

A close-up photograph of several green leaves, likely from a tree or shrub, covered in numerous small, clear water droplets. The leaves are vibrant green and have a prominent vein structure. The background is dark, making the green leaves and white droplets stand out. The text is overlaid on the upper and lower portions of the image.

Humedales: Un ecosistema funcional en el planeta

M.C. López Estrada Oliver Rodolfo

Dr. García Mondragón David

M.C. Suarez García Monserrat

Dr. Gallego Alarcón Iván

**Instituto Interamericano de Tecnología y
Ciencias del Agua, Universidad Autónoma
del Estado de México, Toluca, Estado de México**

Abstract

Natural and artificial wetlands play an essential role in the global climate; they have characteristics that allow them to improve water quality.

Artificial wetlands function as eco-technologies and have advantages over conventional wastewater treatments, through interaction processes so complex that they were even studied by NASA.

Keywords: Wetland, wastewater, water quality

Introducción

Los humedales son zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente por mareas, cuyos límites los constituyen, el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional (Hernández *et al.*, 2018).



Figura 1

Tipos de humedales

Por su naturaleza los humedales se clasifican en naturales: cuyas áreas se encuentran inundadas por aguas dulces o saladas de forma temporal o permanente, con una vegetación típica adaptada para vivir en condiciones de suelo saturado y, los humedales artificiales cuyas características son similares a los naturales con la diferencia de que se encuentran confinados mediante algún tipo de impermeabilización (Alikhani

et al., 2021). Ambos son sistemas biológicos, con mecanismos para la depuración de aguas, donde se combinan procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren por la interacción del agua con, el suelo, las plantas, los microorganismos y la atmósfera, dando lugar a la aparición de procesos de sedimentación, filtración, adsorción, degradación biológica, fotosíntesis y toma de nutrientes por parte de la vegetación (Ramírez, 2019).

Rol de los humedales en el planeta

Su importancia ecológica en los ecosistemas es manifiesta por sus funciones hidrológicas, biogeoquímicas y biológicas. Son grandes depuradores naturales, ayudan a reducir los riesgos por desastres, impidiendo inundaciones, por su capacidad intrínseca de absorber grandes cantidades de agua, además, otorgan lugares para esparcimiento y mejoran la calidad del aire.

Son los ecosistemas con mayor productividad a nivel mundial y aunque éstos se encuentran localizados en sitios con condiciones ambientales muy contrastantes, a escala global, su productividad primaria (producción de materia orgánica a partir de energía solar) siempre es alta. Por ejemplo, el papiro (*Cyperus papyrus*) humedales de Kenya, puede generar una producción primaria de hasta del doble de lo

que producen las mejores pasturas de Europa; algo similar ocurre con los manglares, cuya productividad primaria neta es similar a la de los sistemas agrícolas intensivos de los países occidentales (Dazzini *et al.*, 2021). Además, son sitios con alta biodiversidad de flora y fauna, por la abundancia de agua, alimento y refugio, son hábitats que mantienen ciclos de vida y preservan la genética de las especies, permitiendo la continuidad de las funciones vitales de los ecosistemas (Díaz *et al.*, 2018).

La oferta de recursos que son aprovechados por las especies que habitan estos ecosistemas son base de cadenas alimenticias de ecosistemas vecinos (Dazzini *et al.*, 2021); y desempeñan un papel elemental en el clima mundial por la captación de CO_2 (Ramírez, 2022).



Figura 2

Sitios RAMSAR

En 1971 en la Ciudad de Ramsar, Irán; 18 naciones impulsaron en un tratado intergubernamental que sirvió de marco para la acción nacional y la cooperación internacional, en pro

de la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos, que fue denominada Convención Ramsar, desde su creación hasta la actualidad se han sumado 169 países y se han inscrito 2,242 humedales, los cuales se les asigna

la categoría de sitios Ramsar, cubriendo una superficie total de 215, 253,189 hectáreas a nivel mundial equivalente al 38,9% de la superficie terrestre (Hernández *et al.*, 2018).

En México el 16.8% de su territorio está constituido por humedales (0.6% del mundo), esto equivale a una extensión de 3,318,500 hectáreas ubicadas en superficie continental y el perímetro litoral. Actualmente tiene un registro de 144 humedales como sitios Ramsar, constituyéndose en uno de los países con mayor número a nivel mundial (Hernández *et al.*, 2018).

Humedales, una alternativa para mejorar la calidad del agua

El mejoramiento de la calidad del agua es uno de los servicios ecosistémicos que proveen los humedales más importantes, son capaces de eliminar o reducir hasta un 80% de compuestos

orgánicos (nitrogenados y fosfatos) contenidos en las descargas superficiales y subterráneas de las aguas residuales, de uso agrícola, industrial y municipal; mejoran la calidad de agua para consumo humano al evitar o disminuir la toxicidad y, además disminuyen el riesgo de eutrofización en los ecosistemas (Díaz *et al.*, 2018).

La vegetación en un humedal tiene un papel importante en la química del agua, al remover los nutrientes e incorporarlos en sus tejidos, sirven como soporte para microorganismos, airean el sustrato, permitiendo tener gradientes de óxido-reducción anaerobios y aerobios. Los gradientes de óxido-reducción en los humedales son sumamente importantes para los procesos biogeoquímicos que ocurren en ellos y que mayoritariamente son responsables de la eliminación de contaminantes (Solano, 2020).



Figura 3

Entre los productos de mayor relevancia obtenidos por los procesos químicos son formas inorgánicas de fósforo y nitrógeno, son nutrientes esenciales para el desarrollo de organismo vivos, estos pueden ser limitantes de la producción primaria en los ecosistemas acuáticos y las formas del inorgánicas del nitrógeno están disponibles en el agua y son utilizadas por el fitoplancton y otros productores primarios. La concentración y tipos de reacción de estos elementos y compuestos son críticos para los procesos celulares como el crecimiento de las plantas y el control de la productividad primaria del sistema (Ramírez, 2019).

Los humedales naturales y artificiales tienen un conjunto de características o propiedades inherentes, pero realizan funciones similares ambos sistemas (Alikhani *et al.*, 2021), esto implica procesos biológicos, físicos y químicos, como la filtración, sedimentación, adsorción, volatilización, fitoacumulación y la actividad microbiana (Khan *et al.*, 2022), estos procesos se utilizan para controlar la contaminación en el medio ambiente.

Finalmente, los humedales artificiales al estar diseñados en un entorno semicontrolado, tienen resultados alentadores como ecotecnologías; realizan procesos biogeoquímicos aeróbicos y anaeróbicos que regulan la retención y eliminación de contaminantes (Hernández *et al.*, 2018).

Por ser sistemas específicos para el tratamiento de aguas residuales, aumentan las capacidades depuradoras de la vegetación y con ello la eficacia del sistema, al optimizar los procesos físicos, químicos y biológicos (Arteaga *et al.*, 2019), que remueven los contaminantes presentes en las

aguas residuales, son un tratamiento eficaz de aguas residuales urbanas, industriales, agrícolas, pecuarias o efluentes mineros, aguas contaminadas con petróleo y municipales, por ejemplo, en comunidades pequeñas, de hasta 1000 habitantes, y en áreas mayores de hasta 2000 habitantes (Pérez *et al.*, 2022).

Incluso tienen ventajas técnicas, económicas, sociales y estéticas sobre tratamientos convencionales de aguas residuales, ya que permiten lograr una buena calidad del agua tratada conforme a la normatividad vigente. Además, los costos de implementación, operación y mantenimiento, en comparación con los sistemas tradicionales de tratamiento de aguas residuales son menores, sus requerimientos energéticos de operación son mínimos, dado que la conducción del agua a los humedales es prácticamente por gravedad (Arteaga *et al.*, 2019).

Depuran nutrientes con una efectividad de remoción del 96% sólidos suspendidos totales (SST), 96% demanda biológica de oxígeno (DBO), 87% demanda química de oxígeno (DQO), y 30% para fósforo total. Son la mejor mitigación de pesticidas y fertilizantes, contienen en su mayoría fosfato que puede infiltrarse aguas subterráneas provenientes de la escorrentía de suelos agrícolas, dicho elemento es importante para los ecosistemas, pero en grandes cantidades pueden conducir a la eutrofización de cuerpos de agua (Pérez *et al.*, 2022). La remoción se realiza de forma biológica y fisicoquímica o bien interacción planta-nutriente, para lograr un proceso de purificación del cuerpo de agua eutrófico, absorben nutrientes por la interacción plantas y microbios, es un proceso complejo, que incluye una serie de reacciones químicas y biológicas, incluso fue estudiada por la NASA

desarrolló su propio sistema empleando microorganismos anaerobios y plantas emergentes (Arteaga *et al.*, 2019).

Referencias

- [1] Arteaga-Cortez, V., Quevedo-Nolasco, A., Valle-Paniagua, D., Castro-Popoca, M., Bravo-Vinaja, Á., y Ramírez-Zierold, J. "Estado del arte: Una revisión actual de los mecanismos que hacen los humedales artificiales para la remoción de nitrógeno y fósforo". *Tecnología y ciencias del agua*. 10 [5], pp. 319-343, 2019.
- [2] Díaz Carrión, I., Sedas Larios, E., y Burguillo Cuesta, M. Servicios ecosistémicos en humedales. En I. Díaz Carrión y M. Burguillo Cuesta (Eds.). *Servicios ecosistémicos en humedales, SEDEMA, 2018*, pp. 17-50.
- [3] Dazzini Langdon, M. y Navarrete Zambrano, H. *Bosques azules: Humedales en riesgo*. Una visión latinoamericana, 2018, pp. 96-110.
- [4] Hernández, M. y Moreno-Casasola, P. Almacenes y flujos de carbono en humedales de agua dulce en México, *Madera y Bosques*. 24, 2018.
- [5] Khan S., Ponce, P., Yu, Z., Golpira, H. y Mathew, M. Environmental technology and wastewater treatment: Strategies to achieve environmental sustainability. *Chemosphere*, 286 [131532], 2022.
- [6] Pérez, Y., Cortés, D., y Haza, U. Humedales construidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión. *Ecosistemas*. 31 [1], pp. 2279-2279. 2022.
- [7] Ramírez, D., Lértora, G., Vargas, R., y Aponte, H. Efecto de los incendios en la cobertura vegetal, almacenamiento de carbono y biomasa vegetal de un humedal costero. *Revista de Biología Tropical*. 70 [1], pp. 348-362, 2022.
- [8] Ramírez, A. *Funcionamiento ambiental de humedales fluviales tropicales: Condiciones de nivel del agua e influencia en factores fisicoquímicos del agua*. [Tesis de doctorado, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco], 2019.
- [9] Solano, V. *Tratamiento de agua residual azucarera utilizando un sistema híbrido (Digestión anaerobia-humedal construido)*. [Tesis de maestría, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México], 2020.