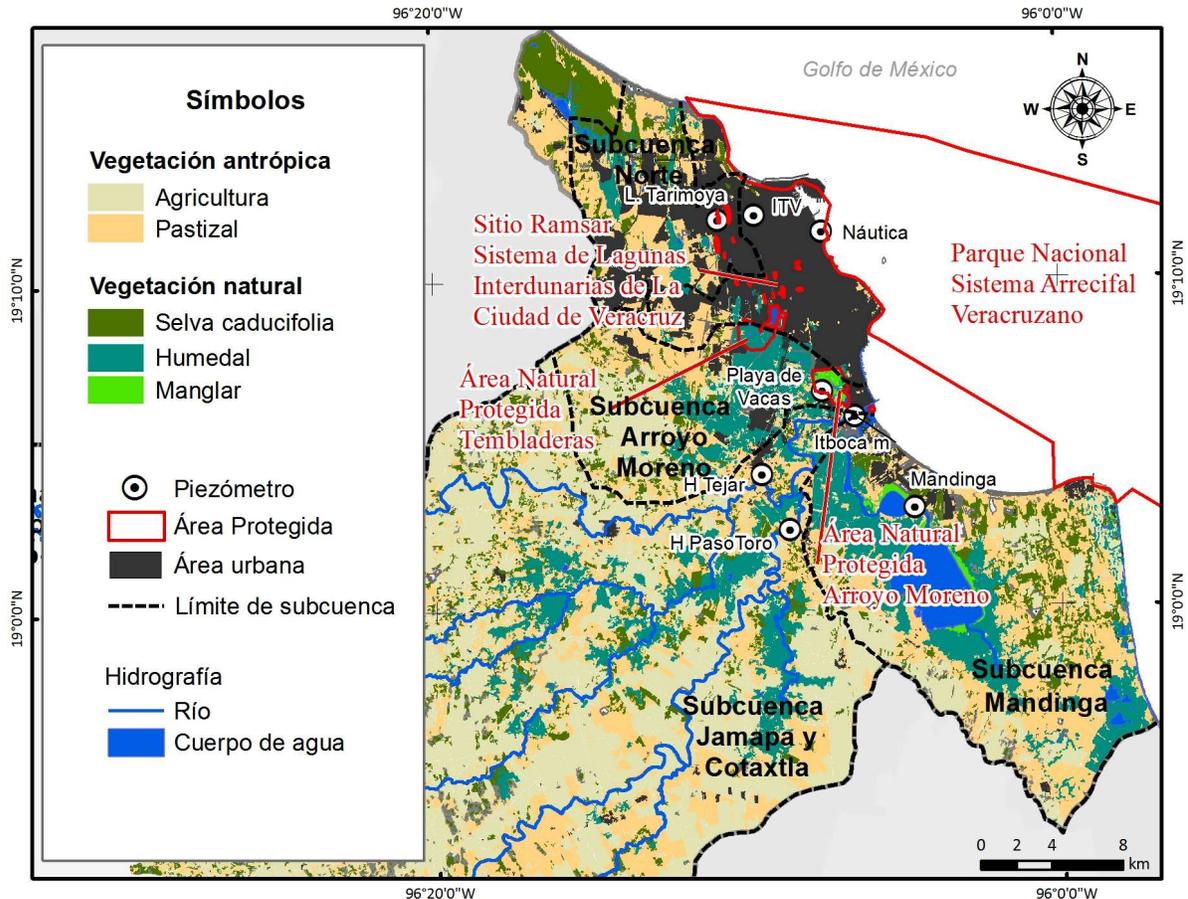


Figura 3. Área urbana de la conurbación de Veracruz-Boca del Río, ubicación de las ANPs federales y estatales y cuerpos de agua y tipos de vegetación de las subcuencas (Elaboración, R. Monroy-Ibarra)

Ciudades esponja

Los humedales urbanos empiezan a concebirse como grandes parques urbanos que ayudan a mejorar el microclima, contienen las inundaciones causadas por fuertes lluvias, y son considerados como sitios de recreación y educación de gran valor. En general, la urbanización actual tiende a fomentar la construcción de infraestructura en las ciudades que modifican los flujos de agua superficiales y subsuperficiales. Las sociedades occidentales han manejado el agua con una visión ingenieril de control y manejo, mediante obras de ingeniería e infraestructura gris, que centralizan y acumulan agua construyendo grandes embalses, acelerando el flujo mediante tuberías y drenajes canalizados, y luchando contra la dinámica y fuerza del agua, usando muros para contener inundaciones y grandes presas. Esta visión está lejos de convivir con los ritmos del agua. El uso y el desarrollo excesivo de la infraestructura hídrica han provocado escasez de agua, contaminación y degradación general de los servicios hídricos de los ecosistemas de humedales.

Así mismo, la falta o escasa planificación arquitectónica con base en principios ambientales y científicos y las altas densidades de población, han provocado la construcción de una gran cantidad de casas y edificios, reduciendo simultáneamente los espacios verdes, el drenaje y la capacidad de recolección de agua de lluvia de las ciudades. La consecuencia es el incremento en el flujo superficial que aumenta del 10 al 60%, mientras que la infiltración se reduce drásticamente, incluso llegando a cero (Wu, 2016; Zevenbergen et al., 2018).

Una ciudad esponja es un nuevo modelo de construcción urbana desarrollado para la gestión de inundaciones, que se enfoca en fortalecer la infraestructura ecológica y los sistemas de drenaje. Se considera como una forma de manejo integral específico del agua en ambientes urbanos (Nguyen et al., 2019). Fue propuesto por investigadores chinos a principios de 2000 y fue aceptado como política de urbanismo en China en 2014 (Figura 4) (Zeng et al., 2023).



Figura 4. Parque de Qiaoyuan en el distrito de Hedong, en la ciudad de Tianjin en China, diseñado por los arquitectos de Turenscape. Se integró un proyecto con funciones ecológicas regenerativas en predios que habían sido depósitos de basura y en zonas degradadas, usando plantas nativas en un paisaje que puede ir adaptándose y evolucionando y que educa a los visitantes en espacios de relajación diseñados para zonas densamente habitadas de los alrededores (Tomado de <https://www.chinese-architects.com/en/turenscape-haidian-district-beijing/project/tianjin-qiaoyuan-park>)

Esto constituye un enorme avance en el uso, manejo y conservación de humedales urbanos. Hacen uso de un conjunto de soluciones basadas en la naturaleza que utilizan paisajes naturales para captar, almacenar y limpiar agua. Ejemplos de ello son las ciudades chinas de Zhenjiang, Jiaying y Xiamen. Entre los beneficios de estos núcleos urbanos está el absorber el agua de lluvia, que luego es filtrada naturalmente por el suelo y puede llegar a los acuíferos urbanos que alimentan a la ciudad. Buscan reducir la cantidad de superficies duras y aumentar la cantidad de tierra absorbente, en particular los espacios verdes. Complementan este enfoque con sistemas eficientes de canalización y almacenamiento que pueden ayudar a contrarrestar la frecuencia de la escasez de agua, que puede ser particularmente grave en las grandes ciudades (Figura 4). De manera indudable, además, constituyen centros de recreación y educación para la población. Li et al. (2017) revisaron más de 30 de estos proyectos generando los retos y oportunidades que brindan. Jiang et al. (2018) también lo hacen con énfasis en las inundaciones pluviales en las ciudades y el manejo de las aguas de tormenta.

Las ciudades esponja requieren abundantes espacios que permitan que el agua se filtre a través de ellos, por ejemplo:

- Espacios verdes abiertos y contiguos, vía fluviales, canales y estanques interconectados en los vecindarios que pueden retener y filtrar el agua de forma natural, fomentando la presencia de ecosistemas de humedales urbanos, impulsando y creando hábitats y refugios para las plantas y animales que conforman la biodiversidad y creando oportunidades culturales y recreativas para los pobladores y, en algunos casos, alimenticias por la posibilidad de pesca, i.e.¹¹, algunas lagunas interdunarias del Puerto de Veracruz.
- Techos verdes que pueden retener el agua de lluvia y filtrarla naturalmente antes de reciclarla o liberarla en el suelo. Constituyen también una forma de captación de agua dulce.
- Intervenciones con diseños porosos en toda la ciudad, incluida la construcción de sistemas de bio-retención para detener la escorrentía y permitir la infiltración de aguas subterráneas. Entre los más importantes están los caminos y pavimentos porosos que pueden acomodar con seguridad el tráfico de automóviles y peatones mientras permiten que el agua sea absorbida, penetre y recargue las aguas subterráneas. Otros son los sistemas de drenaje que permiten el goteo de agua hacia el suelo o que dirigen la escorrentía de aguas pluviales hacia espacios verdes para su absorción natural y que frecuentemente forman parte de parques y jardines.
- Ahorro y reciclaje de agua, en particular de aguas grises a nivel de bloque de construcción, incentivando a los consumidores a ahorrar agua a través de campañas de concientización y sistemas mejorados de monitoreo inteligente para identificar fugas y uso ineficiente del agua. El separar aguas grises de negras representa una diversificación de usos finales del agua tratada, así como ahorros de agua y reducción de costos.

Entre los beneficios que brindan estos nuevos tipos de ciudades se pueden enlistar: Más agua limpia para la ciudad y de mejor calidad, alivio de las inundaciones urbanas, menores cargas en los sistemas de drenaje y plantas de tratamiento de agua, mejoras del microclima y reducción de los efectos de isla de calor urbano, creación de espacios urbanos más verdes, saludables y agradables y mejoramiento del entorno ecológico y la biodiversidad al absorber y capturar el agua de lluvia y utilizarla para reducir las inundaciones. Un ejemplo de cómo era el sitio antes y después aparece en la Figura 5. Muchos de estos diseños utilizan las llamadas soluciones basadas en la naturaleza ([Bridges et al., 2015](#); [EC, 2015](#); [SAGE, 2015](#), entre otros), es decir, el uso de sistemas o procesos naturales para proteger, restaurar y gestionar de manera sostenible los ecosistemas. De esta manera, aumentan su resiliencia y capacidad para abordar los desafíos sociales que el desarrollo y la gran cantidad de población que se les ha impuesto y contribuyen a reducir el impacto del cambio climático y sus efectos y, al mismo tiempo, salvaguardar la biodiversidad. Todo ello ayuda a mejorar el bienestar humano. Ejemplo de soluciones basadas en la naturaleza es restaurar humedales para recuperar la capacidad de infiltrar agua, almacenar carbono y mitigar el cambio climático, como en los ejemplos descritos en las ciudades esponja. La investigación reciente de Zeng y colaboradores mayo de 2023 dice lo siguiente:

“El cambio climático global acelera el derretimiento del hielo y aumenta los incidentes de inundaciones. China lanzó una política de ciudad esponja como una solución holística basada en la naturaleza combinada con planificación y desarrollo urbano para abordar las inundaciones debidas al cambio climático. Usando el análisis de Weibo, este documento tiene como objetivo estudiar las percepciones públicas de la ciudad esponja. Su diseño, metodología y enfoque fueron: Recopilar 53,586 contenidos de ciudad esponja de Sina Weibo a través de Python. En el estudio se aplicaron varias herramientas de inteligencia artificial, como CX Data Science de Simply Sentiment, KH Coder y Tableau. Sus recomendaciones fueron: El 76.8% de la opinión pública sobre la ciudad esponja fue positiva, lo que

11 i.e.: Abreviatura de *id est* en latín que significa “es decir” [Nota de los(as) editores(as)]

confirma su contribución positiva a la gestión de inundaciones y la marca de ciudad. 17 de las 31 ciudades esponja piloto registraron la mayor cantidad de publicaciones relacionadas con ciudades esponja. Otras ciudades con más publicaciones de Weibo sufrieron lluvias e inundaciones, como Xi'an y Zhengzhou. Su originalidad y valía son, de acuerdo con los autores, que este estudio es el primero en explorar la percepción pública de la ciudad esponja en Sina Weibo."



Figura 5. Parque de humedales Liupanshui Minghu, obra realizada por Turenscape en la ciudad de Liupanshui, la cual es atravesada por el río Shuichenghe. Se muestran imágenes del manejo y transformación de varios humedales. Puede verse como fueron transformados desde el punto de vista funcional y ahora conforman un conjunto de humedales urbanos que proporcionan servicios ecosistémicos a los habitantes, siendo el de recreación uno de los principales, junto con la reducción de inundaciones y la alimentación del manto freático. Fotografía tomada de:

<https://www.metalocus.es/es/noticias/parque-de-humedales-liupanshui-minghu-por-turenscape>

México es un país con más de 11,000 km de litorales con amplias extensiones de playas y dunas, humedales salobres como los manglares y humedales costeros de agua dulce como los popales, tulares y las selvas inundables. Ciudades como el Puerto de Veracruz, Villahermosa, Tecolutla, Cancún entre otras muchas, se han desarrollado sobre humedales y algunas están bordeadas por playas y dunas. Son ciudades cuyos habitantes se beneficiarían ampliamente de seguir los pasos de las ciudades esponja y utilizar soluciones basadas en la naturaleza. Hoy en día, los habitantes de ciudades costeras, sobre todo los vecinos de humedales, han comenzado a sensibilizarse sobre su importancia y su valor como sistemas de alarma temprana que permiten ver el incremento en el nivel del manto freático (Neri et al. 2019). Muchas ciudades europeas y estadounidenses tienen importantes ejemplos de este manejo.

En Latinoamérica, aunque Bogotá no es una ciudad costera, se ha convertido en un ejemplo de una ciudad que ha incorporado sus humedales a la vida urbana. La Secretaría de Ambiente presentó

oficialmente la Misión de Humedales, mediante la cual un grupo de expertos asesorará a la Alcaldía en el manejo de más de 15 humedales urbanos que hay en la capital (Figura 6). (<https://www.kienyke.com/bogota/arranca-la-mision-de-humedales-en-bogota>).

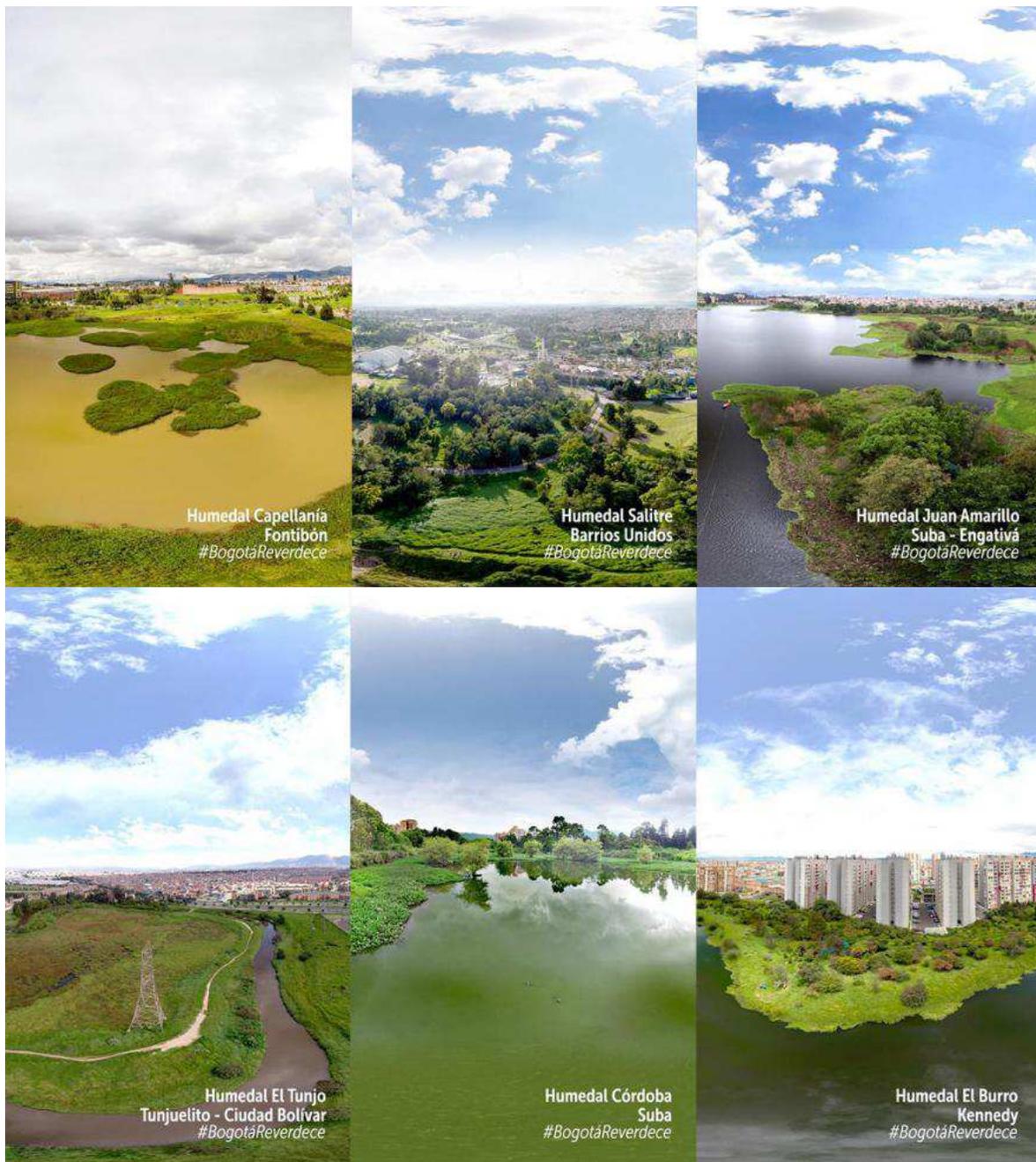


Figura 6. Ejemplo de seis humedales urbanos en Bogotá, Colombia (Imágenes tomadas de <https://www.kienyke.com/bogota/arranca-la-mision-de-humedales-en-bogota>)

Por ello, México debe desarrollar una política radical como la de Colombia que cambie lo presentado en la Figura 2 para Veracruz-Boca del Río por ciudades esponja como las de las Figuras 4 y 5 y que siga con Villahermosa, Cancún, Acapulco y otras para beneficiarse de los servicios ecosistémicos de los humedales.

Conclusiones

Los servicios ecosistémicos que los humedales brindan en las zonas rurales y en las ciudades, los hace imprescindibles para la supervivencia de los seres vivos y, especialmente, de los seres humanos. En ambas zonas la función de protección costera frente al cambio climático es fundamental, al igual que la alimentación del manto freático.

En las zonas rurales juegan un papel determinante en el aprovisionamiento de recursos para los habitantes locales, en la regulación de las funciones que mantienen la vida en el planeta y la diversidad de ecosistemas, en las funciones de hábitat que son la base de la enorme biodiversidad de la que gozan seres vivos y humanos y de información, principalmente de generación de información.

Otro punto fundamental para mejorar la calidad de vida es la recreación, a través del ecoturismo, que brindan los humedales.

En las zonas urbanas hay una gran dependencia del buen funcionamiento de los ecosistemas rurales ya que se reciben y se benefician sus habitantes de los servicios ecosistémicos que se generan en las zonas rurales (alimentos, materiales de construcción, agua dulce, control de inundaciones, biodiversidad en nuestros parques y jardines (por ejemplo las aves), entre otros muchos. A la vez, cada día puede la población darse cuenta de la importancia que tienen los espacios de naturaleza que se encuentran aún en las ciudades. Se vuelven zonas de recreación, gozo y sensibilización. Además, los humedales son importantes para la contención de inundaciones y como alerta temprana del incremento y/o decremento en el manto freático.

Estos valores nos permiten ver la importancia que tendrán en el futuro los humedales urbanos en la vida de las personas y en el desarrollo de México, un país en el que muchas de sus ciudades son costeras, y están sujetas a fuertes precipitaciones y por tanto tienen problemas de inundaciones.

Reconocimientos

La autora agradece a Roberto Monroy-Ibarra por el apoyo con la elaboración del mapa y manejo de las imágenes (Figura 1, K. Hernández, Figuras 2 en adelante, R. Monroy-Ibarra).

Referencias bibliográficas

- Armillas, P. 1971. Gardens on swamps: Archeological research verifies historical data on Aztec land reclamation in the Valley of Mexico. *Science*. 174:653-661. DOI: 10.1126/science.174.4010.653
- Bridges, T.S., Wagner, P.W., Burks-Copes, K.A., Bates, M.E., Collier, Z.A., Fischenich, J.C., Gailani, J.Z., Leuck, L.D., Piercy, C.D., Rosati, J.D., Russo, E.J., Shafer, D.J., Suedel, B.C., Vuxton, E.A., Wamsley, Ty V. 2015. Use of natural and nature-based features (NNBF) for coastal resilience. Environmental Laboratory (U.S) Engineer Research and Development Center (U.S.). Series/Report no.: ERDC SR 15-1. 479 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/handle/11681/4769>
- Casio-Arreola, N.G., Luna-Estrada, A.M.d.J., García-Gómez, R.S., Cyphers-Tomic, A., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2014. Estudio de residuos de lípidos de un fogón olmeca de 3000 años de antigüedad y su comparación con muestras alimenticias / *Study of lipid residues in a 3000 years old Olmec stove and its comparison with food samples*. *Ambiens Techné et Scientia México*. 2(2):95-104.
- Cyphers, A. 2020. Cabezas Colosales, Expresiones Majestuosas de la Civilización Olmeca / *Colossal Heads, Majestic Expressions of the Olmec Civilizations*. *Ambiens Techné et Scientia México*. 8(1):9-18.
- Cyphers, A., Zurita-Noguera, J., Macfeeters, M.L. (Autoras del libro). 2014. Premio INAH Alfonso Caso a la mejor investigación plasmada en el libro 'Retos y riesgos de la vida olmeca'. Emilio Ibarra (Apéndice III. El análisis palinológico), Noemí Gabriela Casio-Arreola, Ana María Luna-Estrada, Rolando Salvador García-Gómez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (Apéndice V. Estudio de residuos de alimentos en un fogón). Premio entregado el miércoles 26 de noviembre a las 12 horas en el auditorio del Museo Nacional de Antropología e Historia, Chapultepec. Ciudad de México (Distrito Federal todavía), México.

-
- EC. 2015. Towards an EU Research and Innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities. Final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities'. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. Publications Office, 2015, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/479582>
- Espejel I., Díaz de León S., Moreno-Casasola P., Vázquez-González C., Hernández M.E. 2016. Los servicios ecosistémicos de los bosques costeros. En: Moreno-Casasola P. (ed.) Servicios Ecosistémicos de Selvas y Bosques Costeros de Veracruz. Costa Sustentable no 8. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC. 37-58 pp. Xalapa, México.
- de-Groot R., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management, and decision making. *Ecological Complexity*. 7:260-272.
- Jiang, Y., Zevenbergen, C., Ma, Y. 2018. Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China's challenges and "sponge cities" strategy. *Environmental Science & Policy*. 80:132-143.
- Krause, S., Beach, T., Luzzadder-Beach S., Guderjan, T.H., Valdez Jr., F., Eshleman, S., Doyle, C., Bozarth, S.R. 2019. Ancient Maya wetland management in two watersheds in Belize: Soils, water, and paleoenvironmental change. *Quaternary International*. 502 (B):280-295.
- Landgrave, R., Moreno-Casasola, P. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental*. 4(1):19-35.
- Martínez, M.L., Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Sutton, P., Landgrave, R. 2007. The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*. 63(2-3):254-272.
- Moreno-Casasola, P., Infante-Mata, D.M. 2010. Veracruz. Tierra de Ciénagas y Pantanos. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana. Universidad Veracruzana. Xalapa, México.
- Moreno-Casasola, P., Monroy-Ibarra, R.C. 2022. El planteamiento de reservas archipiélago de Gonzalo Halffter y su aplicación en la zona costera de México. *Áreas Naturales Protegidas. Scripta*. 8(3):73-94.
- Neri-Flores, I., Moreno-Casasola, P., Peralta-Peláez, L.A., Monroy, R. 2019. Groundwater and river flooding: The importance of wetlands in coastal zones. *Journal of Coastal Research*. 92(sp1):44-54.
- Nguyen, T.T., Ngo, H.H., Guo, W., Wang, X.C., Ren, N., Li, G., Ding, J., Liang, H. 2019. Implementation of a specific urban water management - Sponge City. *Science of The Total Environment*. 652:147-162.
- SAGE. 2015. Natural and Structural Measures for Shoreline Stabilization. http://sagecoast.org/docs/SAGE_LivingShorelineBrochure_Print.pdf
- Siemens, A.H. 1998. A Favored Place. San Juan River Wetlands, Central Veracruz, A.D. 500 to the Present. University of Texas Press, Austin.
- Sluyter, A. 1994. Intensive wetland agriculture in Mesoamerica: Space, time, and form. *Annals of the Association of American Geographers*. 84(4):557-584.
- Wheeler, B.D., Money, R.P., Shaw, S.C., Perrow, M.R., Davy, A.J. 2002. Freshwater wetlands. En *Handbook of Ecological Restoration*. Perrow, M.R., Davy, A.J. eds. Vol. 2. Restoration in Practice. Cambridge University Press. Londres, Reino Unido.
- Wu, Y.G. 2016. *Sponge City Design: Concept, Technology & Case Study*. Jiangsu: Phoenix Science Press. <https://www.worldfuturecouncil.org/sponge-cities-what-is-it-all-about/>
- Zeng, L., Li, R.Y.M., Zeng, H., Song, L. 2023. Perception of sponge city for achieving circularity goal and hedge against climate change: A study on Weibo. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. Emerald Publishing Limited. 1756-8692. 23 pags. DOI 10.1108/IJCCSM-12-2022-0155
- Zevenbergen, C., Fu, D., Pathirana, A., Eds. 2018. *Sponge Cities: Emerging Approaches, Challenges and Opportunities*. Water. ISBN 978-3-03897-272-3 (paperback); ISBN 978-3-03897-273-0 (PDF). Published: October 2018. 462 pags. © 2018 by the authors (28 artículos); CC BY-NC-ND license. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03897-273-0>