Humedales artificiales, ecoingeniería en instalaciones escolares

Artificial wetlands, eco-engineering in school facilities

Por Mónica Ilsy Jiménez Rojas

Resumen: Algunas instalaciones educativas han introducido recientemente humedales artificiales como un sistema verde de tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas, donde las plantas, los sustratos y los microorganismos se interrelacionan y actúan de manera similar a los procesos naturales, permiten eliminar contaminantes de forma limpia y rentable. Son sitios de conservación y aprendizaje que proporcionan beneficios ecológicos, educativos y sociales. En México y América Latina, su aplicación se ha ampliado para tratar aguas grises, reutilizar agua en jardines y reducir las cargas contaminantes de diferentes actividades escolares.
Palabras clave: tratamiento de aguas residuales, medio ambiente, nutrientes, plantas.

Abstract: Some educational institutions have recently introduced constructed wetlands as a green wastewater treatment system. These systems, in which plants, substrates, and microorganisms interact and function similarly to natural processes, enable the removal of pollutants in a clean and cost-effective manner. They serve as sites for conservation and learning, providing ecological, educational, and social benefits. In Mexico and Latin America, their use has expanded to treat graywater, reuse water in gardens, and reduce pollutant loads from various school activities.
Keywords: wastewater treatment, environment, nutrients, plants.

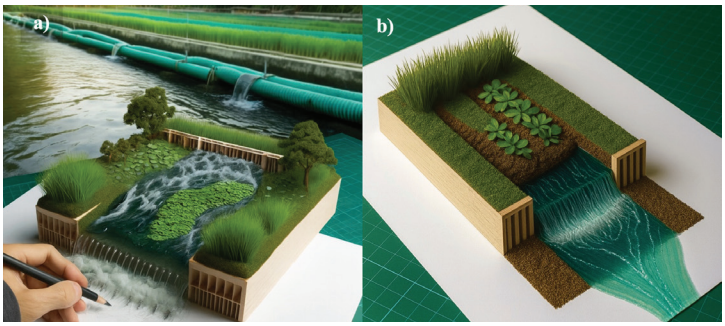
Las tecnologías basadas en la naturaleza, como los humedales artificiales, representan métodos alternativos para reducir el impacto ambiental, además de que gozan de simplicidad, bajo costo de operación y tienen capacidad para simular el proceso ecológico de purificación del agua sin requerir ningún tipo de infraestructura dura (Shrestha *et al*., 2001).

La inclusión de humedales artificiales en entornos educativos no solo enriquece la sanidad del agua, sino que proporciona educación práctica, basada en el cuidado de las áreas verdes (EPA, 2020).

Los humedales artificiales están compuestos por grava, arena, plantas acuáticas y comunidades microbianas cuyas funciones están diseñadas para descomponer y eliminar contaminantes en el agua. Los mecanismos físicos, químicos y biológicos, como la filtración, sedimentación y la actividad metabólica de bacterias beneficiosas, son la base del método de purificación (García *et al*., 2010). Estos sistemas se dividen ampliamente en dos tipos: a) Humedales de flujo superficial, en los que el agua fluye libremente sobre la superficie del sustrato, permitiendo el reverdecimiento y proporcionando un entorno de cría para la flora emergente (Figura 1a), y b) Humedales de flujo subsuperficial, donde el agua se mueve por debajo del

sustrato, evitando el contacto con lo que está en la superficie, y con ello, olores o invasión de mosquitos (Figura 1b).

Figura 1. Ejemplos de humedales: a) de flujo superficial y b) de flujo subsuperficial



Fuente: Elaboración propia con IA

Ambos modelos pueden aplicarse a distintos espacios educativos, desde jardines escolares hasta espacios de investigación universitaria (Figura 2).

Figura 2. Humedal artificial a escala, implementado en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) plantel Oriente, de la UNAM



Fuente: UNAM, 2023.

BENEFICIOS AMBIENTALES Y UN PLUS PARA LA EDUCACIÓN

Tratamiento natural y confiable del agua. Los humedales artificiales tienen la capacidad de limpiar materia orgánica, nitrógeno y fósforo, sólidos suspendidos y metales pesados. Aunque no reemplazan a las plantas de tratamiento avanzadas, son adecuados en aguas grises, efluentes pretratados y descargas sanitarias de bajo impacto. Además, son de bajo costo, ya que no dependen de aparatos sofisticados ni del uso constante de electricidad, esto implica una solución económica para escuelas con recursos limitados. El mantenimiento incluye pequeños servicios como la poda de plantas, controles de parámetros y la eliminación de materia sedimentada (Kadlec y Wallace, 2009).

Generación de biodiversidad. Con el tiempo, se generan pequeñas ecologías capaces de sostener aves, polinizadores, anfibios y microorganismos. Este aumento general de la biodiversidad equilibrará los ecosistemas de cada campus y establecerá áreas verdes activas. El mayor beneficio es el valor educativo de todo. Estos espacios funcionan como laboratorios ecológicos donde los ciclos biogeoquímicos, las asociaciones ecológicas y la filtración de agua pueden ser monitoreados de cerca como experimentos naturales. Esto resulta crucial para campos ocupacionales como la ingeniería ambiental, biología, química, agronomía y arquitectura (Kadlec y Wallace, 2009; Mitsch y Gosselink, 2015)..

ESTOS ESPACIOS FUNCIONAN COMO LABORATORIOS ECOLÓGICOS PARA MONITOREAR LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS Y LA FILTRACIÓN DE AGUA

Cultura ambiental escolar. Crear un humedal artificial en una escuela o universidad desencadena un cambio en la comprensión y propiedad del agua. Cuando los estudiantes ven realmente cómo una solución natural está ahí para un problema de agua y tierra, más llegan a un sentido profundo de responsabilidad y conciencia ecológica. Estos sistemas pueden incluirse en ferias de ciencias, proyectos escolares, actividades profesionales o programas de educación ambiental como parte de la identidad de la institución (UN-Habitat, 2008; Kadlec y Wallace, 2009).

En varias escuelas del país y del continente, se han introducido humedales artificiales para tratar aguas residuales de baños o laboratorios, reciclar agua tratada destinada a riego y disminuir la carga contaminante antes de descargarla de nuevo en un sistema de drenaje. Este método es adaptable y versátil, pues ha demostrado ser exitoso en climas tropicales, templados y áridos (Vymazal, 2010).

Con la escasez del agua y la contaminación, el uso de esta tecnología es una alternativa sostenible y económica. Su incorporación en escuelas y universidades no solo ahorra agua, sino que también concientiza a los estudiantes para que sean ciudadanos más considerados y cuidadosos con el medio ambiente. Integrar humedales artificiales en espacios educativos implica apostar por soluciones reales que tienen una gran promesa en redefinir la relación de la comunidad escolar con el mundo natural.

Referencias

Shrestha, R.R. *et al.* (2001). "Application of constructed wetlands for wastewater treatment in Nepal", en *Water Sci Technol*, vol. 44, núms. 11-12, pp. 381–386. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0855>.

EPA (US Environmental Protection Agency) (2020). *Constructed wetlands.*

García, Joan *et al.* (2010). "Contaminant removal processes in subsurface flow constructed wetlands: a review", en *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 40, núm. 7, pp. 561–661.

Kadlec, Robert H. y Scott D. Wallace (2009). *Treatment wetlands. CRC Press.*

Mitsch, William J. y James G. Gosselink (2015). Wetlands. John Wiley & Son, Inc.

UN-Habitat (2008). *Constructed Wetlands Manual. United Nations Human Settlements Programme.*

Vymazal, Jan (2010). "Constructed wetlands for wastewater treatment", en *Water*, vol. 2, núm. 3, pp. 530-549.



Mónica Ilsy Jiménez Rojas es docente e investigadora en la carrera de Ingeniería Ambiental en el Instituto Tecnológico de Mérida. Su trabajo se centra en el desarrollo e implementación de tecnologías sustentables para el tratamiento de aguas residuales, con especial énfasis en el diseño, evaluación y optimización de humedales artificiales. A través de proyectos de investigación aplicada, promueve la participación activa de estudiantes en el diseño, construcción y monitoreo de estos sistemas. Su labor contribuye al desarrollo de soluciones innovadoras para la gestión sostenible del recurso hídrico y a la formación de profesionales comprometidos con la protección del medio ambiente.