

Revista

COLVERsatorio

El Colegio de Veracruz



Número 16

Año 02

febrero 2024

www.colver.com.mx



La importancia de los humedales ¿sabes qué son los servicios ambientales? | 11

Revisión sobre la función de almacenamiento de carbono de los suelos de humedales de México | 17

Humedales: ecosistemas esenciales para el bienestar humano | 23

Lagunas interdunarias de Veracruz: oportunidad única para el desarrollo urbano sustentable en la costa | 29

Los humedales urbanos y el bienestar de los xalapeños ante el cambio climático | 35

Comités ciudadanos para la conservación de humedales urbanos: estudio de casos de Xalapa, Veracruz | 41

Intervenciones diagnósticas acerca del conocimiento sobre humedales y sus servicios ambientales en Xalapa, Veracruz: acciones necesarias para generar propuestas de educación ambiental | 49

– Especial Humedales –

Directorio

Mario Raúl Mijares Sánchez
Rector

José Jesús Borjón Nieto
Editor Honorario

María del Carmen Celis Pérez
Directora

Petra Armenta Ramírez
Directora

Ana Marina Andrade García
Editora

Modesto Ortiz Flores
Editor, corrección y formación

Revista COLVERsatorio El Colegio de Veracruz, Año 2, No. 16, febrero 2024, es una publicación mensual editada por El Colegio de Veracruz. Calle Felipe Carrillo Puerto No. 26, Colonia Centro, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México, teléfono 22(88)41-51-00, www.colver.com.mx. Editor responsable: María del Carmen Celis Pérez. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2022-101811152100-102. ISSN: 2954-4793 f 592.

Las opiniones contenidas en esta publicación son responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la postura de El Colegio de Veracruz.

Imagen de portada:
<https://remedia.bio>



Contenido

Presentación Dr. José Luis Marín Muñiz	5
Personajes y sus letras Dr. William J. Mitsch	9
Colaboraciones	
La importancia de los humedales ¿Sabes qué son los servicios ambientales? Dr. Gonzalo Ortega Pineda, Dra. Irma Zitácuaro Contreras, Dr. José Luis Marín Muñiz	11
Revisión sobre la función de almacenamiento de carbono de los suelos de humedales de México Dr. Sergio Zamora Castro	17
Humedales: ecosistemas esenciales para el bienestar humano Dra. Monserrat Vidal Álvarez	23
Lagunas interdunarias de Veracruz: oportunidad única para el desarrollo urbano sustentable en la costa Dr. Hugo López Rosas	29
Los humedales urbanos y el bienestar de los xalapeños ante el cambio climático Dra. María Elizabeth Hernández Alarcón, Dr. Amado Enrique Navarro Fromenta, Dra. Paula Monserrat Crespo Barrera, Mtro. Marco Vinicio Hernández Salazar	35
Comités ciudadanos para la conservación de humedales urbanos: estudio de casos de Xalapa, Veracruz Dra. Violeta A. Bastián Lima, M. en C. Isabel Patricia Bello Hidalgo, Dra. María Elizabeth Hernández Alarcón	41
Intervenciones diagnósticas acerca del conocimiento sobre humedales y sus servicios ambientales en Xalapa, Veracruz: acciones necesarias para generar propuestas de educación ambiental Ing. Yennis Ramos Pérez, Lic. Aarón López-Roldán, Dr. José Luis Marín Muñiz, Dra. María Elizabeth Hernández Alarcón	49
Humedales de tratamiento: una introducción a la ecotecnología y su importancia para el tratamiento de aguas residuales Mtra. Karina Elizabeth Martínez Aguilar, Mtro. Luis Manuel Álvarez Hernández, Dr. José Luis Marín Muñiz, Dr. Sergio Zamora Castro	57

Humedales contruidos como alternativa de tratamiento
para aguas residuales contaminadas con lactosuero

Lic. Claudia Lizeth Muñoz Aguilar, Lic. David Mejía Escobar

Dr. José Luis Marín-Muñiz

67

Recomendaciones editoriales

71

Vida Colver

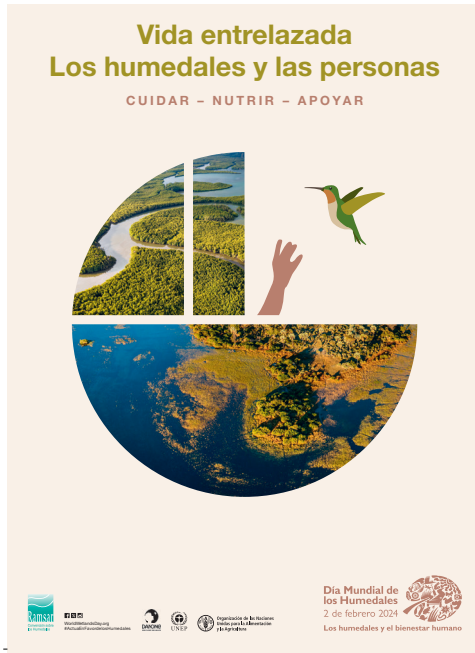
73



Presentación

Los humedales y su importancia para el mundo como sitios Ramsar

José Luis Marín Muñiz¹



Cartel conmemorativo.

Los humedales han sido descritos como ecosistemas cuyo suelo está saturado de agua de manera temporal o permanente y donde crece vegetación adaptada a tales condiciones. Su importancia radica en los múltiples servicios ambientales que proveen. Por ello, hubo la necesidad de realizar un convenio internacional para protección de tales ambientes, llamado Convenio Ramsar.

En otras palabras, la convención Ramsar sobre los humedales es el tratado intergubernamental que ofrece el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.

La convención se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975. Desde ese entonces casi el 90% de los Estados miembros de las Naciones Unidas de todas las regiones geográficas del planeta se han adherido al tratado, pasando a ser partes contratantes.

Se tiene registro de 172 partes contratantes, 2503 humedales de importancia internacional con una superficie total de los sitios designados de 257 182 378 ha.

Cada 2 de febrero se celebra el día mundial de los humedales para sensibilizar al público sobre dichos ecosistemas. La fecha fue aprobada el 30 de agosto de 2021 por la Asamblea General de las Naciones Unidas.

México es parte del convenio desde el 4 de noviembre en 1986 con 144 sitios de humedales a la fecha, los cuales en

¹ Coordinador de la Academia de Desarrollo Regional Sustentable.

conjunto suman una superficie total de 8,721,911 ha. Tal cantidad de humedales tiene catalogado a México como el segundo lugar en cantidad de humedales Ramsar, solo seguido de Reino Unido.

La misión de la Convención es "la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo".

Los humedales están entre los ecosistemas más diversos y productivos. Proporcionan servicios esenciales y suministran toda nuestra agua potable. Sin embargo, continúa su degradación y conversión para otros usos como cambio de uso de suelo para ganadería, espacios turísticos y otras construcciones.

La Convención aplica una definición amplia de los humedales, que abarca todos los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, reservorios y salinas. Sin embargo, ecológicamente un humedal contempla tres principales componentes que son agua, suelo/sustrato y vegetación.

En el marco de los "tres pilares" de la Convención, las Partes Contratantes se comprometen a:

- Trabajar en pro del uso racional de todos los humedales de su territorio;

- Designar humedales idóneos para la lista de Humedales de Importancia Internacional (la "Lista de Ramsar") y garantizar su manejo eficaz;

- Cooperar en el plano internacional en materia de humedales transfronterizos, sistemas de humedales compartidos y especies compartidas.

Cada año se establece un lema o tema para festejar el día de los humedales. "Los humedales y el bienestar humano" es el tema del Día Mundial de los Humedales 2024. La campaña de este año pone de relieve la gran interconexión entre los humedales y la vida humana, ya que las personas obtienen sustento, inspiración y resiliencia de estos productivos ecosistemas. Es importante destacar que el tema de 2024 subraya la manera en que todos los aspectos del bienestar humano están ligados a la salud de los humedales del mundo. Nos llama a cada uno de nosotros a valorar y proteger los humedales. Cada humedal es importante. Cada esfuerzo cuenta.

El mensaje principal de la campaña de este año es que el bienestar humano está irrevocablemente ligado al estado de los humedales del mundo. Dependemos de estos ecosistemas que sustentan la vida. Pero deben estar sanos para que puedan seguir proporcionándonos agua y alimentos, apoyando la biodiversidad, proporcionando medios de vida, protegiéndonos contra fenómenos meteorológicos extremos y mitigando el cambio climático. La campaña de este año des-



taca tres mensajes principales:

ficio de todas las personas.

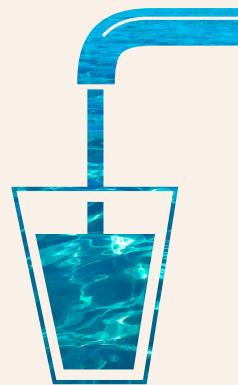
- Invertir en el uso sostenible de los humedales significa invertir en el futuro de la humanidad.
- Los humedales pueden aportar a las ciudades y a sus habitantes múltiples beneficios económicos, sociales y culturales que apoyan el bienestar humano.
- La restauración de los humedales es esencial para superar la crisis del clima y la biodiversidad, así como para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en bene-

Los humedales deben importarnos porque nos proporcionan agua dulce, ante tormentas actúan como esponjas naturales que absorben grandes cantidades de agua y reducen el impacto de las inundaciones. Los humedales albergan a más de cien mil especies y son áreas esenciales para múltiples anfibios y para la reproducción y migración de las aves. De igual manera, los humedales y sus recursos son un medio de vida sostenible porque de la pesca en estos dependen millones de personas, proveen madera, tejidos, alimentos, etc.

Los humedales y el agua

NUESTRA EXISTENCIA DEPENDE DEL AGUA

- Los humedales retienen y proporcionan la mayor parte de nuestra agua dulce.
- Filtran de forma natural los contaminantes, dejando un agua segura que podemos beber.
- Usamos más agua de la que la naturaleza puede reponer.
- Menos del **1%** del agua dulce es utilizable.
- Nuestro consumo de agua se multiplicó por seis en **100 años** y aumenta un **1%** anualmente.
- Casi todas las fuentes mundiales de agua dulce están en peligro: el **82%** de la población mundial está expuesta a altos niveles de contaminación en su suministro de agua.
- La planificación urbana y de los recursos hídricos que incorpora los humedales y sus beneficios mejora la salud y el bienestar de los habitantes de las ciudades.
- Podríamos tener agua suficiente si valoráramos y manejáramos mejor los humedales y el agua, mediante su protección, restauración y uso racional.



Referencias

Día Mundial de los Humedales 2024 | The Convention on Wetlands, La Convención sobre los Humedales (ramsar.org).

Marín-Muñiz, J.L. Humedales, Riñones del Planeta y Hábitat de Múltiples Especies; Editora de Gobierno del Estado de Veracruz: Xalapa, VER, México, 2018; Available online: https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/serie_fuera_series/Humedales_Impresion.pdf



Personajes y sus letras

Dr. William J. Mitsch

Académico y científico



Fotografía: Wikipedia.

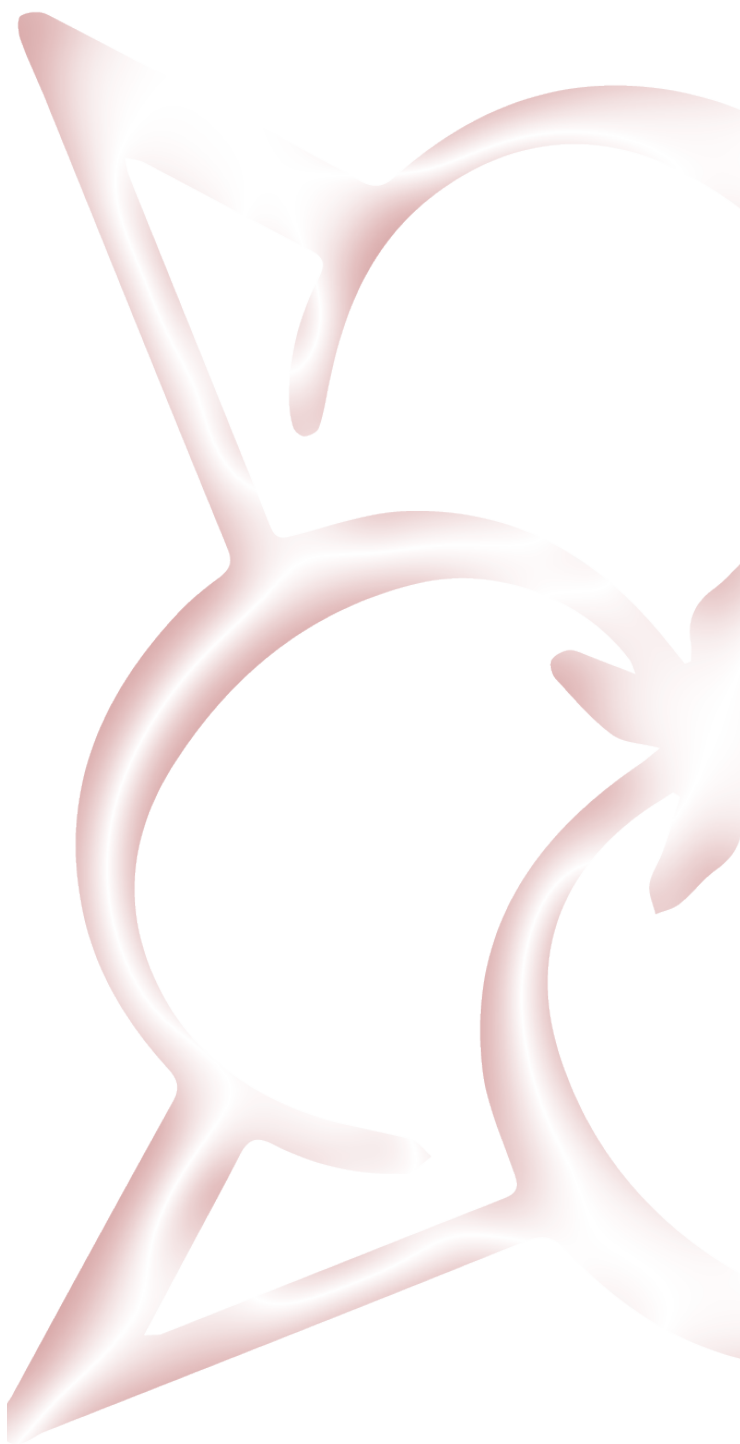
El Dr. William J. “Bill” Mitsch ha sido académico y científico eminente y director del Parque de Investigación de Humedales Everglades de Florida. Es profesor emérito de la Universidad Estatal de Ohio, donde participó durante 26 años y es director fundador del Parque de Investigación de Humedales del Río Olentangy (en forma de riñón).

Tiene nombramientos de cortesía y honorarios como profesor en la Universidad del Sur de Florida, la Universidad de Florida, la Universidad de Notre Dame, la Universidad de Tartu (Estonia) y la

Universidad Forestal de Nanjing (China).

Su investigación y docencia se han centrado en la ecología y biogeoquímica de los humedales, la creación y restauración de humedales, la ingeniería ecológica y la restauración de ecosistemas, y el modelado de ecosistemas. Sus más de 700 publicaciones, informes, resúmenes y libros, incluidas 6 ediciones del famoso libro “Wetlands”, conocido como la biblia de los humedales (Wiley, última edición en 2023). Fue fundador y editor en jefe de la revista internacional Ecological Engineering de 1992 a 2017. En agosto de 2004, el rey Carlos XVI Gustavo, de Suecia, le concedió el Premio del Agua de Estocolmo 2004. También ha sido galardonado con el Premio Odum 2018 (primer galardonado) de la Sociedad Estadounidense de Ingeniería Ecológica (AEES), el Premio INTECOL al Científico Destacado de Humedales 2016, el Premio al Mérito de la Convención Ramsar (2015), una Cátedra Einstein de la Academia China de Ciencias (2010), el Premio a la Trayectoria de la Sociedad de Científicos de Humedales (2007) y el Premio Theodore M. Sperry de la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) en 2005.

El Dr. Mitsch ha asesorado a más de 90 estudiantes de posgrado de diversas partes del mundo.





Colaboraciones

La importancia de los humedales ¿Sabes qué son los servicios ambientales?

Gonzalo Ortega Pineda¹
Irma Zitácuaro Contreras²
José Luis Marín Muñiz³

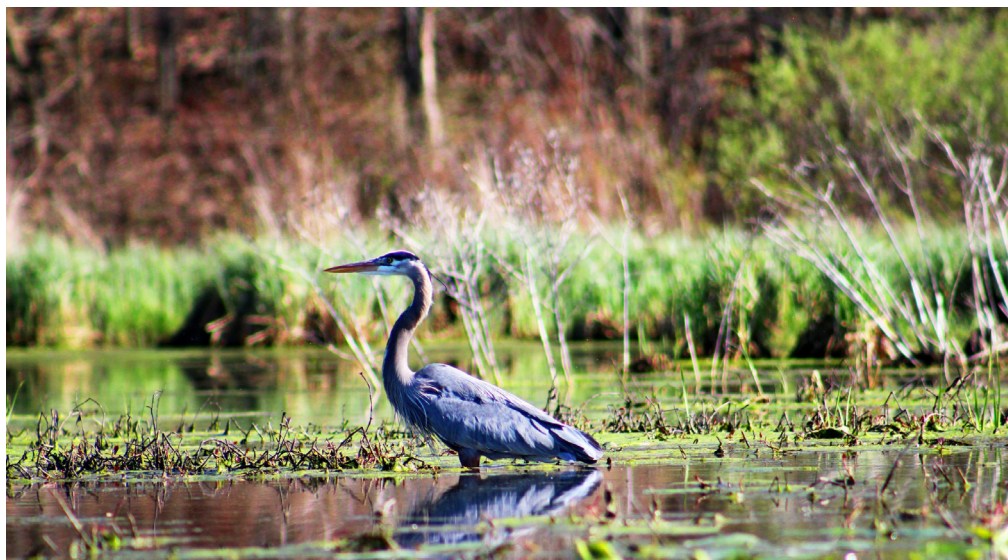


Imagen: <https://sustentur.com.mx>

Actualmente nos encontramos ante una crisis ambiental severa, provocada principalmente por las actividades de la humanidad, durante mucho tiempo, nos hemos empeñado en forjar una serie de procesos que dejan rastro de atentados contra las diferentes formas de vida existentes en el planeta, somos la única especie que, al atentar contra la naturaleza estamos causando daños irreparables para nuestra propia super-

vivencia (Ortega y Ramos, 2016). Para poder adaptarnos a los cambios, debemos ser conscientes de nuestro entorno, de lo que está a nuestro alrededor, principalmente de los diferentes ecosistemas que nos otorgan sustento, así como de una serie de servicios ambientales benéficos para los propios humanos, algunos de estos ecosistemas que son de gran importancia son los humedales naturales.

^{1,2,3} Profesores - Investigadores de la Academia de Desarrollo Regional Sustentable de El Colegio de Veracruz.

Primero definamos que son los humedales naturales, de acuerdo con Marín-Muñoz (2018) son sitios que poseen características tanto terrestres como acuáticas y que durante o en algunas temporadas del año el suelo se encuentra húmedo la mayor parte del tiempo o cubierto por agua, estas condiciones favorecen el crecimiento de vegetación adaptada a tales condiciones, llamada macrófita, como los popales, esta vegetación herbácea en su mayoría está compuesta por la espiga de agua (*Pontederia sagittata*), el plantanillo (*Thalia geniculata*), el papiro (*Cyperus papyrus*) y la flecha de agua (*Sagittaria lancifolia*). Otro tipo de vegetación herbácea son los tulares o juncos, especies comunes en estos ecosistemas son el tule (*Typha spp.*), los carrizales (*Phragmites communis*), y los juncos (*Juncus sp.*), compuesta principalmente por el junco espigado (*Cladium jamaicense*) y el junco gigante (*Arundo donax*).

También existen los humedales con vegetación arbórea, como los manglares, en estos ecosistemas predominan los árboles a los que llamamos mangles, que en guaraní significan árbol torcido, estos se caracterizan por la composición de ramas y tallos, son zonas que se encuentran inundadas por aguas salobres, lo que significa que el agua es una mezcla de agua dulce y salada, estos árboles tienen un diseño que les permite vivir en esta dicotomía de salinidad con agua dulce, para Veracruz se han reportado cuatro especies: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*La-*

guncularia racemosa) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Parte de la crisis ecológica que hemos provocado es poner en peligro a estos ecosistemas, esto derivado del cambio de uso de suelo, aumento de la frontera agrícola y ganadera de nuestro estado, poniendo en gran peligro el hábitat para diferentes especies, tanto terrestres como acuáticas que son peculiares de los humedales.

Los servicios ecosistémicos de los humedales

Una parte importante por la que es primordial mantener, cuidar y conservar los ecosistemas de humedales, son los servicios ecosistémicos o servicios ambientales que proveen para beneficio de todos los seres vivos en el planeta (Tabla 1). Un servicio ambiental o ecosistémico es aquello que los ecosistemas, como los humedales, realizan de manera natural y resulta en un beneficio para los seres vivos. Los servicios ambientales se han clasificado como de provisión, regulación, culturales y de soporte, todos necesarios para mantener la vida humana, estos hacen posible el bienestar, por ejemplo, al proporcionar alimentos nutritivos y agua limpia; al regular las enfermedades y el clima; al apoyar la polinización de los cultivos y la formación de suelos, y al ofrecer beneficios recreativos, culturales y espirituales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024).



Tabla 1. Tipos y características de los servicios ecosistémicos de los humedales.

Tipo de servicio	Características	Servicios ecosistémicos
De provisión	Son los productos que los ecosistemas nos brindan y son palpables.	Leña. Agua. Fibras. Frutas.
De regulación	Son las que a simple vista no se pueden percibir, pero sin estos la vida en el planeta sería imposible.	Calidad del aire. Fertilidad del suelo. Control de inundaciones. Filtración del agua.
Culturales	Son los que involucran los valores, las costumbres, tanto locales como regionales, estos servicios consideran la identidad y diversidad cultural de las comunidades.	Zonas de relajamiento. Fuente de inspiración. Bienestar espiritual. Centros turísticos.
De soporte	Son los necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos.	Generación de oxígeno. Formación de suelos. Reciclaje de nutrientes.

Nota: Se describen las características de cada uno de los servicios ecosistémicos que brindan los humedales (Elaboración propia con información de Marín-Muñiz (2018) y FAO (2024).

Un servicio adicional de los humedales son los estudios que se generan en materia de conservación de especies animales y vegetales, de procesos del carbono, entre otros que dan motivo a trabajos de investigación, de obtención de grado de alumnos de educación superior y posgrado, por lo que se puede adherir el servicio académico. Una evidencia de este servicio es la producción académica a nivel mundial, donde mediante un análisis bibliométrico con las plataformas Dimensions y VOSviewer se tienen registrados 1,171 estudios publicados por 3,292 autores, esto es, investigadores que están realizando estudios en el tema de humedales. Estados Unidos encabeza la producción de investigaciones seguido de Argentina, Colombia, México y España (Figura 1).

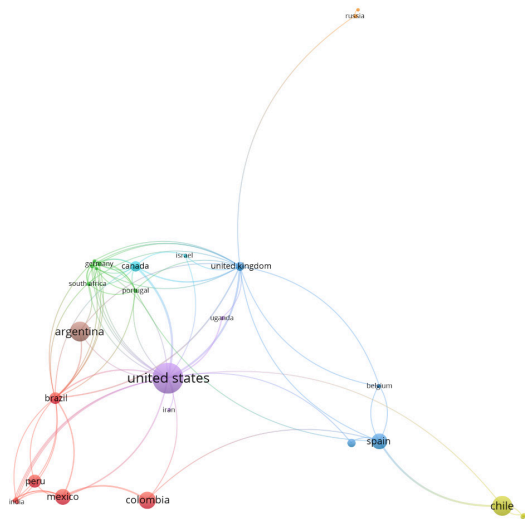


Figura 1. Países con investigaciones en el tema de humedales

Un aporte adicional de los humedales naturales al desarrollo sustentable, es la aplicación de sus características y procesos de tratamiento, pero replicados como sistemas de depuración y bioingeniería. Dicha ecotecnología otorga beneficios sociales, ambientales y económicos en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales a nivel micro y macrocosmos, utilizados como sistemas piloto y sistemas de tratamiento a nivel domiciliario y comu-

nitario (Mitsch y Gosselink, 2015).

Asimismo, las investigaciones guardan relaciones entre países cuando existen tópicos en común como puede ser el tipo de vegetación, propósito del uso de los humedales, características socioculturales, tipos de contaminantes y procesos de remediación con base en el uso de plantas con características para la fitoremediación, entre otros (Figura 2).

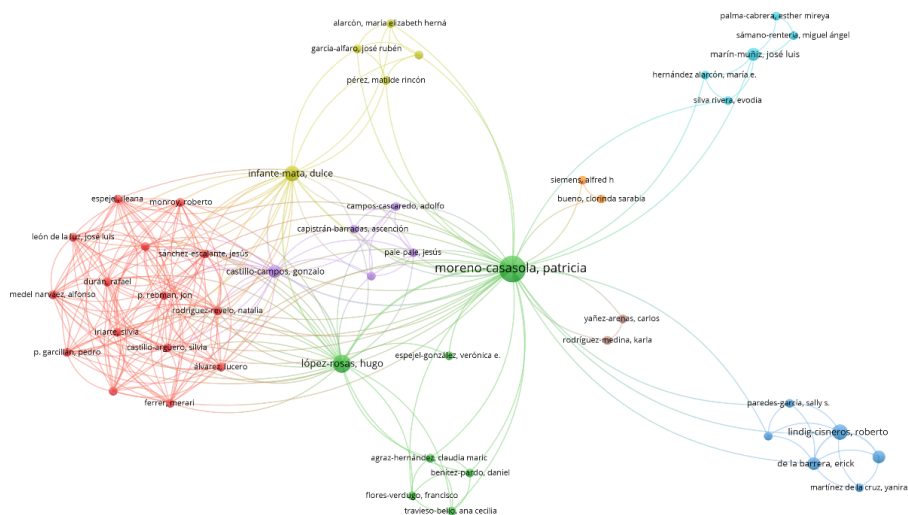


Figura 2. Autores con trabajos de investigación en humedales.

Otro punto de análisis es en referencia a los autores (Figura 2), estos representan el potencial humano que tiene vocación principal hacia los humedales, para México destaca la participación de la Dra. Patricia Moreno-Casasola, investigadora del Instituto de Ecología A. C., seguida de Dulce Infante-Mata, María Elizabeth Hernández Alarcón, Marín-Muñiz José Luis, Lindig-Cisneros Roberto y López-Rosas Hugo, cada uno formando redes

de investigación con otros autores. Algunos de los tópicos que se abordan por la Dra. Moreno-Casasola son en percepciones socio-ambientales, humedales como almacenamiento de carbono en suelo, condiciones de salinidad, servicios ecosistémicos y amenazas a humedales, estudios en humedales arbóreos y herbáceos, diversidad florística y ecología, monitoreo de la composición y estructura de la vegetación, caracterización de



la conectividad hidrológica entre el manglar ribereño y humedales de aguadulce, estructura espacial y la distribución de las especies vegetales dominantes y sus cambios en el tiempo, avance demográfico y ambiental, entre otros.

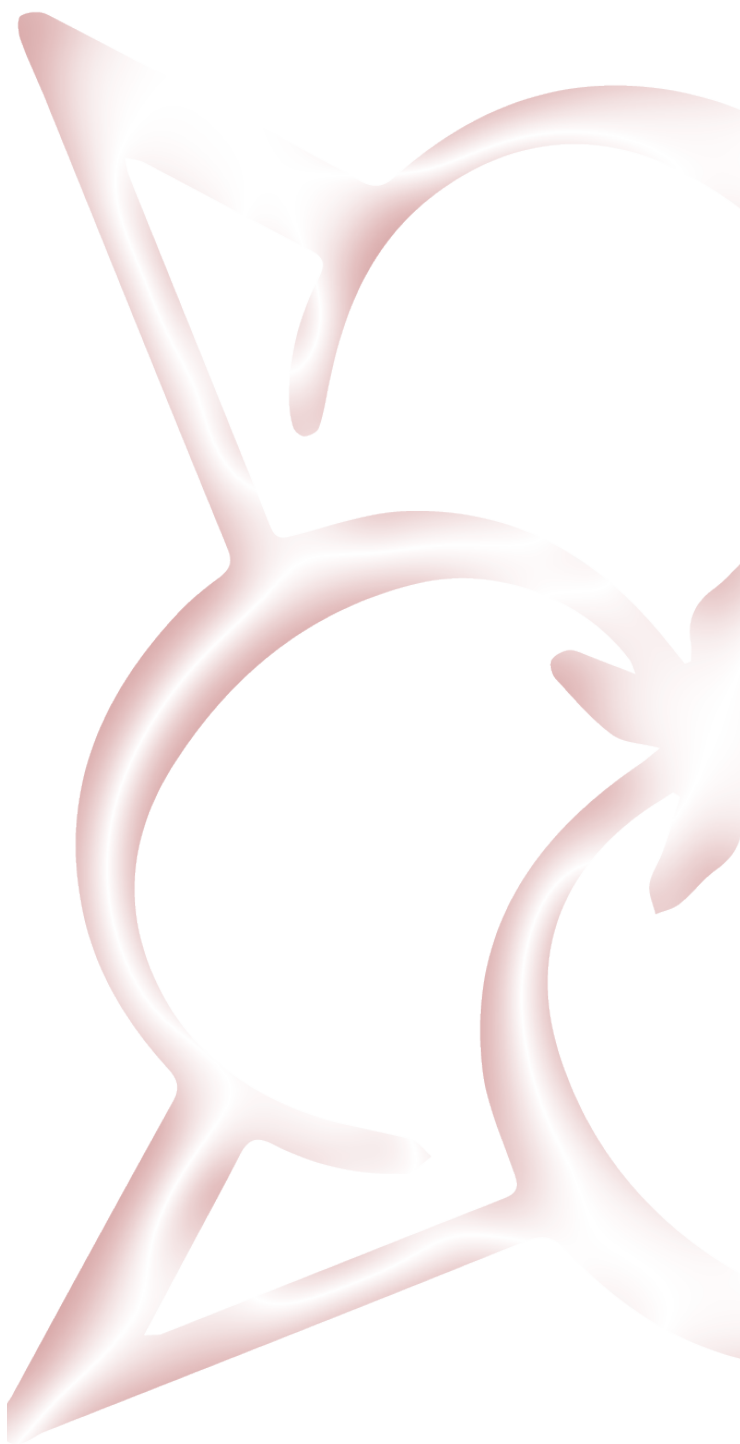
Conclusiones

Los recursos hídricos comprenden varias fuentes de abastecimiento de agua, elemento esencial para la subsistencia de la humanidad, sin embargo, es un recurso que no se ha valorado en su totalidad, lo que lo hace vulnerable a alteraciones en disponibilidad y calidad. En materia de recursos hídricos una contribución importante de los humedales naturales, para el desarrollo sustentable, son los ser-

vicios ecosistémicos prestados a la sociedad. El estudio demostró que se han documentado los servicios ecosistémicos directos, sin embargo, se pueden identificar servicios adicionales, como es el potencial para utilizar sistemas similares para el saneamiento de aguas residuales a nivel de estudio, domiciliarios y comunitarios, como es la ecotecnología de humedales bioingenieriles o contruidos, asimismo, se les puede atribuir un servicio a la academia para la elaboración de estudios e investigaciones que además de contribuir a la formación académica, también contribuyen a la investigación. El mundo tiene una infinidad de humedales, lo que se traduce a otra infinidad de oportunidades para construir un mejor medio ambiente, como herencia para el mundo.

Referencias

- Domínguez-Machin, Me, y Silva-López, G. (2020). Consumo de plantas por el ganado vacuno en una zona de manglar-espartal de Alvarado, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 22 (2), 7-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49766661007>.
- Marín-Muñoz, J.L. (2018). Humedales, riñones del planeta y hábitat de múltiples especies; Editora de Gobierno del Estado de Veracruz: Xalapa, Ver, México.
- Mitsch, W. J. y Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. 5th ed.; John Wiley and Sons Inc.: New York, NY, USA.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (30 de enero de 2024). *Servicios ecosistémicos y Biodiversidad*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>.
- Ortega, P.G, y Ramos. P.JM. (2016). Los Árboles al Servicio del Ambiente. *La Ciencia y el Hombre*, (3), 29-35. https://www.researchgate.net/publication/372465272_Revista_la_Ciencia_y_el_Hombre.





Colaboraciones

Revisión sobre la función de almacenamiento de carbono de los suelos de humedales de México

Sergio Zamora Castro ¹



Fuente: WWF México.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera cada vez son mayores, tan solo del año 1750 a la fecha, se ha reportado un incremento de hasta 20%, 40% y 150% para los gases de óxido nitroso (N_2O), dióxido de carbono (CO_2), y metano (CH_4), respectivamente, lo cual favorece al efecto del cambio climático, lo cual trae consigo incrementos en la temperatura global, sequías y lluvias extremas (Zamora et al. 2022). An-

te tal situación, los humedales naturales son una opción para ayudar a mitigar el impacto del cambio climático al regular, capturar y almacenar cantidades importantes de dichos gases, debido a su densa vegetación productiva, actividad microbiana y por las condiciones del suelo saturadas de agua, que ayudan a la lenta descomposición del material orgánico y secuestrándolo en el suelo, en lugar de ser liberado a la atmósfera.

¹ Facultad de Ingeniería, Construcción y Hábitat, Universidad Veracruzana, Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 455, Costa Verde, Boca del Río 94294, Veracruz, México. szamora@uv.mx

Los humedales son definidos como zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos, donde el suelo está cubierto o saturado de agua la mayor parte del año y donde crece vegetación adaptada a dichas condiciones, estas áreas de humedales cubren aproximadamente del 5 al 8% de la superficie terrestre (Mitsch et al., 2012; Marín-Muñiz et al., 2014). En cuanto al tipo de vegetación podrían clasificarse como humedales de vegetación herbácea (especies no arbóreas) o humedales de vegetación arbórea (arbustos y árboles). Mientras que, de acuerdo al tipo de agua, pueden ser humedales de agua dulce, que llega por escurrimientos de lluvias, por estar presentes a orillas de ríos o por afloramientos del subsuelo, o humedales de agua salina cuando el agua presente solo es agua de mar. También están los humedales de agua salobre (mezcla de agua dulce combinada con salada) como los manglares. En el caso de los humedales herbáceos, también hay ecosistemas de pastos inundables, que inicialmente fueron humedales, pero que tienen ciertas modificaciones para crecimiento de pasto para ganado, y donde aún sigue habiendo flujos de agua y se inundan periódicamente.

Los humedales desempeñan un papel importante en el ciclo global del carbono; tienen la mejor capacidad de cualquier ecosistema para retener carbono en el suelo. La descomposición de la materia orgánica (residuos de arbustos, detritos, etc.) dentro de los humedales implica procesos aeróbicos y anaeróbicos y suele ser incompleta en condiciones

anaeróbicas debido a la falta de oxígeno, por la presencia del agua.

Del total almacenado de carbono en los suelos de la Tierra (1400-2300 PgC (Pg= 1015 g de carbono)), entre el 20% y el 30% se almacena en humedales. Algunos estudios sobre el secuestro de carbono alrededor del mundo han demostrado la importancia de los humedales naturales del suelo; por ejemplo, los humedales de América del Norte contienen alrededor de 220 PgC, la mayor parte del cual se encuentra en la turba (Bridgham et al., 2006). Humedales en los Estados Unidos almacenan un total de 11,52 PgC (Nahlik y Fennessy, 2016). Otro estudio sugiere que los humedales del mundo sirven como un sumidero neto de 0,83 PgC/año, estimado a partir de 21 simulaciones de humedales que incluyeron a Rusia, datos de Canadá, Costa Rica, Botswana y Estados Unidos (Mitsch et al., 2012).

Secuestro o almacenamiento de carbono en suelos de humedales mexicanos

El uso de ecosistemas naturales como los humedales, para acumular carbono en el suelo, es una de las herramientas más rentables para reducir el efecto neto de las emisiones de gases de efecto invernadero y abatir el clima. Al mismo tiempo de ser beneficiado por otros servicios ambientales, de tan valiosos ecosistemas. Mediante una revisión bibliográfica sobre los estudios de carbono en suelos de humedales en México se logró clasificar estos de acuerdo al tipo

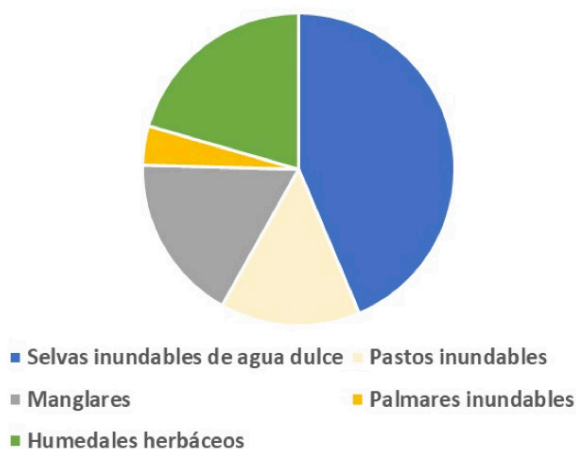


de humedal para su análisis descriptivo y estadístico con SPSS.

Los humedales mexicanos han sido estudiados principalmente en los últimos 10 años en cuanto a su alta productividad de materia orgánica en el suelo; los valores reportados fueron revisados y promediados de acuerdo con el tipo de humedal (Figura 1), encontrándose diferencias estadísticas, respecto al tipo de humedal ($p = 0.011$) en cuanto a su almacenamiento. El mejor tipo de humedal para el secuestro o almacenamiento de carbono en el suelo fueron los humedales arbóreos o selvas inundables de agua

dulce con un promedio de 86.2 Kg C m^{-2} ; este valor fue significativamente mayor que el de los pastizales inundables (28.6 Kg C m^{-2} ; $p = 0,017$), manglares (34.1 Kg C m^{-2} ; $p = 0.010$), áreas de palmares inundables (8.0 Kg C m^{-2} ; $p = 0,017$) o los humedales de agua dulce con vegetación herbácea (40.1 Kg C m^{-2} ; $p = 0,049$). Estos valores son muy importantes para los modelos climáticos del equilibrio de carbono. Marín-Muñoz et al. [63] argumentaron que los humedales deberían considerarse como un sumidero de carbono en un horizonte temporal de 100 años. De ahí la importancia de conservar y proteger estos ecosistemas.

Figura 1.



Por otro lado, la reserva de carbono en los suelos de manglares reveló diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al depósito de carbono de las zonas humedales de palmares y de vegetación herbácea. Los humedales con palmeras secuestraron una cantidad similar de carbono que los pastizales inundables ($p = 0,100$), pero fueron diferente en com-

paración con otros tipos de humedales. El carbono en los sitios de humedales herbáceos de agua dulce fue estadísticamente similar al depósito de carbono en los palmares inundables ($0,990$) y suelos de bosques de manglares ($p = 0,447$).

La importancia de la vegetación respecto de la cantidad de secuestro de carbono

en el suelo ya ha sido documentada (Marín-Muñiz et al., 2014), e indicando que, de manera similar, otros factores como el nivel del agua y las condiciones de inundación también son importantes en la reserva de carbono de los humedales.

Comparando el depósito de carbono de los suelos de humedales mexicanos con otros valores reportados de humedales en otros países o para los ecosistemas terrestres mexicanos, se observó que las selvas inundables y humedales herbáceos de agua dulce, manglares y pastizales inundables pueden almacenar casi 13, 7, 6 y 5 veces más carbono en el suelo que los ecosistemas terrestres

mexicanos (Tabla 1), respectivamente. Sólo el carbono almacenado en los humedales de palmares inundables fue similar al carbono de ecosistemas terrestres mexicanos. Se observó una situación similar para los valores de los reservorios de carbono en humedales de Estados Unidos y Canadá. Comparando la función del depósito de carbono en Europa y humedales africanos con los valores observados en los humedales mexicanos, ambos fueron similares para manglares, marismas y pastizales inundados. En cuanto a la reserva de carbono reportada en África, este fue menor que el carbono detectado en los humedales mexicanos (Tabla 1).

Tabla 1.

Ecosistema	Carbono almacenado (Kg Cm ²)	Fuente
Ecosistemas terrestres mexicanos	6.26	Vega-López (2008)
Everett USA	7.81	Crooks et al. (2014)
Humedales herbáceos Canadá	8.06	Chastain y Kohfeld (2017)
Humedales herbáceos África	10.9	Raw et al. (2019)
Humedales de Europa	15-30	Abdul et al. (2021)
Humedal arbóreo	86.17	Este estudio
Pastos inundables	25.87	
Manglares	34.1	
Palmares inundables	8.0	
Humedales herbáceos	40.5	

Dada la importancia del almacenamiento de carbono en los humedales mexicanos, es necesario seguir promoviendo la importancia de su protección y conservación, su impacto ambiental, servicios y el valor económico de estos eco-

sistemas. Resulta pertinente la diseminación de proyectos de participación comunitaria para rescatar usos tradicionales de los recursos naturales del humedal, y la creación de festivales sobre la importancia de los humedales



como estrategias de sensibilización y valoración.

Conclusiones

Los humedales tropicales son ecosistemas ricos en carbono. La reserva de carbono mexicano en el suelo fue revisada según los diferentes tipos de humedales, incluidos manglares, zonas inundables de pastizales, palmares inundables y humedales de agua dulce, tanto de vegetación herbácea como arbórea. En México, el manglar ha sido el ecosistema con la mayoría de los estudios sobre secuestro de carbono. Probablemente esto se deba a que son los tipos de humedal que están protegido bajo ciertas leyes. Se detectó que los humedales arbóreos de agua dulce almacenan mayores cantidades de carbono en el suelo, en comparación con otros tipos de humedales; sin embargo, los pastizales y

humedales herbáceos de agua dulce presentaron una reserva de carbono similar a la de los manglares, por lo que nuevas políticas públicas de protección y conservación se necesitan para estos tipos de humedales. En el caso de los palmares inundables, la reserva promedio de carbono de sólo tres sitios fue de 8 kg C m^{-2} ; sin embargo, además de su importancia y función como captador de carbono, dichos humedales brindan un beneficio social debido a los frutos de las palmas en estos ecosistemas. Por lo tanto, este estudio afirma que los humedales mexicanos pueden ser herramientas naturales y rentables para almacenar carbono para mitigar el efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero. Seguir haciendo estudios sobre tal función de los humedales en México, servirá también para contar con datos que puedan ser utilizados en los balances globales de carbono.

Referencias bibliográficas

- Abdul, D., Marín, A., Trombetti, M., San Roman, S. (2021). Carbon Pools and Sequestration Potential of Wetlands in the European Union; European Topic Centre on Urban, Land and Soil Systems, Viena and Malaga: Catalonia, Spain.
- Bridgham, S.D., Megonigal, J.P., Keller, J.K., Bliss, N.B., Trettin, C. (2006). The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands*. 26, 889–916.
- Chastain, S., Kohfeld, K.E. (2017). Blue Carbon in tidal wetlands of the pacific coast of Canada: Commission for Environmental Cooperation's (CEC's) 2015–2016 project, North American Blue Carbon: Next Steps in Science for Policy
- Crooks, S., Rybczyk, J., O'Connell, K., Devier, D.L., Poppe, K., Emmett-Mattox, S. (2014). Blue Carbon Opportunity Assessment for the Snohomish Estuary: The Climate Benefits of Estuary Restoration; Report by Environmental Science Associates, Western Washington University, Earth Corps, and Restore America's Estuaries: Bellingham, WA, USA.

- Nahlik, A.M., Fennessy, M.S. (2016). Carbon storage in US wetlands. *Nature communication*. 7, 13835.
- Mitsch, W.J., Bernal, B., Nahlik, A., Mander, Ü., Zhang, L., Anderson, C.J., Jørgensen, S.E., Brix, H. (2012). Wetlands, carbon, and climate change. *Landscape Ecology*. 28, 583–597.
- Marín-Muñiz, J.L., Hernández, M.E., Moreno-Casasola, P. (2014). Comparing soil carbon sequestration in coastal freshwater wetlands with various geomorphic features and plant communities in Veracruz, Mexico. *Plant and Soil*. 378, 189–203.
- Raw, J., Julie, C., Adams, J. (2019). A comparison of soil carbon pools across a mangrove-salt marsh ecotone at the southern African warm-temperate range limit. *South African Journal of Botany*. 127, 301–307.
- Vega-López, E. 2008. Valor Económico Potencial de las Áreas Naturales Protegidas Federales de México como Sumideros de Carbono. The Nature Conservancy-Mexico.
- Zamora, S., Zitácuaro-Contreras, I., Betanzo-Torres, E.A., Herazo, L.C.S., Sandoval-Herazo, M.; Vidal-Álvarez, M., Marín-Muñiz, J.L. (2022). Carbon Pool in Mexican Wetland Soils: Importance of the Environmental Service. *Life*, 12, 1032.



Colaboraciones

Humedales: ecosistemas esenciales para el bienestar humano

Monserrat Vidal Álvarez¹



Fuente: <https://www.rtv.org.mx>

Si bien los recursos hídricos son vitales para nuestra existencia, los humedales juegan un papel fundamental e insustituible en el ciclo del agua (CONANP, 2010). Los humedales son definidos como las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, constituyen áreas de inundación temporal o permanente, que están sujetas o no a la influencia de la marea (Mitsch y Gosselink, 2000).

Los humedales incluyen apreciables beneficios sociales, económicos y ambientales en todo el mundo además de pro-

veer servicios muy importantes para el equilibrio ecológico del planeta (MEA, 2005). Entre estos beneficios destacan el proveer un hábitat para la vida silvestre y acuática; fungir como lugares de enseñanza, investigación y recreación; propiciar el reciclaje y la transformación de nutrientes; atenuar los flujos de inundación; recargar acuíferos; retener partículas y contaminantes; estabilizar los suelos, y ser uno de los ecosistemas con mayor productividad (Convención Ramsar, 1971; Breau y Day, 1994). Además, los humedales poseen atributos

¹ Profesora-Investigadora de la Academia de Desarrollo Regional Sustentable, Colver.

especiales como parte del patrimonio cultural de la humanidad, y sirven de base a importantes tradiciones sociales, económicas y culturales locales (Moreno-Casasola et al, 2006).

Día mundial de los humedales

Tal es el caso de la relevancia de estos ecosistemas que el 2 de febrero de 1971 diecinueve países suscribieron en la ciudad iraní de Ramsar, un convenio internacional que lleva el nombre de esta urbe y que obliga a los países firmantes a llevar a cabo una planificación del suelo y del agua que garantice la protección de sus humedales. El Comité Permanente de la Convención decide anualmente los temas de los Días Mundiales de los Humedales, por ejemplo, en el año 2022 el tema fue *"Acción en favor de los humedales para las personas y la naturaleza"*, el año pasado *"Restauración de los humedales"*.

Este 2024, el tema central es: *"Los humedales y el bienestar humano"*; la campaña de este año pone de relieve la gran interconexión entre los humedales y la vida humana, ya que las personas obtienen sustento, inspiración y resiliencia de estos productivos ecosistemas. Es importante destacar que el tema de 2024 subraya la manera en que todos los aspectos del bienestar humano están ligados a la salud de los humedales del mundo. Nos llama a cada uno de nosotros a valorar y proteger los humedales. Cada humedal es importante. Cada esfuerzo cuenta. El mensaje princi-

pal de la campaña de este año es que el bienestar humano está irrevocablemente ligado al estado de los humedales del mundo. Dependemos de estos ecosistemas que sustentan la vida. Pero deben estar sanos para que puedan seguir proporcionándonos agua y alimentos, apoyando la biodiversidad, proporcionando medios de vida, protegiéndonos contra fenómenos meteorológicos extremos y mitigando el cambio climático (Ramsar, 2024). La campaña de este año destaca tres mensajes principales:

- Invertir en el uso sostenible de los humedales significa invertir en el futuro de la humanidad.
- Los humedales pueden aportar a las ciudades y a sus habitantes múltiples beneficios económicos, sociales y culturales que apoyan el bienestar humano.
- La restauración de los humedales es esencial para superar la crisis del clima y la biodiversidad, así como para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en beneficio de todas las personas.

Sitios Ramsar en Veracruz, México

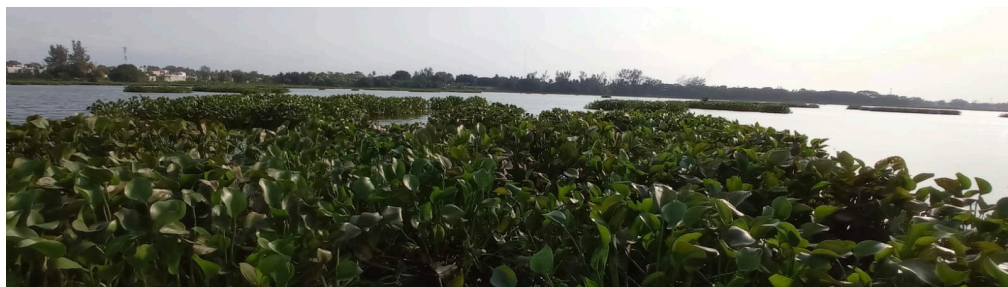
El Sistema de lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz (SLCV) se localiza en el municipio de Veracruz, el cual se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas extremas: al norte 19°16', al sur 19°06' de latitud norte; al este



96°06´ y al oeste 96°20´ de longitud oeste. Las lagunas se encuentran en la periferia de la ciudad de Veracruz, hacia el poniente de ésta. Son lagunas interdunarias de agua dulce, someras, que se establecen debido al afloramiento del manto freático. Constituyen sistemas poco frecuentes en el resto del país por lo que tienen un valor especial regional. Comprenden distintos tipos de humedales, tales como vegetación flotante y sumergida, vegetación emergente además de que reciben numerosas especies de aves playeras y acuáticas y se localizan en la ruta del corredor migratorio de aves rapaces más grande del mundo. Los ambientes en cuestión son considerados como hábitats críticos y con atributos especiales como son unicidad y biodiversidad (Sarabia, 2004). Tienen funciones tales como carga y recarga del manto freático, retención de sedimentos, mantienen la calidad del agua y son soporte para distintos hábitats; son sitios de descanso de aves migratorias y de reproducción de organismos locales, tienen influencia en las condiciones microclimáticas del área sirviendo también para diferentes actividades humanas como pesca de autoconsumo, recreación y mejoramiento de la calidad de vida (FIR, 2004).

Es de gran relevancia, resaltar que en el estado de Veracruz se ubica el Área Natural Protegida Laguna Olmeca (ANP-Laguna Olmeca); misma que forma parte del sitio Ramsar SLCV que incluye además a otras 17 lagunas. Desafortunadamente esta ANP se ha visto gravemente impactada por diversas actividades antropogénicas, entre las que destacan: el crecimiento poblacional, la expansión de la marcha urbana en el estado de Veracruz, el desarrollo y crecimiento urbano nulo o poco planificado, la falta de políticas de planificación y ordenamiento de los recursos hídricos incluyendo al SLCV, así como la falta de conocimiento de los múltiples servicios socioambientales que nos provee la Laguna Olmeca.

Una de las problemáticas de mayor urgencia a tratar en el sitio es la descarga de aguas residuales de los fraccionamientos aledaños que realizan directamente a este cuerpo de agua. Por otro lado, algunas características como la proliferación de lirio, el color y el olor del agua en algunos puntos de la laguna han generado desconfianza y conflictos entre los habitantes sobre la calidad del agua y la seguridad sanitaria alrededor de la misma.



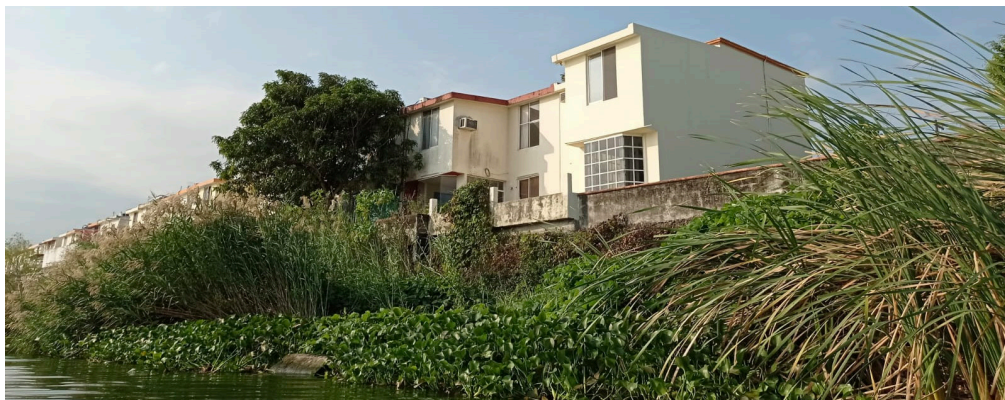
Fotografía: Monserrat Vidal Álvarez



Fotografía: Monserrat Vidal Álvarez

Por lo anterior, resulta de amplia importancia realizar una caracterización físico-química de la calidad del agua de la laguna. Actualizar el Índice de Calidad del Agua (ICA) mediante la caracterización de contaminantes presentes en la

laguna y realizar comparaciones para conocer el estado actual de la laguna. De esta manera se puedan ofrecer elementos para diseñar y establecer las estrategias para su tratamiento y/o restauración adecuada.



Fotografía: Monserrat Vidal Álvarez

Cabe recalcar que, las lagunas representan ambientes acuáticos con una considerable variación de sus parámetros ambientales, promovida por el comportamiento hidrodinámico de estos sistemas (Pinto, et al. 2001) y que esta variación de las concentraciones de nutrientes y sus fuentes son primordiales en todos los ecosistemas acuáticos (Nixon, 1981). En este mismo orden de

ideas, una de las amenazas a las que están sujetas las lagunas del estado de Veracruz, es al excesivo aporte de nutrientes provenientes de las actividades humanas y en donde las aguas residuales reciben escaso o nulo tratamiento (Nyenje et al., 2010; Vargas-González et al., 2014). Estas descargas excesivas de nutrientes generan disturbios ambientales como la eutrofización, definida



como “un incremento en la tasa de suministro de materia orgánica a un ecosistema” (Nixon, 1995).

Con el desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas para el análisis, la toma de decisiones cuenta con nuevas herramientas que permiten abordar la solución de problemas relacionados con la gestión de los recursos hídricos (Vidal-

Álvarez et. al, 2022). El análisis y la evaluación de la calidad del agua descrita en este trabajo a partir de la utilización de herramientas SIG resulta relevante, ya que incluye información visual y espacial que puede estar disponible como complemento al diseño y planeación de futuras estrategias de restauración del sitio.

Referencias bibliográficas

- Breaux, A.M. y Day, Jr., 1994. Policy considerations for wetland wastewater treatment in the coastal zone: a case study for Louisiana. *Coastal Management* 22: 285-307.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2010. www.conanp.gob.mx
- Convención de Ramsar sobre los humedales. 1971. *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*. UNESCO. Ramsar, Irán. <http://www.ramsar.org/indexsp.htm>, http://www.ramsar.org/key_conv_e.htm.
- Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR), 2004. Recuperado de: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1450RIS.pdf>
- Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis*. 2005. World Resources Institute, Washington, D.C. 68 pp. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>.
- Mitsch, W.J. y J. Gosselink. 2000. *Wetlands*. Tercera edición. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Moreno-Casasola P., E. Peresbarbosa R. y A.C. Travieso-Bello (Eds.). 2006. *Estrategias para el Manejo costero integral: el enfoque municipal*. Instituto de Ecología A.C., 00 CONANP y Gobierno del Estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Ver. México. 1266 pp.
- Nixon, S.W. (1981). Freshwater inputs and estuarine productivity: Proceedings of the National Symposium on Freshwater inflow to Estuaries. U.S. Fish and Wildlife Service. U.S.A. In: Cross, R.D & D. Williams (EDS).
- Nixon, S.W. (1995). Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41, 199–229.
- Nyenje, P.M., Foppen, J.W., Uhlenbrook, S., Kulabako, R., y Muwanga, A. (2010). Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa- A review. *Science of the Total Environment*, 408, 447–455.

- Pinto A, Von Sperling E, Moreira R. (2001). Chlorophyll-a Determination via Continuos Measurement of Plankton Fluorescence: Methodology Development. *Water Res.* 35(16): 3977-3981.
- RAMSAR, 2024. <https://www.ramsar.org/es/news/dia-mundial-de-los-humedales-2024>.
- Sarabia-Bueno, C.C. 2004. Sistema Lagunar de la ciudad de Veracruz, México. Propuesta de manejo bajo la visión de Proyección y Gestión Ambiental. Colegio de Postgraduados. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Veracruz, México. 325pp.
- Vargas-González, H.H., Arreola-Lizárraga, J.A., Mendoza-Salgado, R.A., Méndez-Rodríguez, L.C., Lechuga-Devéze, C., Padilla-Arredondo, G., y Córdoba-Matson, V. (2014). Effects of sewage discharge on trophic state and water quality in a coastal ecosystem of the Gulf of California. *The Scientific World Journal*, DOI:10.1155/2014/618054.
- Vidal-Álvarez M., Marín-Muñiz, J. L., & Hernández, D. (2022). Indicador de la calidad del agua, caso de estudio: Laguna Olmeca, Veracruz, México. *Journal of Basic Sciences*, 8(23), 122-132.



Colaboraciones

Lagunas interdunarias de Veracruz: oportunidad única para el desarrollo urbano sustentable en la costa

Hugo López Rosas¹

El Área Natural Protegida (ANP) de competencia estatal “Sistema de Lagunas Interdunarias de Veracruz” es un conjunto de 33 lagos de agua dulce ubicados en los terrenos más bajos de los municipios de Veracruz y La Antigua (figura 1). Dieciocho de estos lagos comprenden el Sitio Ramsar no. 1450 “Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz”. El nombre oficial de esta ANP es “Archipiélago de Lagunas Interdunarias de la zona conurbada de los Municipios de Veracruz y La Antigua” y cubre una superficie de 944.26 hectáreas. Se denominan “interdunarias” porque, originalmente, el territorio que ahora ocupa la ciudad-puerto de Veracruz, era un sistema de dunas costeras con hondonadas temporal o permanentemente inundadas (figura 2). El desarrollo urbano en la ciudad de Veracruz inició con el establecimiento de asentamientos humanos y construcción de vialidades en las zonas elevadas de las dunas, evitando las zonas bajas, inundadas o inundables. En la actualidad, es difícil percibir el sistema de dunas, pues este quedó bajo las construcciones y pavimento, pero quedan vestigios del sistema dunar, como son las hondonadas

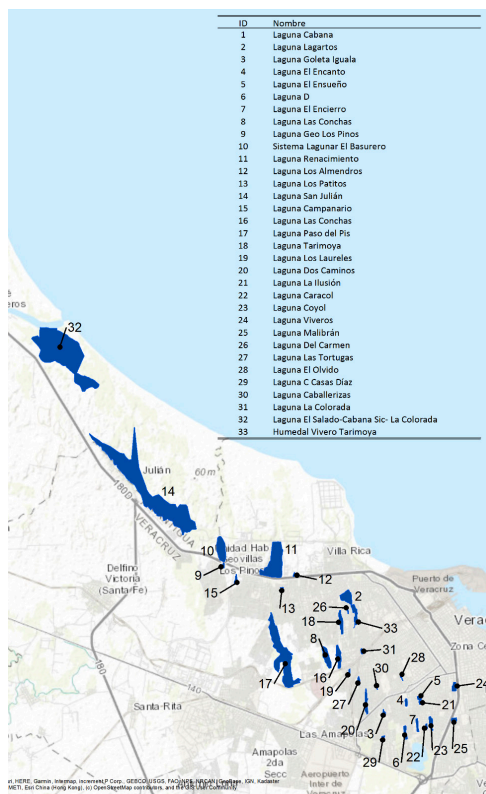


Figura 1. Distribución de los lagos de agua dulce del Área Natural Protegida en los municipios de Veracruz y La Antigua. Autor: Roberto Monroy Ibarra.

inundables en forma de lagos poco profundos, de no más de un metro de profundidad.

¹ Profesor-Investigador de la Academia de Desarrollo Regional Sustentable, Colver.



Figura 2. Hondonada inundable de duna costera en el municipio de Actopan, Veracruz. La ciudad puerto de Veracruz se estableció sobre in sistema de dunas similar al de la foto. Autora: Patricia Moreno-Casasola.

El Decreto del ANP se publicó en noviembre de 2016 y ya cuenta con un Resumen de Programa de Manejo Oficial desde noviembre de 2018, donde se establecen los reglamentos, normas y programas para el uso sustentable de sus recursos. Abarca todas las lagunas y no enfoca particularidades de las mismas.

Esta ANP está compuesta de vegetación acuática típica de humedales de agua dulce (hidrófitas) que bordea los cuerpos de agua que, a su vez, son hábitat² de fauna acuática, como aves residentes y migratorias, tortugas de agua dulce, cocodrilos, serpientes, distintas especies de anfibios y peces. Son humedales valiosos porque prestan servicios ecosistémicos vitales para los asentamientos humanos. De acuerdo con un diagnóstico rápido, elaborado en El Colegio de Veracruz, los servicios eco-

sistémicos más importantes son:

- Servicios de regulación: control de inundaciones/sequías, purificación de agua y tratamiento de residuos. Estos humedales son usados como “vasos reguladores”, pues el escurrimiento del agua de lluvia es dirigido a través del drenaje pluvial hacia ellos, evitando así la inundación de vialidades y asentamientos humanos.
- Servicios de provisión: fuente de alimento, pues son utilizados para pesca de mojarra, tanto para venta al público como de subsistencia (figura 3).
- Servicios de apoyo: hábitats para especies de aves, reptiles, peces y anfibios, principalmente. A diferen-

² La palabra “hábitat” hace referencia al espacio ecológico donde la fauna encuentra condiciones para completar su ciclo de vida: alimento, refugio y reproducción.



Figura 3. Pesca de mojarra en la laguna La Ilusión, una de los 33 lagos interdunarios del Área Natural Protegida. Autora: Patricia Moreno-Casasola.

cia de otros ecosistemas costeros, como los manglares, los humedales de agua dulce son hábitat importante para anfibios (ranas, sapos, salamandras), pues este grupo animal no tolera la salinidad y es altamente dependiente de la presencia de agua limpia.

- Servicios culturales: educación, recreación, investigación. Los lagos son atractivos visualmente, por lo que representan una oportunidad para dedicar espacio a la contemplación, reflexión, espiritualidad. Un espacio para la tranquilidad.

A pesar de que estos humedales brindan servicios valiosos para las personas residentes y visitantes de la ciudad, y a pesar de estar delimitadas como ANP, la conservación de su integridad ecológica está amenazada por distintos factores. Entre estos, se encontraron los siguientes:

- Todas las lagunas se alimentan de agua del manto freático y de lluvia. Tienen escurrimientos pluviales y arrastre de sedimentos de las calles vecinas. Se conectan por el agua subterránea de dos acuíferos distintos que influyen en los niveles de inundación, y algunas de ellas están conectadas artificialmente. Durante el escurrimiento, el agua arrastra además grasas y otros lubricantes de talleres mecánicos que hacen manejo inadecuado de sus residuos, y que se vierten finalmente en los lagos. También se arrastran residuos sólidos, principalmente plásticos, que bloquean el flujo de las alcantarillas, tapándolas, y provocando inundaciones en las calles y casas vecinas.

- El sitio presenta un grado de perturbación alta. La región se encuentra presionada de manera negativa

por diferentes factores como son los asentamientos humanos, zonas industriales, descargas de aguas residuales domésticas, depósito de escombros (figura 4) y desecación, entre otros. Durante décadas, las presiones de las actividades económicas sobre este sistema de lagos han venido aumentando y gran

parte de las lagunas han sufrido una severa degradación.

- Aunado a las presiones antrópicas, estos ecosistemas están afectados por extremos climáticos, tales como años muy lluviosos (producen inundaciones), o años muy secos (algunas se secan).



Figura 4. Depósito de escombros y otros residuos sólidos en la Laguna Casas Díaz, una de los 33 lagos interdunarios del Área Natural Protegida. Autor: Hugo López Rosas.

El Colegio de Veracruz colabora con profesores, investigadores, estudiantes y técnicos del Instituto de Ecología, A.C., del Instituto Tecnológico de Veracruz, así como investigadores posdoctorales con apoyo del CONAHCYT en la ejecución de un proyecto de impacto ambiental y social³, con el objetivo general de sentar las bases para el plan de manejo de los lagos “El Coyol” y “Laguna D” de esta ANP y diseñar y aplicar un programa de apropiación del conocimiento para escuelas secundarias urbanas sobre el funcionamiento de la zona costera y la impor-

tancia de los servicios ecosistémicos costeros. A la fecha, ya se cuenta con participación de actores locales en talleres de planeación estratégica para la conservación de los humedales (figura 5), así como monitoreo de la línea base de la calidad del agua (figura 6). Los resultados preliminares han mostrado altos niveles de contaminación por coliformes fecales y altos niveles de eutrofización por exceso de vertido de materia orgánica, principalmente en la Laguna D, donde se vierte el agua residual de las plantas de tratamiento de

³Proyecto “Hacia un manejo sustentable de la costa veracruzana: las lagunas interdunarias (INECOL1085430005”.



Grupo MAS, la empresa privada que brinda el servicio de agua y saneamiento al Municipio de Veracruz.

Se espera que, en una etapa avanzada de este proyecto, se logre fortalecer la

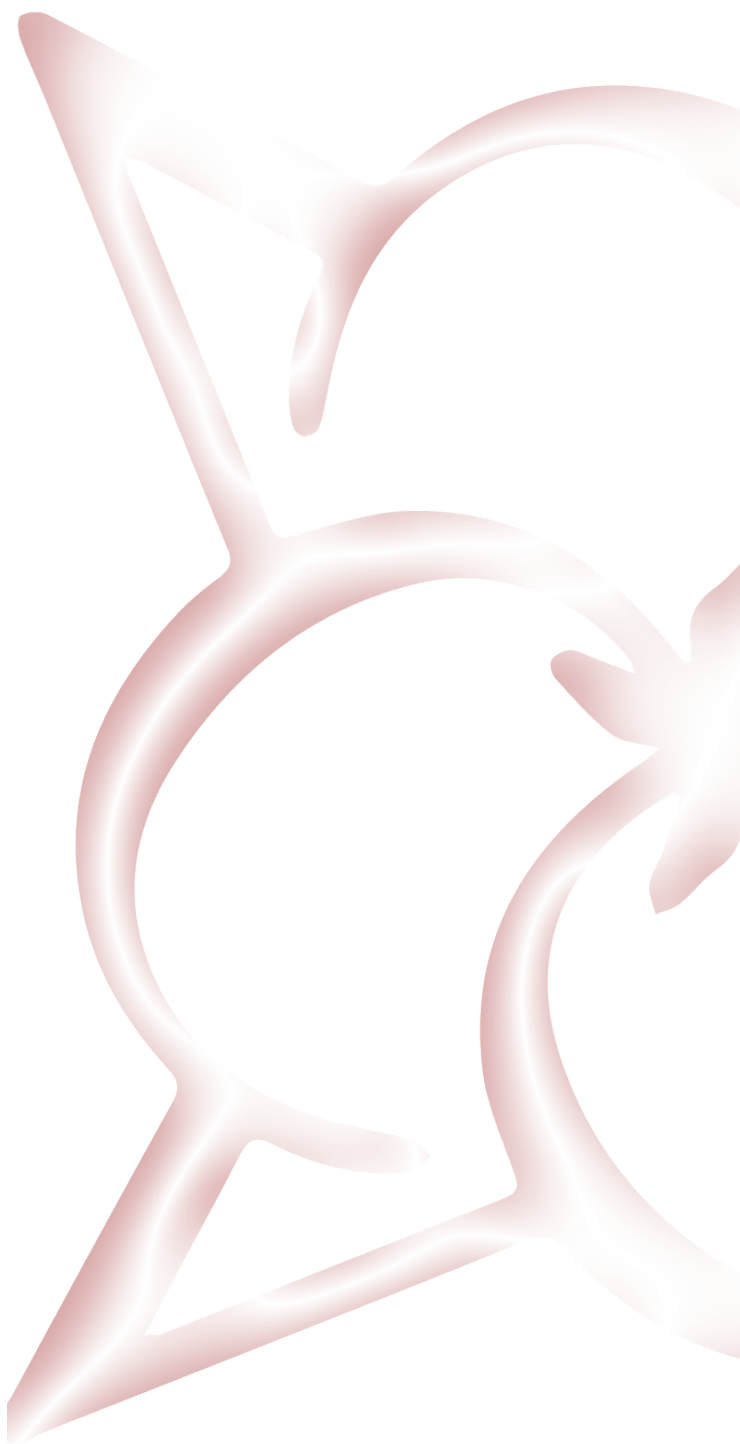
base social que asegure la conservación y el aprovechamiento sustentable de estos dos humedales, así como lograr un modelo de referencia para extenderlo a otras lagunas de esta importante ANP.



Figura 5. Talleres participativos con vecinos de la Laguna Casas Díaz, una de los 33 lagos interdunarios del Área Natural Protegida. Autor: Hugo López Rosas.



Figura 6. Muestreo de agua para monitoreo de calidad en Laguna D. Trabajo hecho en colaboración con profesores, investigadores, estudiantes y técnicos de distintas instituciones académicas. Autor: Hugo López Rosas.





Colaboraciones

Los humedales urbanos y el bienestar de los Xalapeños ante el cambio climático

María Elizabeth Hernández Alarcón¹

Amado Enrique Navarro Fromenta²

Paula Monserrat Crespo Barrera²

Marco Vinicio Hernández Salazar²



Fotografía: La Jornada Veracruz

Los humedales son zonas de transición entre ecosistemas terrestres y acuáticos, que se caracterizan porque el suelo está inundado o saturado de agua (fango) y poseen vegetación adaptada a vivir bajo condiciones de inundación (Hernández, 2021). Los humedales urbanos y periurbanos se definen como aquellos que se encuentran dentro y alrededor de las ciuda-

des y sus suburbios. Los humedales se localizan desde las partes altas hasta las partes bajas de las cuencas. La ciudad de Xalapa, cuyo nombre significa manantial en la arena, no es una ciudad costera, sin embargo, posee humedales, aunque poco conocidos y valorados. En la figura 1, se muestra la ubicación de algunos humedales de Xalapa (Hernández, 2021).

¹ Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, Instituto de Ecología A.C. elizabeth.hernandez@inecol.mx.

² Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros.

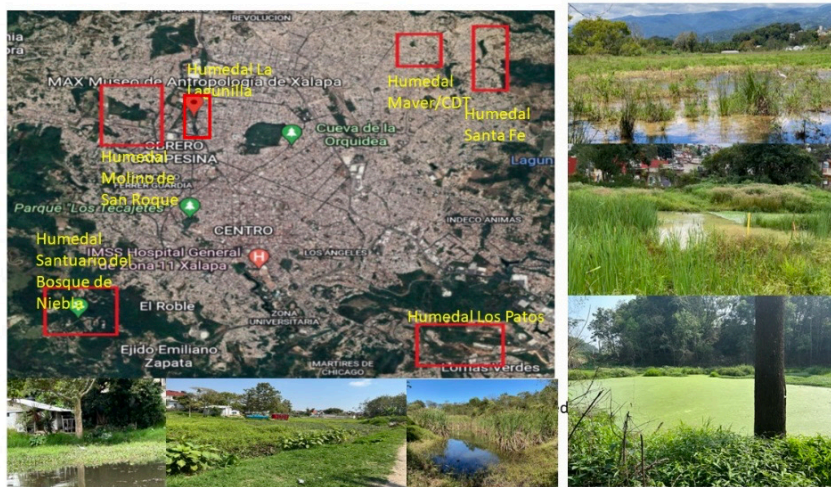


Figura 1. Localización y vista de algunos humedales de la ciudad de Xalapa, Veracruz

Los servicios ambientales se definen como las contribuciones directas e indirectas que los ecosistemas proporcionan al bienestar humano. Un concepto nuevo son las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) que abarca a todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria y el riesgo de desastres. En un entorno urbano, los humedales son un ecosistema invaluable que puede ayudar a mitigar los efectos adversos del cambio climático como las inundaciones. Los humedales urbanos pueden amortiguar parte de la escorrentía de la precipitación y disminuir la velocidad a la que se drena, mitigando así las inundaciones. Este es un nuevo enfoque en comparación con los sistemas de drenaje rápido que utilizan zanjas y tuberías. Otro beneficio de los humedales es que los contaminantes son eliminados por la vegetación y el sedimento,

lo que mejora significativamente la calidad de la escorrentía. Además, recientemente se ha reportado que los humedales urbanos ayudan a tener ciudades con temperaturas más frías, lo cual es muy relevante debido al aumento de la temperatura ambiental por el calentamiento global. Finalmente, la belleza estética de un humedal con un espejo de agua y aves visitándolo es un espectáculo visual y recreativo para los habitantes ciudadanos que demandan por sitios de recreación donde se puedan relajar y disminuir el estrés.

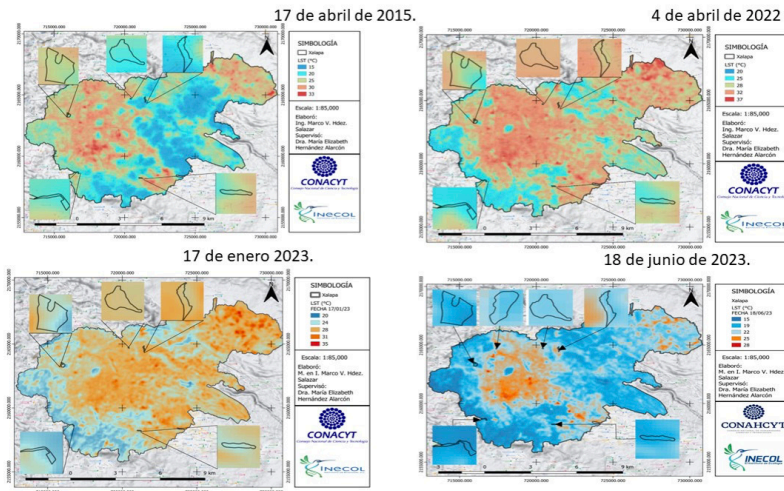
A través de un proyecto de investigación e incidencia (proyecto PRONAH 316500) se han cuantificado algunos de los servicios ambientales de varios humedales urbanos de Xalapa, Veracruz. Se ha evaluado que tanto los humedales mitigan las islas de calor en la ciudad. Esto se ha realizado a través de imágenes satelitales, que son como fotografías tomadas desde el espacio al globo terráqueo y



con la utilización de algoritmos matemáticos se calcula la temperatura de la tierra. Se ha encontrado que la temperatura en las zonas donde no hay áreas verdes y humedales pueden llegar a estar hasta 10 grados centígrados más calientes que las zonas donde hay bosque y humedales y que los humedales de menor tamaño, como el humedal Maver, ya no proporciona el efecto de enfriamiento como los humedales más gran-

des (Figura 2). En el contexto del futuro donde cada año incrementarán las temperaturas ambientales, dichos resultados resultan relevantes e implican que la conservación de los humedales urbanos es importante para que las futuras generaciones puedan disfrutar de parques donde puedan refrescarse, ya que no todos tendrán acceso a aires acondicionados en sus casas.

Figura 2 Mapas de Temperatura de la superficie terrestre usando imágenes Landsat 8, en diferentes fechas



El cambio climático y calentamiento global se debe al aumento en la atmósfera de la concentración de gases de efecto invernadero, principalmente el CO_2 (bióxido de carbono), producido por actividades antropogénicas como el uso de combustibles fósiles (gasolina, carbón, diesel). Los ecosistemas a través de la vegetación pueden capturar el CO_2 de la atmósfera y disminuir dichas concentraciones. La materia orgánica producida por la vegetación eventualmente llega al suelo en donde se secuestra,

por largo tiempo. De allí que la conservación de los ecosistemas es muy importante para la mitigación del cambio climático y el calentamiento global (Hernández y col. 2016). En los humedales, el carbono es capturado a través de la fotosíntesis que llevan a cabo las plantas a través de la transformación del bióxido de carbono y la luz solar a tejido vegetal. Los humedales son de los ecosistemas más productivos, lo que significa que las plantas cercen mucho y generan mucho tejido vegetal capturando el

bióxido de carbono de la atmósfera. La materia orgánica presente en los tejidos vegetales cuando las plantas mueren llega a los suelos y debido a las condiciones reducidas (poco oxígeno) provocadas por la presencia de agua, se descompone muy lentamente favoreciendo la acumulación de carbono en el suelo (Hernández 2010). Se ha evaluado cuanto carbono se encuentra almacenado en los suelos de 5 humedales de Xalapa. Se tomaron varias muestras de suelo hasta una profundidad de 1 m en cada humedal y se seccionaron cada 10 cm y se les determinó en el laboratorio el contenido de carbono orgánico. Se encontró un promedio de 505 toneladas de carbono por hectárea almacenado en los suelos a una profundidad de 1 metro. Nuestra vida diaria agrega diariamente gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera. Por ejemplo, en promedio, las emisiones de carbono a la atmósfera por el uso de diferentes tipos de automóviles son de 611 kg de carbono por año

(Hernández & Moreno-Casasola, 2023). Tomando en cuenta el almacén de carbono encontrado, resulta que una hectárea del suelo de los humedales de Xalapa, capturan las emisiones de un año de 826 automóviles, mitigando el calentamiento global. ¡Qué bueno que en Xalapa contamos con los humedales para compensar por nuestras actividades en autos!

También se ha evaluado la capacidad de los humedales para filtrar el aire de Xalapa. Se encontró que la concentración de hidrocarburos policíclicos en el aire que son el resultado de la combustión de gasolina, es menor cerca de las áreas verdes con humedales y más alta en las zonas con pavimento lejos de las áreas verdes y humedales (Figura 3). Lo anterior implica que la presencia de humedales urbanos ayudan a tener aire más limpio, lo cual es beneficioso para la salud de los Xalapeños.

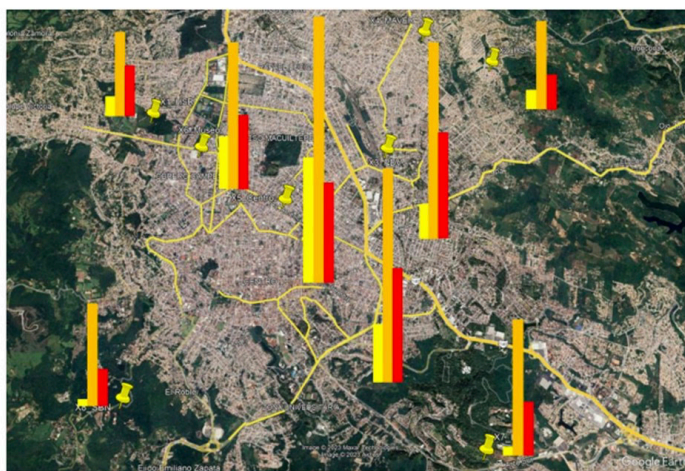


Figura 3.-Concentraciones de los Hidrocarburos aromáticos policíclicos de 2, 3 y 4 anillos en el aire de diferentes puntos de la Ciudad de Xalapa.

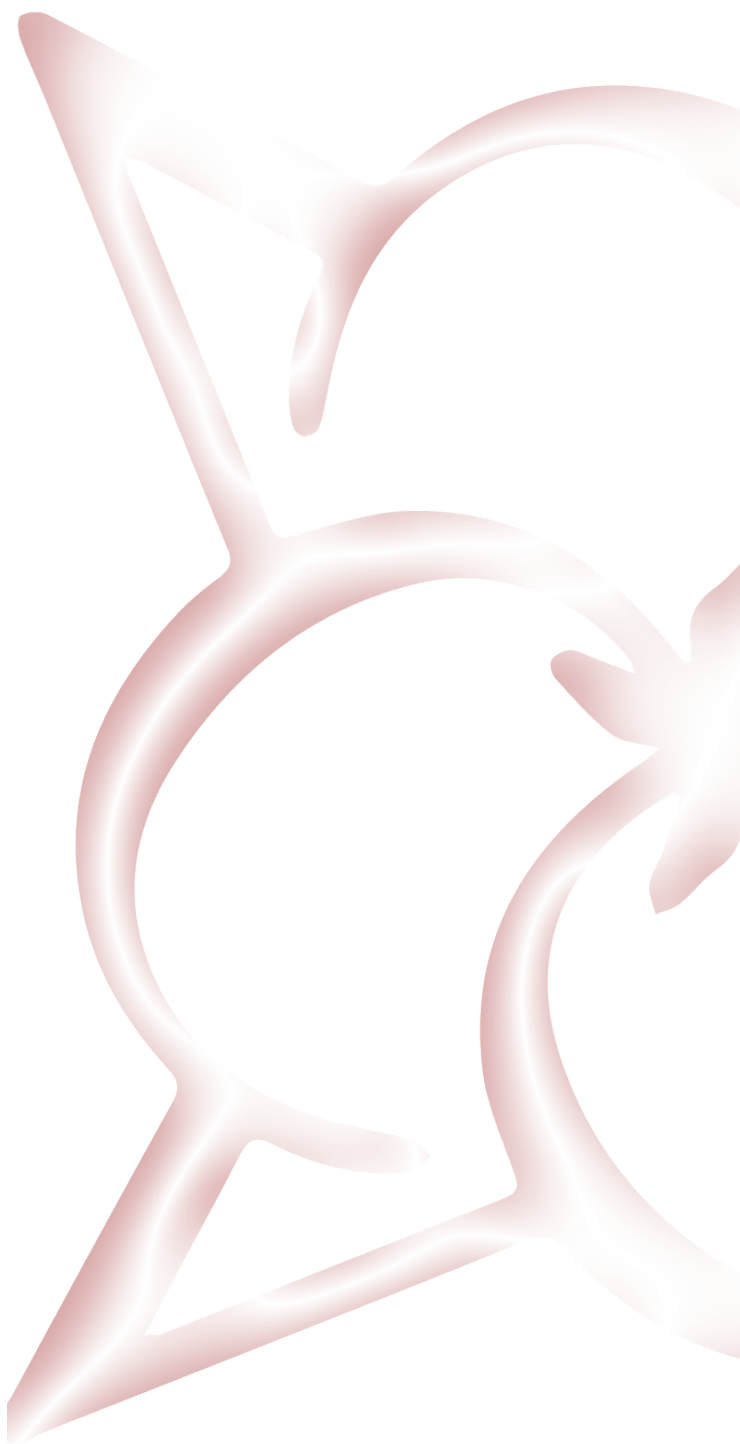


En conclusión, de acuerdo con la cuantificación de los servicios ambientales realizados, los humedales proveen ambientes más frescos, mitigan las emisiones de bióxido de carbono emitidas por el uso de automóviles y limpian el aire, todo esto es beneficioso para los habitantes de la ciudad por lo que hay que proteger, conservar y restaurar los humedales urbanos para que se pueda seguir disfrutando de los beneficios que proveen.

Te preguntarán ¿Que puedes hacer para proteger a los humedales urbanos? Hay varias cosas sencillas en tu día a día que puedes hacer en favor de los humedales, por ejemplo, no tirar basura en la calle o sacar la basura si no ha tocado la campana del camión, ya que la basura tirada en la calle es arrastrada por el agua y llega al humedal, dañándolo. No permitas que tu drenaje se vierta en el humedal, no pastorees animales en el humedal y participa en jornadas ciudadanas de mantenimiento y educación ambiental sobre humedales.

Referencias bibliográficas

- Hernández, M.E., (2010). El papel de los suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*. 28:139-147.
- Hernández Alarcón, M.E., Campos Cascaredo, A., Marín Muñiz J.L., Moreno-Casasola, P. (2016). Almacenes de Carbono en selvas inundables, manglares, humedales herbáceos y potreros inundables. En: *Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz* (Ed: Moreno-Casasola, P.). INECOL - ITTO - CONAFOR - INECC. Pp. 121-129
- Hernández, M.E. (2021). Humedales de Xalapa: tesoro desconocido. El portal veracruzano. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/etica-conflictos-intereses/17-ciencia-hoy/1261-humedales-de-xalapa-tesoro-desconocido> 2 de Febrero de 2021.
- Hernández M.E. 2021. Los humedales urbanos, un tesoro desconocido y muy amenazado en el Estado de Veracruz. *El Jarocho Cuántico* 2(17):5
- Hernández, M.E. & Bastián-Lima V. (2022). Diagnóstico sociohidrológico de tres humedales urbanos de Xalapa, Ver., México. *Revista Ambiens Techné et Scientia México* 10 (2):189-204. <https://atsmexico.org/atsm/article/view/vol10num2>
- Hernández, M.E. & Moreno-Casasola, P. (2023). Humedales como soluciones basadas en la naturaleza para el bienestar de los Veracruzanos. *El Jarocho Cuántico* 4(46):6





Colaboraciones

Comités ciudadanos para la conservación de humedales urbanos: estudio de casos de Xalapa, Veracruz

Violeta A. Bastián Lima^{1,2}

Isabel Patricia Bello Hidalgo¹

María Elizabeth Hernández Alarcón¹



Fotografía: <https://formato7.com/>

En la Cumbre de la Tierra, celebrada en Estocolmo en 1972, se enunció que la protección del medio ambiente debe acompañarse del desarrollo social y económico. Por ello, en encuentros similares de años posteriores, se trató sobre la necesidad de generar capacidades en las poblaciones locales. En América Latina, la capacidad se plantea en la Agen-

da 2030 desde dos perspectivas. La primera, enfatiza el fortalecimiento institucional del sector público, sociedad civil, sector académico y el sector privado. La segunda, sugiere aumentar la capacidad de las comunidades locales para perseguir oportunidades de subsistencia sostenibles (CEPAL-ONU, 2018).

¹ Red de Manejo Biotecnológico de Recursos. Instituto de Ecología A.C.

² Posdoctorante CONAHCYT.

Esto es, la gestión socioambiental debe verse como una responsabilidad compartida, como una acción conjunta entre las instituciones, las organizaciones no gubernamentales, la empresa privada y la comunidad, para lograr objetivos de desarrollo económico y sostenible, así como la conservación de los recursos naturales y del ambiente (Salgado y Ruiz, 2021). En consecuencia, ha sido necesario establecer el enfoque a emplear en la gestión socioambiental, con la finalidad de incluir un marco conceptual y metodológico que incluya las bases para generar planes de manejo y monitoreo, así como la integración de acciones de comunicación, difusión, socialización y la participación ciudadana con el sector de investigación científica en colaboración con el Gobierno.

Los humedales son sistemas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que se caracterizan porque el suelo está inundado de manera temporal o permanente, permitiendo el desarrollo de vegetación acuática. Estos ecosistemas proveen varios servicios ambientales que en un entorno urbano ayudan a la adaptación al cambio climático, de allí que su conservación/restauración es relevante.

¿Cómo iniciar la conformación de Comités Ciudadanos?

Para que pueda existir participación ciudadana en la conservación, primero se debe informar a la sociedad, capacitarla y sensibilizarla, en estos casos de

estudio se realizaron dichas acciones con primordial énfasis a ciudadanos aledaños a cuatro humedales urbanos de Xalapa; Veracruz, de tal forma que fue posible identificar a los actores claves que formarían parte del comité ciudadano. Con los actores sociales identificados, quienes comparten como interés común la amenaza en la que se encuentran los humedales urbanos, es posible iniciar los procesos participativos, involucrándolos en el proyecto de rehabilitación y conservación de los humedales desde su fase inicial hasta el final.

El presente estudio de casos se refiere a los comités ciudadanos instaurados dentro del proyecto PRONAH 316500 “Rehabilitación de humedales urbanos con participación ciudadana para mitigar la emisión de gases efecto invernadero, disminuir la temperatura ambiental y mitigar las inundaciones en Xalapa, Veracruz”. Para la conformación de comités ciudadanos guardianes de los humedales (CCGH) se plantearon dos ejes de ejecución: Gestión socioambiental y la capacitación de los comités a través de la Educación Ambiental (EA). Los comités se integraron a partir de ciudadanos que viven cercanos a un humedal urbano, excepto un comité quien está conformado por diversos actores interesados en la conservación del humedal, aun cuando no vivan alrededor de este. Los comités son guiados por un grupo asesor que puede contemplar tanto actores académicos como autoridades gubernamentales.



Sitios de estudio

El proyecto PRONAI 316500 formó los comités en cuatro humedales urbanos de montaña localizados en la ciudad de Xalapa, Veracruz quienes comparten problemáticas de relleno con escombros, pastoreo de animales y descargas

de aguas residuales. Los humedales urbanos en estudios son: Humedal Molino de San Roque (HMSR), Humedal el Tronconal (HT), Humedal La Lagunilla (HL) y el Humedal los Patos (HLP), localizados dentro de la mancha urbana de la ciudad de Xalapa (Figura 1).

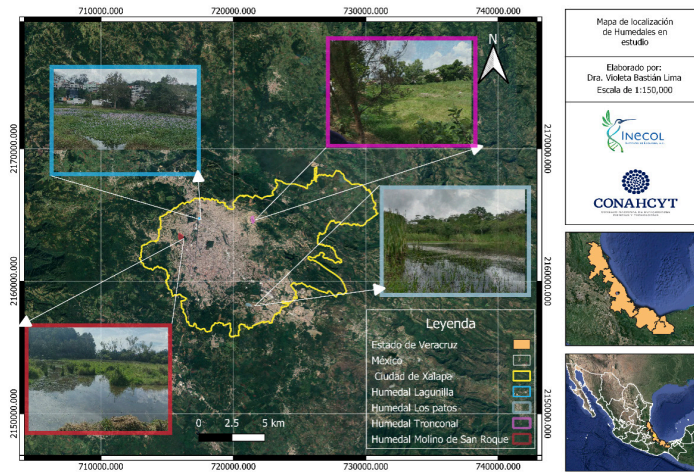


Fig. 1 Humedales urbanos de estudio: Humedal Molino de San Roque, Humedal del Tronconal, Humedal La Lagunilla y Humedal Los Patos.

Creación de Comités ciudadanos

Con la finalidad de conformar comités ciudadanos sensibilizados y comprometidos en participar en la rehabilitación y conservación de los humedales urbanos, como primer acercamiento a la población que vive cerca de un humedal, el grupo asesor realizó una reunión informativa acerca de lo que es un humedal y los servicios ambientales que brindan a la sociedad, además de dar a conocer el diagnóstico ambiental que se tiene de los humedales urbanos en estudio. A continuación, se describen avances correspondientes al eje de ejecución

de la Gestión socioambiental en las etapas de planeación, ejecución y monitoreo participativo de los CCGH urbanos.

En la etapa de planeación, se realizó el levantamiento de información para seleccionar a los actores claves que participarían voluntariamente en la conformación de comités ciudadanos para fungir como guardianes de los humedales. Posteriormente, en la etapa de ejecución, cada comité realizó la programación anual de actividades para la conservación de su humedal vecino. Mientras que, en la etapa del monitoreo participativo los integrantes de los CCGH

supervisan, analizan, reflexionan y obtienen sus propias conclusiones lo que les permite estar adecuando su programación anual de acuerdo a limitaciones y fortalezas para conservar o rehabilitar su humedal vecino.

Características de los CCGH

1. **Comité ciudadano guardianes del humedal Molino de San Roque (CCGHMSR)**, instaurado en noviembre del 2021, en la actualidad vigente y con asambleas mensuales que se celebran el primer sábado de cada mes. En las asambleas se informa de las actividades, se planea y se promueve la participación tanto del grupo asesor como del comité ciudadano, el número de miembros del comité disminuyó, de 15 miembros a 6 para el 2024. El comité se mantiene activo, a pesar de la minoría de integrantes su participación es constante, tanto en asambleas como en talleres de capacitación y jornadas de limpieza. Han iniciado a gestionar acciones en benefi-

cio del humedal; se encuentran sensibilizados en la importancia de conservar las entradas de agua pluvial al humedal. Una de las fortalezas ha sido el surgimiento de una nueva generación de guardianes del humedal denominados guardianitos, es un grupo de 13 niños y jóvenes que han recibido capacitación y EA mediante pláticas, talleres y cursos de verano para concientizarlos en el cuidado de los humedales. En la Figura 2, se muestra a los integrantes del CCGHMSR y la exposición de los resultados de las actividades del comité durante el periodo 2021 – 2023 a evaluadoras del CONAHCYT.

2. **Comité ciudadano guardianes del humedal Tronconal (CCGHT)**, instaurado en abril del 2022, se realizaron asambleas el último sábado de cada mes, además de llevar a cabo actividades de limpieza y talleres de EA. El CCGHT se conformó por ciudadanos, específicamente de las colonias Lomas de Santa Fe y 6 de junio. Este comité inició con gran afluencia y manifestación de interés para rehabilitar



Fig. 2 Actividades realizadas en el Humedal Molino de San Roque por el CCGHMSR y el grupo asesor.



y conservar el HT. Sin embargo, en las asambleas del CCGHT se manifestó la rivalidad entre las colonias que influyen en el humedal. En este sentido, aunque el grupo asesor empleó métodos de diálogo para integrarlos, los resultados no fueron satisfactorios. Por lo tanto, la capacitación mediante talleres de EA se impartió en cada colonia. Los talleres brindaron un efecto positivo en los ciudadanos; durante los trabajos de pavimentación de la colonia 6 de junio algunos de los integrantes del CCGHT realizaron un escrito dirigido a la autoridad municipal para expresar su preocupación por los desvíos de la entrada de agua de lluvia al humedal. Para el año del 2023, las actividades con el comité se detuvieron; debido a la incertidumbre en la tenencia de la tierra del HT no fue posible realizar acciones de rehabilitación, lo que provocó desánimo en el comité y como consecuencia ausencia en las asambleas. En la Figura 3, se presenta la reunión informativa del proyecto PRONAI 316500 para la conformación del comité, asambleas y capacitación a

través de talleres de EA.

3. Comité Ciudadano guardianes del humedal los Patos (CCGHLP), instaurado a finales del año 2022, se firma acta constitutiva en diciembre del mismo año; el 12 de febrero del 2023 se lleva a cabo la primera asamblea y las posteriores se acuerdan para el segundo viernes de cada mes. El comité se conformó por ciudadanos interesados en conservar y rehabilitar el HLP, entre estos destacan dos ciudadanos que argumentan ser los dueños de la propiedad donde se encuentra el HLP. De acuerdo al programa de trabajo del CCGLHP, se realizaron talleres de EA en las instalaciones del INECOL y en el HLP, de igual forma se realizaron faenas de limpieza en el humedal. Sin embargo, en la asamblea de julio 2023 se cancelaron por falta de quórum y en meses posteriores no se realizó convocatoria. Durante el desarrollo del proyecto no ha quedado suficiente evidencia legal para determinar quiénes son los dueños de la propiedad en donde se ubica el HLP. En la Figura 4, se



Fig. 3 Actividades realizadas en el Humedal Tronconal por el CCGHT y el grupo asesor.

muestran asambleas y la impartición de talleres de EA.

4. **Comité Ciudadano guardianes del humedal la Lagunilla (CCGHL)**, instaurado en octubre del 2023, se acordó tener asamblea el segundo martes de cada mes, es el comité de más reciente creación. El CCGHL está conformado por vecinos que viven a los alrededores del humedal. Es importante mencionar que a la fecha (enero 2024) se han realizado

dos faenas de limpieza, señalización y siembra de árboles de especies características de áreas inundables. A pesar de ser un comité de reciente creación, se logra apreciar mayor participación e interés por los ciudadanos en la realización de las actividades de rehabilitación y conservación del HL. En la Figura 5, se presenta la reunión informativa del proyecto PRONAI 316500 para la conformación del comité y actividades de siembra de árboles.



Fig. 4 Actividades realizadas en el Humedal los Patos por el CCGHLP y el grupo asesor.



Fig. 5 Actividades realizadas en el Humedal la Lagunilla por el CCGHL y el grupo asesor.



Reflexiones finales

Los ejes de ejecución de Gestión socio-ambiental y la capacitación a través de la EA fueron implementados en la conformación de cuatro CCGH, constatando actores sociales que persiguen diferentes intereses, estrategias y acciones. Sin embargo, comparten el agrado de vivir cerca de un humedal conservado, en donde puedan observar un ecosistema con belleza paisajística, que lo distinga un espejo de agua, la llegada de aves y la conservación de flora y fauna. Este estudio ha detectado que, el tema de conservación y rehabilitación de humedales es muy importante para todos los actores involucrados. No obstante, la tenencia de tierra se convirtió en un problema para poder realizar acciones de rehabilitación en algunos de los sitios de estudio. De los cuatro humedales, únicamente el HMSR que forma parte de un Área Natural Protegida (ANP) de competencia estatal y el HL quien se encuentra en un régimen de propiedad pública; ha sido posible invertir recursos en acciones y a su vez la concurrencia de autoridades. En contraste, los terrenos donde se ubica el HT y HLP no se tiene la certeza del régimen de la propiedad de la tierra. Esta complejidad ha

dificultado considerablemente el avance del programa anual de actividades que inicialmente se habían planteado los CCG del HT y del HLP.

Por otro lado, es posible destacar que el grupo de actores sociales del CCGHMSR se encuentra en una posición fuerte y constante para participar en actividades de conservación, rehabilitación y EA; se visualizan actores que gestionan intereses en común y realizan una cuidadosa mediación de conflictos para el beneficio de todos los ciudadanos involucrados. Respecto al HL, se espera que el CCGHL, a pesar de ser de reciente creación, desempeñe un papel primordial no solo en la disposición para participar en las diversas actividades de rehabilitación, sino que además asuman compromisos que conlleven a la mejor toma de decisiones en beneficio del humedal y de los vecinos debido a que poseen un área de uso público con presencia de autoridad municipal. Finalmente, el reto es la permanencia de los comités ciudadanos, en espera que un comité fortalecido y capacitado sepa gestionar y mantenerse ante los cambios de administración pública tanto estatal como federal, para trascender en la conservación de su vecino el humedal.

Referencias bibliográficas

- DGG (Dirección General de Geografía). 1998. Carta de uso cartográfico. Gaceta Oficial del Estado. 1986. Decreto No. 356. México.
- Naciones Unidas. 2018. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Salgado, M y Ruiz, N. 2021. Capacidad comunitaria para el manejo de los recursos naturales en el espacio rural: una revisión de sus componentes causales. Sociedad y Ambiente, 24, 2021, ISSN: 2007-6576, pp. 1-31. doi: 10.31840/sya.vi24.2274



Colaboraciones

Intervenciones diagnósticas acerca del conocimiento sobre humedales y sus servicios ambientales en Xalapa, Veracruz: acciones necesarias para generar propuestas de educación ambiental

Yennis Ramos Pérez¹

Aarón López-Roldán²

José Luis Marín Muñiz³

María Elizabeth Hernández Alarcón⁴



Fotografía: <https://forecos.cl>

Las constantes transformaciones que sufren los ecosistemas a causa del daño provocado por el ser humano desestabilizan al medio ambiente, y si bien es cierto se llevan a cabo eventos e intentos

por dar a conocer a nivel global la situación actual medioambiental, la realidad es que la velocidad con que el daño crece es mayor, por lo que se consideran minoría aún, el grupo de personas que no

¹ Ingeniero industrial por la Universidad Central Marta Abreu de las Villas.

² Licenciado en pedagogía por la Universidad Veracruzana.

³ Ingeniero químico por la Universidad Veracruzana, maestro en ciencias ambientales por la Universidad Veracruzana y doctor en ecología tropical por la Universidad Veracruzana.

⁴ Licenciada en química farmacéutica biológica por la Universidad Veracruzana, maestra en ciencias en biotecnología por el Instituto Tecnológico de Veracruz y doctora en ciencias ambientales por la Universidad del Estado de Ohio, USA.

solo velan por evitar afectaciones y proactivamente luchan en favor del medio ambiente, sino que ayudan también a restaurar los daños ambientales.

Los ecosistemas de humedales urbanos, son sitios que se encuentran dentro o alrededor de las ciudades (Hernández, 2021) no están exentos de este peligro, pues los procesos de urbanización descontrolados los ubican en zonas geográficamente desfavorables y el desconocimiento de sus beneficios ambientales no solamente subvalora su importancia, sino que conlleva a una malinterpretación de su rol protagónico en la zona donde se encuentran ubicados. La vegetación en estos ecosistemas aporta belleza al entorno y a su vez desarrollan procesos físicos y químicos que de forma natural benefician a los propios recursos naturales como el agua y el aire del entorno (Marín-Muñiz, 2018).

Los humedales urbanos (HU) de Xalapa se encuentran en grave peligro por la expansión urbana no planificada provocada en gran medida por el crecimiento del número de habitantes que emigran de las zonas rurales y ocupan áreas de estos ecosistemas de forma invasiva, provocando transformaciones drásticas en el equilibrio de las condiciones naturales de estos sitios (Hernández, 2021), sumado al desconocimiento del valor socio-ambiental de tales ambientes.

Ante lo descrito, surge la necesidad de estrategias que coadyuven a sensibilizar sobre la importancia de tales ambientes, y con ello conservar a los hume-

dales. Una de esas estrategias es la educación ambiental (EA), la cual es definida como una herramienta de amplio alcance para ayudar a visualizar a las personas las problemáticas existentes, la fuerza de las acciones locales y como cada paso en favor de su entorno local pueden tener repercusión regional y global (Mayer, 1998). En este sentido las acciones a menor escala permeadas de sistematicidad pueden desarrollar un efecto rebote de la información compartida para la propagación de las buenas prácticas ambientales y dar a conocer el verdadero rol que juegan cada uno de los recursos naturales a nuestro alrededor.

Las estrategias educativas deben ser diseñadas en función de la población objetivo y para ello se requiere realizar un diagnóstico previo que permita determinar cuáles serían, según las unidades de conocimiento de interés, las metodologías más certeras para que el proceso de enseñanza y aprendizaje logre un resultado efectivo. En este sentido las estrategias didácticas son parte del procedimiento que permite desarrollar habilidades y favorecen la construcción de conocimientos. Los facilitadores juegan un papel crucial, ya que son los encargados de guiar cada una de las actividades de principio a fin y mediante el desarrollo de sus competencias, además de favorecer la evolución de estas como parte de las estrategias de educación no formal implementadas (Gutiérrez-Delgado, 2018).

De manera especial se considera im-



portante mediante las diferentes estrategias didácticas fortalecer en los estudiantes la cimentación de los conocimientos como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje que permite que estos no solo hagan análisis críticos y autónomas de las situaciones problemáticas que se presentan, sino que aporten sus propuestas de soluciones a través del aprendizaje significativo (Díaz, 1999).

En la actualidad muchas de las estrategias educativas se encuentran permeadas por las nuevas tecnologías de información y comunicación que ofrecen diversas facilidades para llegar de forma más abarcadora e integral a mayor número de población, entre las diversas estrategias se encuentra el uso de redes sociales como medio de comunicación para desarrollar procesos educativos en pro de la EA.

Calvo et al. (2020) en el 2014 en Madrid utilizó Twitter, Facebook e Instagram como herramientas educativas para frenar la crisis ambiental, por otro lado, Pérez, et al., (2021), en El Salvador, usaron WhatsApp, Facebook y YouTube para preservar, conservar y mejorar el ambiente, mediante transmisiones en páginas y creación de contenido para las redes sociales. Ambos casos resultaron favorables.

Se considera importante implementar diversas estrategias educativas que coadyuven a cuidar el medio ambiente, unas enfocadas principalmente en instituciones educativas y otras externas

que contemplen a la sociedad, sin importar el medio por el cual se realicen los procesos educativos, es necesario actuar ante las diversas problemáticas ambientales provocadas por la misma actividad antropogénica.

En el 2021 se inició una investigación que involucró a tres de los HU del municipio de Xalapa (figura 1b) financiada por el CONAHCYT a través del proyecto PRONACE 316500. Esta investigación se desarrolló específicamente en el HU Lomas de Santa Fe, Molinos de San Roque y el HU de la Colonia Maver, donde intervinieron varios investigadores del INECOL y estudiantes de postgrados pertenecientes a El Colegio de Veracruz (COLVER). Dicha investigación no solamente estuvo enfocada a la situación de estos ecosistemas, sino que también se involucró a toda la población aledaña a los tres sitios antes mencionados y donde uno de los objetivos principales era conocer la percepción socioambiental que tenían los pobladores de esa zona (Junca, 2022). De forma sistemática se realizaron talleres de educación ambiental para fomentar la construcción de conocimiento sobre estos ecosistemas, pero también para fomentar el cuidado de estos, dado el grado de invasión y transformación que estos presentaban (Junca, 2022). En la actualidad estos sitios siguen presentando una situación desfavorable a causa de la perturbación de su entorno por algunos de los pobladores que no interiorizan la importancia de estos lugares y contribuyen a su desaparición, por lo que se requiere de acciones sistemáticas que no solo incluyan

la población adulta y cercana, sino que de forma particular acuda a otro sector de la población, como son los estudiantes de zonas aledañas, que puedan sentirse identificados de forma especial por la problemática actual y generar acciones a corto, mediano y largo plazo en favor de la recuperación de estos sitios, sobre la base de estrategias didácticas de educación ambiental para contribuir en la construcción de conocimientos para el desarrollo sostenible.

Recientemente se desarrolló una investigación en la Telesecundaria Margarita Morán Veliz, ubicada en FREDEPO, CP 91158, Xalapa-Enríquez, Ver. (figura 1a). Dicha instalación fue seleccionada para desarrollar la investigación, ya que cuenta con un humedal urbano cerca (Hu-

medal de la Barrera) que debido a la acción desmedida de los vecinos de las colonias cercanas y al desconocimiento de sus servicios ambientales han perdido no solo parte de su área de extensión, sino muchas de sus condiciones naturales (Junca, 2022), que a su vez imposibilitan al ecosistema a desarrollar gran parte de sus funciones y beneficios ecosistémicos.

Por consiguiente, para dicha investigación de carácter exploratoria y tipo cualitativa (Andegger-EGG,1972), se propuso realizar primeramente una evaluación diagnóstica (Martínez, 2016) mediante la aplicación de un cuestionario como instrumento para explorar el conocimiento que tienen estos estudiantes de nivel básico de segundo de secunda-

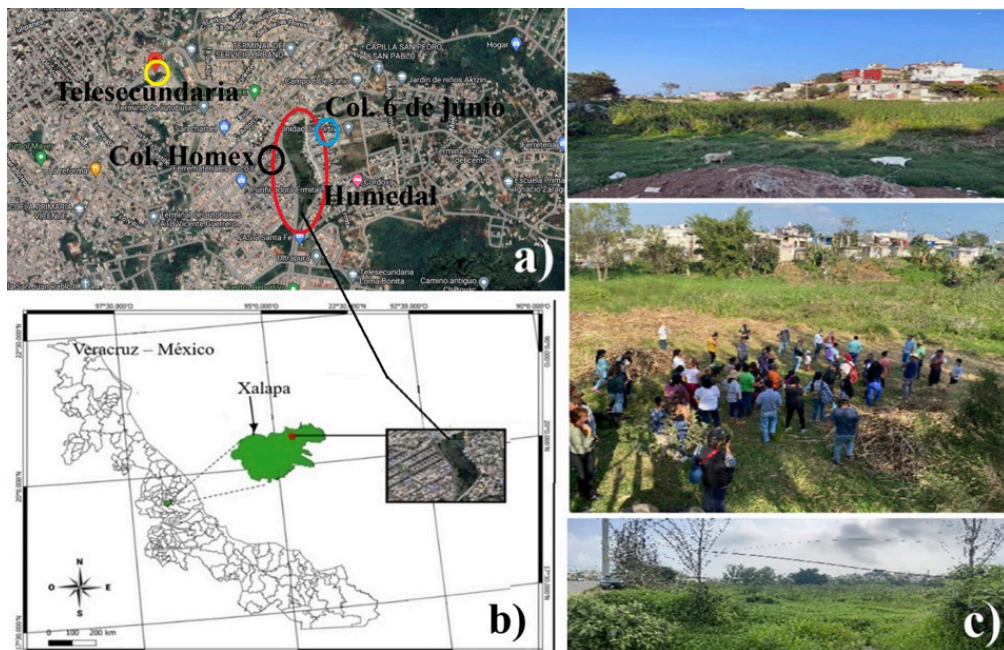


Figura 1. a) Telesecundaria Margarita Morán Veliz, b) Ubicación de área de estudio y c) estado actual del humedal. Fuente, Modificado de Junca (2022).



ria alrededores al humedal urbano Lomas de Santa Fe conocido como el Humedal de la Barrera (figura 1a), ubicado en dicha colonia. En dicho cuestionario se hizo énfasis en dos áreas de interés; una dirigida al medio ambiente, sus características principales e importancia y la otra sobre los humedales urbanos, sus principales componentes y servicios ambientales. De forma puntual también se indagó por el conocimiento que tienen estos estudiantes sobre el humedal que tienen precisamente en su localidad.

Con la aplicación de este instrumento y luego de analizar los resultados de cada una de las respuestas obtenidas, se pudo comprobar que, si bien han escuchado los términos como medio ambiente, ecosistemas, humedal entre otros relacionados en las preguntas, no pueden hacer una caracterización correcta de los mismos e incluso aun cuando algunos de estos elementos forman parte de su entorno, no los pueden identificar. Se pudo constatar además que lo que pocos que conocen es que cerca de su escuela se encuentra un humedal urbano, lo asocian con lugares nada agradables, que generan mosquitos, con plantas, pero sin atractivo o utilidad y receptores de las aguas negras que se vierten provenientes de las casas o negocios cercanos. Se detectó también que los estudiantes, aunque conocen en cierta medida la importancia del agua como recurso vital para la vida en el planeta Tierra, su visión de la gama de acciones para cuidar de esta es limitada a su entorno, por lo que se considera de gran importancia, el aumento de las

actividades que refuercen este tema y en igual medida mejore la percepción de limitada que tienen sobre el uso del recurso.

Lo obtenido en sus respuestas demuestra la necesidad de reforzar los conocimientos existentes mediante la implementación de estrategias didácticas de educación ambiental no formal que complementen el proceso cognitivo de los estudiantes dentro de sus instituciones educativas y diseñado según su plan de estudios. En este sentido es importante fortalecer de manera puntual los esquemas mentales que poseen sobre estos ecosistemas y su importancia, pero con sistematicidad para lograr construir de manera firme nuevos conocimientos sobre los humedales urbanos, en especial el que tienen en su propia comunidad muy cercano a su instalación educativa y así motivar sus acciones ambientalmente positivas con proyecciones hacia la sustentabilidad.

Por otro lado, se está desarrollando de igual manera un proyecto de investigación en el mismo sitio que es el Humedal de la Barrera (figura 1a), pero ahora utilizando redes sociales, ya que, estas son muy utilizadas actualmente por los grupos sociales, se intenta llegar a las personas desde algún medio diferente a lo tradicional, esperando que el mensaje sobre estos ecosistemas se reciba de manera positiva. El proyecto se enfoca principalmente en dos colonias aledañas al ecosistema, colonia 6 de Junio y colonia Homex.

Mediante una prueba diagnóstica entre los pobladores, se detectó que la población aledaña al humedal desconoce sobre el ecosistema y sus servicios ambientales, se realizó un diagnóstico en la zona y ambas colonias coinciden en que les gustaría saber sobre el ecosistema derivado de su desconocimiento, así mismo, ambas colonias hacen uso de redes sociales, lo que coadyuva a realizar un proceso educativo mediante redes sociales. También se observa que no hay una apropiación del humedal derivado de su estado actual (figura 1c) como se menciona anteriormente, el sitio se encuentra descuidado y la población no se involucra en lo absoluto con el ecosistema a pesar de los múltiples servicios que les provee.

Posterior a lo detectado se propuso la realización de 5 cápsulas educativas, las cuales explicarán 1. Qué es un humedal, 2. Servicios ambientales de los humedales 3. Hidrología del humedal, 4. Suelo del humedal y 5. Servicios ecosistémicos, con estos videos se pretende llegar a las colonias aledañas mediante alguna red social, en donde ellos puedan conocer más sobre el ecosistema que tienen junto a sus hogares. Se encontró que las redes más usadas son WhatsApp y Facebook, por lo tanto, estas dos plataformas serán las que se utilizarán en la intervención de EA.

Una ventaja sobre el uso de alguna red social es que las cápsulas educativas pueden ser compartidas fácilmente a través de dispositivos móviles llegando a más poblaciones logrando que otras

sociedades conozcan los humedales y sus servicios ambientales. Se espera una respuesta positiva por parte de la sociedad respecto a las cápsulas, las cuales se encuentran en proceso de creación y edición.

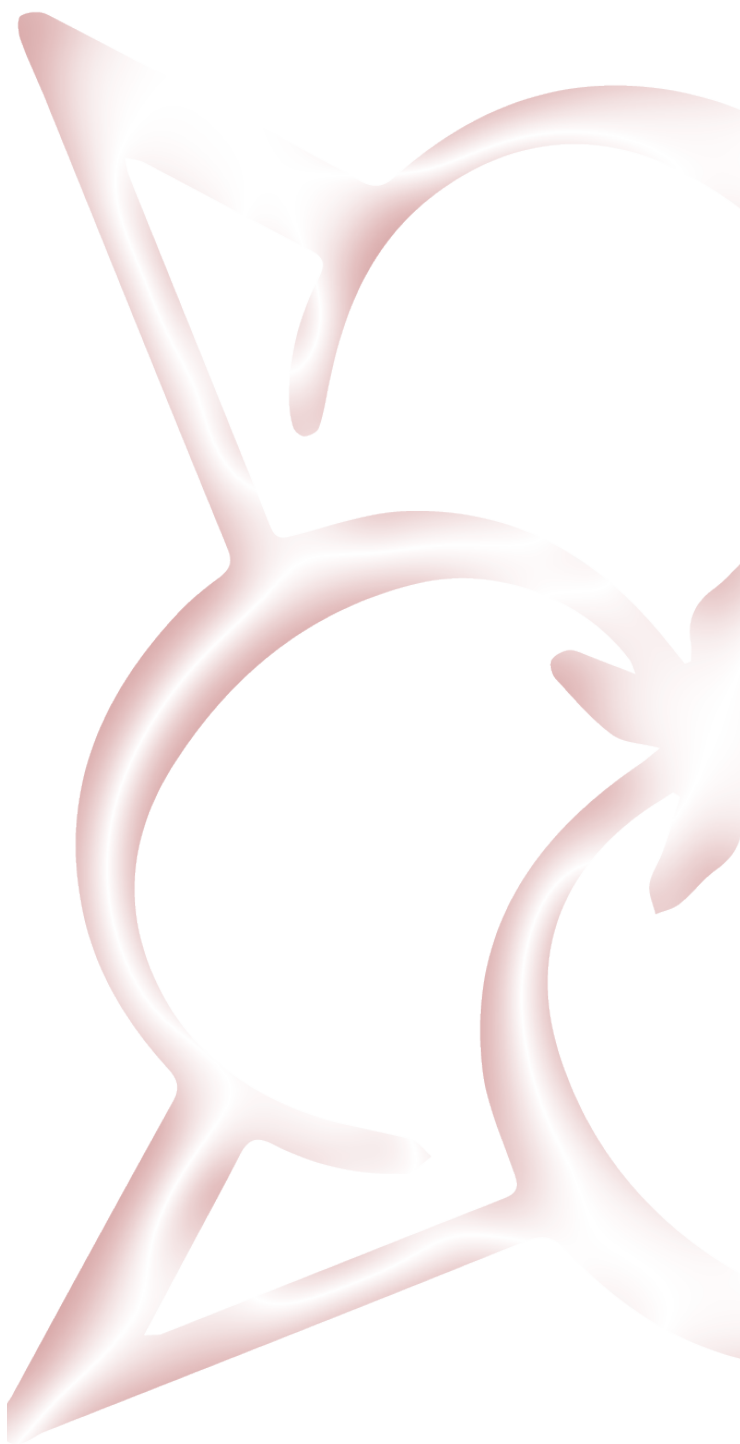
Reflexiones finales

Resulta necesario realizar diversos procesos de EA para coadyuvar a mitigar el deterioro ambiental, el Humedal de la Barrera actualmente se encuentra en mal estado y a largo plazo mediante EA se piensa que las poblaciones e instituciones tomen conciencia y cuiden de estos ecosistemas, ya que, en Xalapa existen diversos humedales y la gente los desconoce. Se considera que la EA es necesaria para todas las personas, ya sea dentro o fuera de alguna institución educativa, ya que, con esta las personas aprenden nuevos tópicos que no necesariamente son comunes en temas de conversación. El uso de redes sociales como medio de difusión podría ser una excelente opción para sensibilizar sobre humedales. Sumado a lo anterior, se sugiere que los proyectos de intervención académica sean en conjunto con las autoridades locales, y sumando siempre la participación ciudadana.



Literatura consultada

- Andegger- EGG, E. (1972). Introducción a las técnicas de investigación social. Buenos Aires: Humanista.
- Calvo, S., Ferreras, J. y Rodrigo-Cano, D. (2020). La educación ambiental en las redes sociales: #EA26. *Revista de educación ambiental y sostenibilidad*. 2(1), 1301-1 – 1301-16.
- Díaz F. (1999). "Estrategias docentes para un aprendizaje significativo". México. Mc Graw Hill.
- Gutiérrez-Delgado, J., Gutiérrez-Ríos, C. A. R. L. O. S., y Gutiérrez-Ríos, J. (2018). Estrategias metodológicas de enseñanza y aprendizaje con un enfoque lúdico. *Revista de educación y desarrollo*, 45(1), 37-46.
- Hernández, M.E. (2021). Los humedales urbanos, un tesoro desconocido y muy amenazado en el Estado de Veracruz. *El Jarocho Cuántico*. 2(17), 5.
- Junca, D.A., (2022). "*Diagnóstico y gestión socioambiental de tres humedales urbanos para su conservación y obtención de Xalapa, Veracruz, México*". "Tesis para la obtención de grado de Maestro en Desarrollo Regional Sustentable". El Colegio de Veracruz. Xalapa, México, 2022, 34.
- Marín-Muñiz, J.L. (2018). Riñones del planeta y hábitat de múltiples especies. *Editora de Gobierno del Estado y El Colegio de Veracruz*. Xalapa, Veracruz, México.
- Martínez, E. (2016). De la evaluación diagnóstica a la evaluación sumativa: logros y fracasos en los aprendizajes. In *Debates En Evaluación y Currículum/Congreso Internacional de Educación Evaluación*. 2, 1507-1518.
- Mayer, M. (1998). Educación ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 217-231.
- Pérez, D., Bosque, R. y Tornés, E. (2021). Educación ambiental mediante tecnologías de la información y la comunicación en San Vicente, El Salvador. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 4, 1-14.





Colaboraciones

Humedales de tratamiento: una introducción a la ecotecnología y su importancia para el tratamiento de aguas residuales

Karina Elizabeth Martínez Aguilar

Luis Manuel Álvarez Hernández

José Luis Marín Muñiz

Sergio Zamora Castro



Fotografía: <https://hidropluviales.com/>

Introducción

La contaminación del agua es uno de los problemas más graves a nivel mundial, ya que afecta directamente a los ecosistemas, tanto acuáticos como terrestres, incluyendo la salud pública. Las aguas residuales son una consecuencia inevitable de la mayoría de las actividades humanas que requieren el uso de agua, ya sea en la agricultura, la industria o en el ámbito urbano. Éstas se ca-

racterizan por tener disueltas o en suspensión sustancias químicas, partículas o microorganismos que deterioran la calidad del agua de los ríos, lagos, presas o zonas costeras en donde se descargan, sobre todo si no se tratan adecuadamente para remover las sustancias o elementos potencialmente perjudiciales (SEMARNAT, 2019).

Una de las opciones para atender el problema de la contaminación ocasionada

por las aguas residuales ha sido someterlas a algún tipo de tratamiento que reduzca la cantidad de contaminantes antes de reintegrarlas a los cuerpos de agua. El tratamiento permite que las aguas puedan ser vertidas en los cuerpos naturales sin graves impactos.

En México se ha avanzado en el tratamiento de las aguas residuales en las últimas dos décadas. De acuerdo a la CONAGUA, al concluir el año 2021 existían registradas en el país, 2,872 plantas municipales de tratamiento en operación, con una capacidad total instalada de 198,603.55 l/s y un caudal tratado de 145,341.0 l/s, equivalentes al 67.5% del agua residual colectada en los sistemas municipales de alcantarillado del país (CONAGUA, 2022).

El tratamiento convencional de aguas residuales elimina los contaminantes mediante procesos que demandan grandes cantidades de energía, principalmente eléctrica, con tiempos de retención hidráulicos cortos, ocupando áreas reducidas, siendo especialmente ventajosos en las zonas urbanas, donde la tierra es más escasa y tiene un valor comercial alto; no obstante, su uso trae consigo el agotamiento de los recursos no renovables y la correspondiente degradación ambiental en el procesamiento de estos, así como la contaminación provocada por los lodos generados (Álvarez-Hernández, et al. 2022); además, el alto consumo de energía, el requerimiento de mano de obra calificada y el alto costo de construcción y mantenimiento, los convierte en una de las

principales limitantes al momento de implementar estos sistemas.

Debido a lo anterior, surge la necesidad de desarrollar sistemas de saneamiento sostenibles que permitan el tratamiento de las aguas residuales al tiempo que preserven los ecosistemas. Esto implica aprovechar tecnologías apropiadas e innovadoras, como lo son las soluciones basadas en la naturaleza (SBN), entre las cuales encontramos los humedales de tratamiento (HT) (Cross et al., 2021).

Los HT son una alternativa ecológica y económicamente viable para el mejoramiento de la calidad del agua; imitando la función de limpiar el agua de los humedales naturales, ya que son sistemas diseñados de manera ingenieril y en donde los contaminantes son removidos del agua a través de procesos físicos, químicos y biológicos (Boyas, et al 2022).

Principales características de los sistemas de HT

Los HT, también conocidos como humedales artificiales, contruidos o bioingenieriles, consisten en celdas o canales impermeables rellenos de un sustrato que comúnmente es grava, arena, zeolita, residuos rugosos de PET u otros materiales pétreos que sirven de anclaje a las plantas y donde se lleva a cabo el tratamiento de las aguas residuales mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Éste tipo de HT, son consi-



derados como sistemas de biorremediación en la depuración de aguas residuales; este tipo de sistemas, podemos definirlos como tecnologías que utilizan el potencial metabólico de los microorganismos (fundamentalmente bacterias, pero también hongos y levaduras) y plantas para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples, poco o nada contaminantes; su ámbito de aplicabilidad es muy amplio, pudiendo considerarse como objeto para el tratamiento de aguas y suelos, a dicho proceso de limpieza con plantas se le conoce como fitorremediación (Huetio-Passos y Ortiz, 2016).

Entre las ventajas de utilizar este tipo de sistemas (HT), se encuentra el bajo costo de instalación, operación y mantenimiento, comparado con los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales, además de su nulo requerimiento de energía eléctrica, por lo que, al ser una tecnología de bajo costo, se convierten en una alternativa viable de implementación y operación.

Tipos de HT

De acuerdo a Kadlec (1996, 2008) y a Hernández (2013), los HT se pueden clasificar, de acuerdo al flujo del agua, de la siguiente manera (Figura 1):

1. Los HT de flujo superficial o superficiales de agua o flujo libre (FWS, por sus siglas en inglés) son sistemas abiertos y poco profundos, donde las plantas están enraizadas en una capa de

suelo en el fondo. Son los más parecidos a los humedales naturales.

2. Los **Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial Horizontal** (HSSFW, por sus siglas en inglés) son impermeables de poca profundidad, y el lecho se encuentra lleno de medios porosos (grava, piedra, arena, etc.). El medio tiene una alta conductividad hidráulica que debe garantizar la posibilidad del desarrollo de la biopelícula adherida; las plantas están enraizadas en los lechos saturados de agua, y el agua se carga en la entrada del lecho y fluye por debajo de la superficie en un patrón horizontal, en contacto con los medios porosos y raíces de las plantas, y se recoge en el otro extremo de la celda.

3. **Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial Vertical** (HSSFW, por sus siglas en inglés), típicamente insaturados con un metro de profundidad con una celda llena de medios porosos como grava, arena, etc.; el agua es tratada a medida que se escurre a través de los medios y está en contacto con las raíces de las plantas. Las plantas apoyan el proceso de drenaje vertical. El agua se distribuye homogéneamente a través de una red de tuberías presurizadas en la superficie del lecho, escurre hacia abajo y se recoge en el fondo del lecho a través de tuberías de drenaje perforadas.

4. **Humedales Construidos Híbridos**, se pueden combinar varios tipos de humedales construidos para lograr mayores efectos de tratamiento, especialmente para el nitrógeno. Los sistemas vssfw

tienen una capacidad de transporte de oxígeno mucho mayor y, por lo tanto, proporcionan condiciones mucho mejores para la nitrificación. Sin embargo, la desnitrificación es muy limitada o nula en

los sistemas VSSF. Generalmente, los estudios que usan sistemas híbridos combinan sistemas VSSF y HSSF, sin embargo, todos los tipos de humedales construidos podrían combinarse.

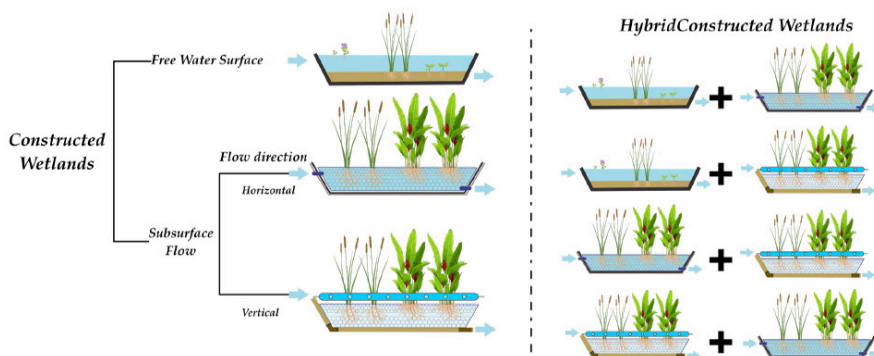


Figura 1. Tipos de HT (Marín-Muñiz et al., 2023).

Componentes de un humedal de tratamiento

Vegetación

La vegetación es un componente indispensable en un humedal, tienen la propiedad de transferir oxígeno desde la atmósfera por medio de sus hojas y tallos hasta depositarlo en las raíces creando zonas aerobias y una superficie adecuada para el crecimiento de biopelículas (sistema microbiano adheridos a una

superficie de sustrato) en ella existe un gran número de microorganismos que aprovechan el oxígeno disponible para llevar a cabo los procesos de degradación de materia orgánica.

En un HT, la selección de las especies es importante, así como el proceso de adaptación de las mismas, ya que de ello depende su reproducción. Algunas de las especies mayormente reportadas en HT en México, son las reportadas por Marín-Muñiz et al. (2023), las cuales se pueden observar en la Figura 2.



Figura 2. Ejemplos de algunas de las especies mayormente reportadas en HT en México (Marín-Muñiz et al., 2023), *Typha* sp. (a), *Hedychium coronarium* (b), *Cyperus Papyrus* (c), *Anthurium andreaeanum* (d), *Zantedeschia aethiopica* (e), *Phragmites (communis australis)* (f), *Canna hybrids* (g).



Sustrato

Es el medio granular, soporte o lecho, generalmente para su establecimiento se utilizan materiales como arena, grava, roca, gravilla, tezontle o cualquier material granular. Es importante que el sustrato tenga propiedades permeables que permitan el paso del agua a través de él.

En el sustrato se llevan a cabo funciones como fijación de microorganismos, lo cual se da en la capa superficial del sustrato se crea una biopelícula donde al-

gunos microorganismos se adhieren creando fuentes de carbono que provee la energía para las reacciones biológicas que se llevan a cabo en el sistema, además de eliminación de sustancias contaminantes mediante sedimentación, absorción, adsorción y filtración. El tamaño del medio granular (soporte) afecta directamente al flujo hidráulico del humedal y en consecuencia el caudal del agua en tratamiento. Algunos de los materiales mayormente utilizados como sustratos en HT, son los presentados en la figura 3.



Figura 3. Sustratos mayormente utilizados en HT (adaptado de Sandoval et al., 2023):
a) Grava, b) PET, c) Arena de río, d) Tezontle, e) Piedra de río, f) Granito triturado.

Microorganismos

Los microorganismos juegan un papel primordial en los humedales, ya que llevan a cabo los procesos biológicos en el sistema como son la degradación de la materia orgánica, reducción de nutrientes y desinfección. Ya que la raíz de la vegetación libera oxígeno, un gran número de microorganismos aerobios pueden estar presentes en esa zona. Entre los organismos presentes se encuentran las bacterias que degradan el nitrógeno, llevando a cabo el proceso de nitrifi-

cación. Sin embargo, las principales zonas aerobias se localizan en la parte superior del humedal o en la zona de rizosfera (área de suelo adyacente a las raíces). También existen zonas en las cuales el oxígeno es mínimo o nulo y donde se podrán encontrar microorganismos anaerobios los cuales también llevan a cabo degradación de materia.

En general los microorganismos tienen la función de transformar gran parte de los contaminantes en sustancias solubles. Las reacciones de óxido – reducción

que se llevan a cabo facilitan la reducción de los contaminantes presentes en microorganismos algunas sustancias contaminantes son transformadas en gases que son liberados a la atmósfera.

Usos del agua tratada con HT

Es importante señalar que el agua tratada por los HT se puede utilizar para diferentes propósitos según la calidad del agua y el tipo de humedal utilizado. Los usos más comunes son (Marín-Muñiz, 2017; Mena et al. 2018):

Acuicultura: Si se cumplen los requisitos de calidad necesarios, el agua tratada se ha utilizado como indicador de limpieza para la cría de peces y otros organismos acuáticos. En este caso el humedal suele ser un tratamiento terciario en donde las aguas residuales fueron sometidas previamente a otros tratamientos como filtros de sólidos, desarenadores y separadores de grasas.

Riego: El agua tratada se utiliza para regar cultivos y áreas verdes, ayudando a conservar los recursos hídricos; es necesario un seguimiento periódico de la calidad del agua y del suelo para evitar riesgos a la salud o el medio ambiente.

Limpieza: El agua tratada se utiliza para limpiar patios, calles u otras áreas donde no se requiere agua potable. Este uso ayuda a conservar el agua y reducir la dependencia de los recursos naturales.

Otros usos no potables: El agua rege-

nerada se utiliza con fines industriales, recreativos o paisajísticos que no impliquen contacto directo con personas o animales. Estos usos dependen de la normativa vigente y de las características del humedal artificial.

Servicios ambientales de los HT

Los HT son sistemas diseñados en relación con las funciones de los humedales naturales, y son ecosistemas diseñados para manipular los procesos biológicos dentro de un entorno natural semicontrolado (Choi et al. 2018).

Al igual que los humedales naturales, aunque con las limitantes de tamaño, los HT brindan un grupo importante de servicios al ecosistema y al hombre, entre los que se encuentran: mejora de la calidad del agua, suministro de biomasa, recreación, regulación de gases (secuestro de carbono), regulación del microclima, regulación de los flujos de agua (recarga de aguas subterráneas), hábitat para diversas especies (microorganismos, plantas y animales), estética, conservación de la biodiversidad ecológica y genética, producción de energía, y valores científicos y educativos (Dumax y Rozan 2021; Yang et al. 2018). Algunos autores consideran que para que un HT provea los mismos servicios ecosistémicos que los naturales pueden pasar de 5 a 15 años (Jiang y Chui, 2022).

Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), un proyecto interna-



cional liderado por las Naciones Unidas, estos servicios se dividen en cuatro categorías: provisión, regulación, apoyo y cultura. Los servicios de provisión tienen como objetivo restaurar vegetación diversa en ecosistemas que puedan usarse para alimentos, medicinas, textiles, madera y otros usos. Los servicios de apoyo se refieren a la producción de otros servicios como la formación de suelos, el ciclo de nutrientes, la fotosíntesis, la captura de carbono y la producción de oxígeno. Por otro lado, los servicios culturales que brindan los humedales contribuyen al bienestar de las personas al brindar a las comunidades espacios de recreación, inspiración, valores estéticos, educativos, de lectura, espirituales y culturales. Contribuyen al desarrollo sostenible de personas y comunidades. Finalmente, los servicios de regulación permiten que los humedales promuevan la polinización, mitiguen el cambio climático y mejoren la calidad del aire. Además, como sistema de saneamiento, devuelven agua de mayor calidad al medio ambiente, contribuyendo a los objetivos de saneamiento sostenible.

De acuerdo a Pérez (2022), un estudio del equipo de Mitsch et al. (2014) que evaluó los servicios ecosistémicos de dos HT por veinte años, demostró que estos tienen tasas de secuestro de carbono más altas que las tasas de los humedales naturales de referencia de hidrología similar. Estos HT han brindado servicios ecosistémicos de retención de nutrientes, secuestro de carbono y soporte de hábitat durante 20 años. Según los autores, el bajo nivel de emisiones de me-

tano de estos humedales no debe ser motivo para desalentar la creación y restauración de humedales similares en zonas húmedas y templadas.

Reflexiones finales

La contaminación del agua es un problema global con impactos significativos en los ecosistemas y la salud pública. La presencia de aguas residuales como subproducto de diversas actividades humanas agrava este problema. La contaminación de los cuerpos de agua no solo afecta a los seres humanos, también a muchas especies de microorganismos, plantas y animales que pueden ser sensibles a los contaminantes y afectar su crecimiento, reproducción y supervivencia.

Aunque México ha avanzado en el tratamiento de aguas residuales mediante plantas municipales, los métodos convencionales presentan desafíos importantes, como altos costos, consumo de energía y generación de lodos contaminantes. Debido a lo anterior, tanto la disponibilidad del agua como su calidad son una de las aristas más importantes de la problemática del agua tanto en México como en el mundo, por lo que mantener el agua libre de contaminantes es un desafío que requiere ser atendido de manera inmediata. La búsqueda de alternativas sostenibles es crucial para desarrollar sistemas de saneamiento, como los humedales de tratamiento emergentes como una solución integral, sostenible y económica-

mente viable para abordar la contaminación del agua, al tiempo que proporcionan servicios ambientales esenciales y contribuyen a los objetivos del desarrollo sostenible.

Los HT ofrecen una amplia gama de servicios ambientales, desde la mejora de la calidad del agua hasta la regulación del microclima y la conservación de la biodiversidad. Estos servicios contribu-

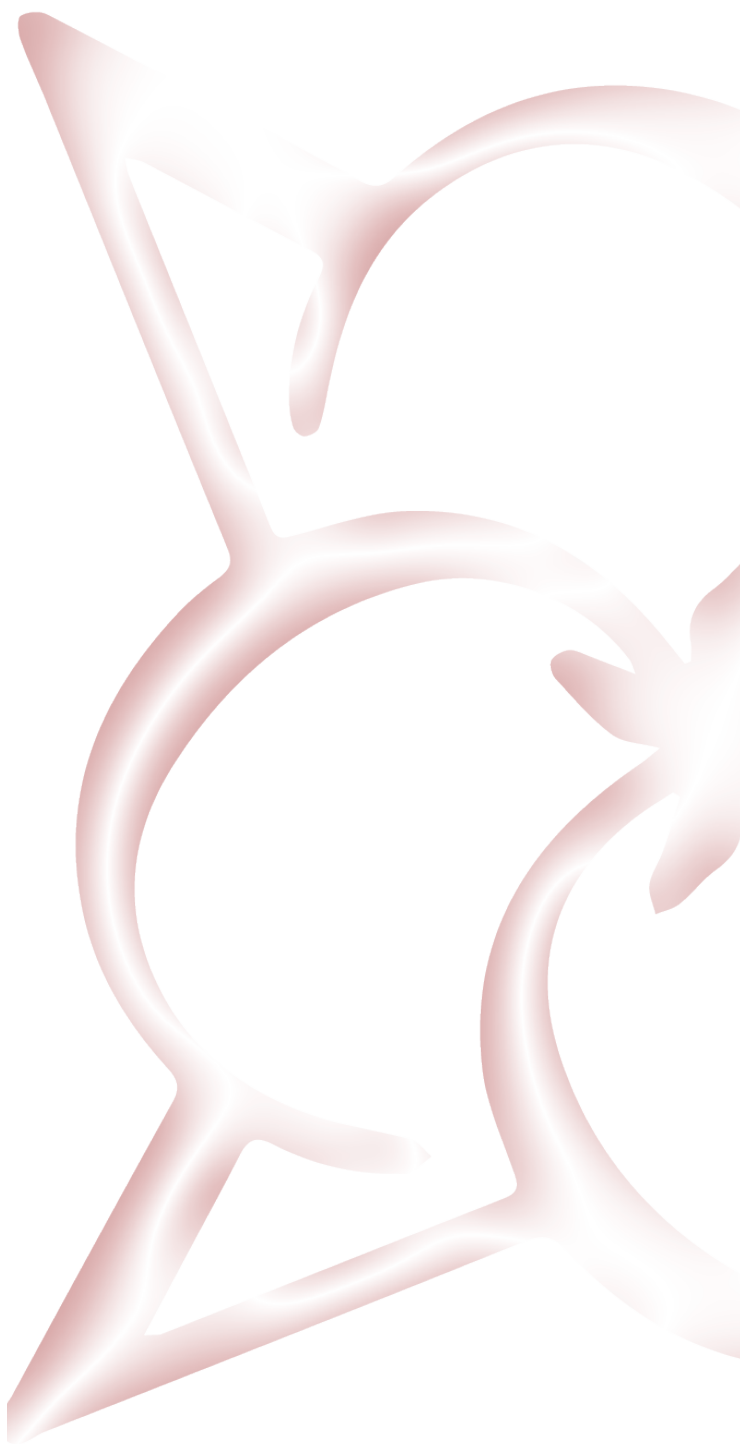
yen al bienestar humano y al desarrollo sostenible. Resulta necesario implementar acciones que promuevan la replicación de esta ecotecnología, el abatimiento del desconocimiento general de los HT, la generación de manuales y la inclusión de la población en los proyectos de investigación para que estas ecotecnologías sean adoptadas y apropiadas.

Literatura consultada

- Álvarez-Hernández, L.M.; Marín-Muniz, J.L.; Sandoval-Herazo, L.C.; Zamora-Castro, S.A. (2022). Evolución del tratamiento de las aguas residuales municipales rurales en México y el uso de humedales artificiales como alternativa sustentable (2010-2019). *Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad: Los retos de la sostenibilidad en las geografías urbana y rural*. Capítulo 12, 304-325.
- Choi, J., Geronimo, F.K.F., Park, B., Hong, J., Kim, L.H. (2018). Formulation of design guidelines for the cost-effectiveness of constructed wetlands in improving water quality. *Desalination and Water Treatment* 101:108-115.
- Comisión Nacional del Agua. (2022). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. México.
- Cross, K., Tondera, K., Rizzo, A., Andrews, L., Pucher, B., Istenič, D., ... & McDonald, R. (2021). *Nature-Based Solutions for Wastewater Treatment*. IWA Publishing.
- Dumax, N., Rozan, A. (2021). Valuation of the environmental benefits induced by a constructed wetland. *Wetlands Ecology Management* 1-14.
- Hernández, M.E. (2013). Ecological engineering for controlling water pollution in Latin America En *Ecological Engineering for Controlling Water Pollution in Latin America in Ecological Dimensions for Sustainable Socio-Economic Development*; Yáñez-Arancibia, A., Yáñez-Arancibia, A., Dávalos-Sotelo, R., Day, J.W., Reyes, E., Eds.; WIT Press: Southampton, UK.
- Huetio-Passos, J.K.; Ortiz, M.F. (2016). Análisis de la remoción de cargas contaminantes a través de un filtro biológico para tratar efluentes provenientes de procesos productivos agropecuarios de ganadería porcina. Universidad De Manizales. Manizales, Colombia.
- Jiang, L., Chui, T.F.M. (2022). A review of the application of constructed wetlands (CWs) and their hydraulic, water quality and biological responses to changing hydrological conditions. *Ecological Engineering* 174:106459.



- Kadlec, R.H.; Knight, R.L. (1996). *Treatment Wetlands*; Lewis Publishers Inc: Ann Arbor, MI, USA; pp. 68–80.
- Kadlec, R.H., Wallace, S. (2008). *Treatment Wetlands*; Taylor and Francis Group: Florida, FL, USA.
- Marín-Muñiz, J. L. (2017). Humedales contruidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reuso del agua. *AGROproductividad*, 10(5).
- Marín-Muñiz, J.L.; Sandoval Herazo, L.C.; López-Méndez, M.C.; Sandoval-Herazo, M.; Meléndez-Armenta, R.Á.; González-Moreno, H.R.; Zamora, S. (2023). Treatment Wetlands in Mexico for Control of Wastewater Contaminants: A Review of Experiences during the Last Twenty-Two Years. *Processes*, 11, 359.
- Mena, L. H., López-López, A., Ramos, S. M. C., de Anda Sánchez, J., Becerril, E. L., del Real Olvera, J., ... & JUAREZ, O. A. (2018). CIATEJ, más de diez años en Investigación Ambiental. Leonel Hernández Mena, editor (2018). "CIATEJ, más de diez años en Investigación Ambiental". CIATEJ, ISBN: 978-607-98348-3-8.
- Mitsch, W.J., Zhang, L., Waletzko, E., Bernal, B. (2014). Validation of the ecosystem services of created wetlands: two decades of plant succession, nutrient retention, and carbon sequestration in
- Sandoval Herazo, L. C., Alvarado-Lassman, A., Marín-Muñiz, J. L., Rodríguez-Miranda, J. P., & Fernández-Lambert, G. (2023). A critical review of mineral substrates used as filter media in subsurface constructed wetlands: Costs as a selection criterion. *Environmental Technology Reviews*, 12(1), 251-271.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, edición 2018*. Semarnat. México.
- Yang, Y., Guan, Q., Wang, M., Su, X., Wu, G., Chiang, P., et al. (2018). Assessment of nitrogen reduction by constructed wetland based on In-VEST: A case study of the Jiulong River Watershed, China. *Marine Pollution Bulletin* 133:349-356.





Colaboraciones

Humedales construidos como alternativa de tratamiento para aguas residuales contaminadas con lactosuero

Claudia Lizeth Muñoz Aguilar¹

David Mejía Escobar¹

José Luis Marín-Muñoz²



Fotografía: <https://www.elsoldetulancingo.com.mx/>

La contaminación del agua es un tema que aqueja a la población mundial, debido al impacto negativo que ha tenido dentro de la sociedad, causando problemas económicos, de salud y ambientales, pues la carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales conlleva a que diferentes establecimientos o industrias generen efluentes contaminados, desechándolos a cuerpos de agua naturales (Delgadillo et al., 2010).

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente, (2014), las aguas residuales son aquellas que han sido manipuladas por el hombre, las cuales contienen sustancias químicas, así como materia orgánica que alteran su composición original, presentando un riesgo para la salud humana y para los ecosistemas. Estos efluentes pueden clasificarse en 5 grupos, de acuerdo a los contaminantes presentes; aguas residuales domésticas, agrícolas, pecuarias e industriales.

¹ Estudiantes Maestría en Desarrollo Regional Sustentable El Colegio de Veracruz.

² Profesor-investigador El Colegio de Veracruz

Cabe destacar que, en la mayoría de los países desarrollados como Europa, el porcentaje de tratamiento de estas aguas es elevado, puesto que, en 1991, la Unión europea empleó un sistema de depuración, tratando el 60% de las aguas generadas por la población, y en 2005 aumentó al 92%. En cambio, en México, de las aguas colectadas, solo se trata el 57.45% del agua residual urbana y el 26.09% del agua residual proveniente del sector industrial (CONAGUA, 2022), siendo un nivel más bajo a comparación del tratamiento de aguas empleado en la Unión Europea. Lo anterior demuestra que en México se requiere ampliar la capacidad de tratamiento ecológica y económicamente viable, ante la escasez de recursos, para mejorar la calidad del agua (Valencia & Ramírez, 2009).

Ante tal situación, se han implementado sistemas convencionales conocidos como Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), las cuales tienen una alta eficiencia, sin embargo, sus costos de operación y mantenimiento resultan elevados. Por ello, y por el reducido presupuesto municipal y la falta de inversión e incluso de interés en su desarrollo, se ha logrado muy poca implementación de dichos sistemas, y más aún en zonas rurales que, por su bajo número de población (≤ 2500 habitantes) o dispersión, son menos considerados.

Un factor que incrementa esta problemática son las industrias ubicadas en áreas rurales, aumentando la crisis hídrica. Un ejemplo son las industrias lácteas. En este tipo de empresas se gene-

ran aguas residuales compuestas por diferentes contaminantes, entre ellos un subproducto poco aprovechado en México, conocido como lactosuero o suero de queso, líquido separado de la leche cuando se coagula para la obtención del queso, es decir, son todos los componentes de la leche que no se integran a la coagulación de la caseína (Kirk et al., 2005 citado por Valencia & Ramírez, 2009). Se estima que por cada 1 kg de queso se producen de 9 a 10 litros de lactosuero; siendo la producción mundial cerca de 200 millones de toneladas al año, donde Europa produce el 50%, Estados Unidos 3% y México tiene una producción del 0.6% del total.

A pesar de la gran cantidad generadas de este residuo, existe poco o nulo aprovechamiento del mismo, debido a que contiene grandes cantidades de humedad y materia orgánica que pueden acelerar su descomposición y dificulta su manejo o almacenamiento. Por ello, las procesadoras encuentran dificultades al querer tratar sus aguas contaminadas, descargándolas al drenaje municipal, provocando serios problemas de contaminación, alterando las propiedades fisicoquímicas de los ecosistemas, por ejemplo, en los suelos disminuye el rendimiento de las cosechas e interviene el fenómeno de lixiviación debido a que el lactosuero contiene nitrógeno soluble en agua y es arrastrado hasta los mantos freáticos, siendo un peligro para la salud de animales y humanos, dando pie a la eutrofización, salinización y generando malos olores en el lugar (Valencia & Ramírez, 2009).



Humedales construidos como alternativa de tratamiento

En los últimos años, los humedales construidos (HC) han sido una alternativa de tratamiento para las aguas residuales generadas por diferentes sectores de la población, debido a su accesibilidad económica y operacional, pues son sistemas diseñados con la finalidad de reproducir los procesos biológicos, químicos y físicos similares al de los humedales naturales.

Los HC se pueden clasificar de acuerdo a la circulación del agua en: Humedal de flujo superficial o libre, estos sistemas consisten básicamente de estanques o canales, suelo u otro medio conveniente a fin de soportar la vegetación emergente, y agua en una profundidad relativamente baja (0,1 a 0,6 m) que atraviesa la unidad (Llagas Chafloque y Guadalupe-Gómez, 2006). El agua circula a través de los tallos de las plantas y se encuentra en contacto directo con la atmósfera; Humedal de flujo subsuperfi-

cial horizontal, se caracteriza debido a que el agua pasa por medio de un sustrato poroso, es decir no se encuentra en contacto directo con el aire. El diseño de estos sistemas consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas. Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo (Delgadillo et al., 2010); y, por último, Humedales de Flujo Subsuperficial Vertical, este tipo de humedales reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de rociado de agua.

En la actualidad, estos sistemas han sido empleados para tratar diversas aguas contaminadas, sin embargo, en México, no existen numerosas investigaciones sobre HC implementados para el tratamiento de aguas contaminadas con lactosuero a escala real, aun cuando, existen algunos estudios a escala piloto en diferentes regiones, que demuestran su utilidad (Tabla 1).

Lugar de estudio	Tipo de humedal	Porcentaje de remoción
Universidad Nacional del Litoral, Argentina (Nocetti, 2015)	Subsuperficial de flujo horizontal	73% de DBO 71.9% DQO 53.9 % NH_4^+
Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador (Palacios-Carvajal y Guerra - Sandoval, 2018)	Subsuperficial de flujo horizontal	99.9 % Grasas y aceites 98.2 % DQO 98.1 % DBO 85.5 % ST 94.3 % NT
Instituto Nacional de Durango (Valencia, S.f)	Sistema de Humedal Híbrido	80.88 % Grasas y aceites 73 % STV
Universidad Católica de Colombia (Chacón y Ramírez, 2020)	Subsuperficial de flujo Vertical	68.5 % de DBO 77.43 % ST 64.9 % Grasas y aceites

Tabla 1. Antecedentes de Humedales Construidos en el tratamiento de aguas con lactosuero.

Como se puede observar, los humedales a escala piloto implementados para tratar aguas residuales con lactosuero han presentado porcentajes de remoción relativamente altos, obteniendo resultados desde el 64.9% para la eliminación de grasas y aceites hasta 99.9% en humedales de flujo horizontal y vertical. Por otro lado, los parámetros de DQO han sido removidos hasta un 98.1% en humedales de flujo horizontal. Estos resultados comprueban que la implementación de estas ecotecnologías a escala real podría tener mayores resultados en la remoción de contaminantes, por lo que su implementación en sitios con estos problemas, resulta pertinente.

Conclusión

Los HC a través del tiempo han sido

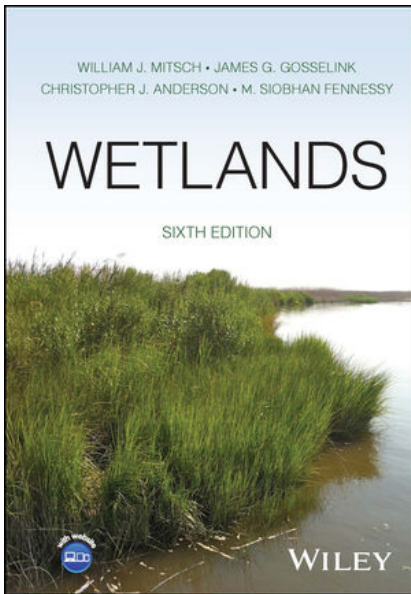
buenas alternativas para el tratamiento de aguas municipales, debido a sus bajos costos de implementación y operación. Por otro lado, nos muestran una nueva vertiente de investigación, así como una oportunidad de desarrollo en zonas urbanas y rurales con grandes concentraciones de contaminación por aguas residuales domésticas e industriales. De acuerdo a lo presentado en esta revisión, se pudo observar que, los HC para el tratamiento de aguas residuales con lactosuero son una buena opción, que ha sido probada a escala experimental, pero que debería replicarse a gran escala en México, ante los problemas de tales descargas. Se sugiere mayor difusión de tal alternativa y el trabajo en conjunto con las autoridades para el uso de estas alternativas sustentables.

Literatura consultada

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2022. Numeragua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 93
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales (Nelson Antequera Durán). Serie Técnica. Cochabamba-Bolivia.
- Llagas-Chafloque, W. A., & Guadalupe-Gómez, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 9(17), 85-96.
- Nocetti, E. (2015). Evaluación de la Eficiencia de Humedales Subsuperficiales para el Tratamiento de efluente de una industria quesera. Instituto de Química Aplicada del Litoral Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santiago del Estero 2829, Santa Fe (3000), Argentina.
- SEDEMA (2014). Glosario definición, Aguas residuales. Ciudad de México, México
- Valencia Denicia, E. & Ramírez Castillo, M. L. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. Elementos: Ciencia y cultura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla México. 16(73) 0187-9073
- Valencia, R. (S.F.). Mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Industria láctea para cumplir con la normatividad ambiental vigente. Durango.



Recomendaciones editoriales



"WETLANDS". La guía definitiva de humedales para estudiantes y profesionales.

Proporciona una visión exhaustiva y completa de los humedales, reflejando los últimos hallazgos de investigaciones y enfoques metodológicos. La nueva edición se ha optimizado para su uso en el aula y divide el tema en cuatro partes: introducción a los humedales, el medio ambiente de los humedales, los ecosistemas de los humedales y el manejo de los humedales.

Es una lectura esencial para estudiantes y profesionales en ecología, ingeniería ambiental y gestión de recursos hídricos.



Humedales. Riñones del planeta y hábitat de múltiples especies

Esta obra describe la definición de los humedales, su clasificación y los servicios ambientales que tales ecosistemas brindan. Así mismo, destaca el compromiso para el cuidado de los humedales, la necesidad de políticas públicas para conservarlos, así como las tareas de los humanos en su protección para nuestro propio bienestar. Se relata lo anterior bajo la premisa de que no se puede cuidar, proteger o conservar algo que no se entiende, por lo que es necesario despertar el interés y curiosidad por los humedales al sumergirse en la lectura de este libro.

Recomendaciones editoriales



Conociendo los manglares, selvas inundables y humedales herbáceos

Este libro presenta información accesible y completa sobre dos tipos de humedales arbóreos: los manglares y las selvas inundables. Busca proporcionar información sobre las especies y la estructura de estos ecosistemas, sobre el ambiente y los factores físicos que limitan su distribución, sobre la dinámica y la reproducción, sobre su estado de conservación y la legislación que de alguna manera los protege o permite su uso. La obra fue elaborada pensando en las necesidades de todos los interesados en estos ecosistemas que buscan un texto menos técnico.



Vida Colver



Fotografía: Colegio de Notarios Públicos del Estado de Veracruz.

Diplomado en Administración Notarial

Comenzamos el mes de febrero con la ceremonia de inauguración del Diplomado en Administración Notarial, que tuvo verificativo en el Auditorio

Fernando Finck Baturoni, del Colegio de Notarios del Estado de Veracruz. El Dr. Mario Raúl Mijares Sánchez, Rector de El Colegio de Veracruz y el Lic. Daniel Cordero Gálvez, Presidente del Consejo Directivo del Colegio de Notarios,



Fotografía: Colegio de Notarios Públicos del Estado de Veracruz.

Vida Colver



Fotografía: Colegio de Notarios Públicos del Estado de Veracruz.

dieron la bienvenida y celebraron esta colaboración, acompañados de la Dra. Denisse de los Ángeles Uribe Obregón, Magistrada del Tribunal Superior de Justicia y Directora de la Escuela Judicial

del Poder Judicial. Acto seguido, el Contador Orlando Pereyra Solís, dictó la asignatura Administración General, como parte del primer módulo.



Fotografía: Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico



Vida Colver



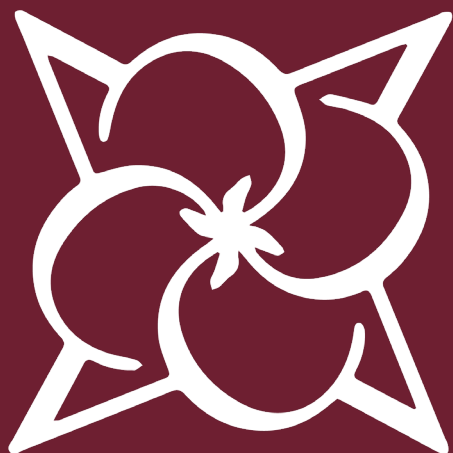
Fotografía: Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico

Foro en colaboración con el Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico

El miércoles 7 de febrero, El Colegio de Veracruz y el Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, desarrollaron el Foro para la Elaboración del Diagnóstico de Mujeres dedicadas a la Ciencia y la Tecnología en el Estado de Veracruz, en el Museo Kaná. Bajo la coordinación de la Dra. María Graciela Hernández y Orduña, se llevó a cabo la conferencia “Sororidad, un pacto que nos acompaña”, bajo la batuta de la Psic. Elena Barcelata Lagunes y la Mtra. Claunnia Ayora Vázquez.



Fotografía: Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico



El Colegio de Veracruz

Agradecemos tu atención y comentarios a:
bibliotecacolver@gmail.com/2288415100 Ext.111

Carrillo Puerto No. 26, Col. Centro, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz
Tel. 228 84 15 000 | www.colver.com.mx