

Los humedales construidos como solución basada en la naturaleza para el tratamiento de aguas residuales: preguntas y respuestas

**Ulises Jáuregui-Haza
Enmanuel Vargas**



Los humedales contruidos como solución basada en la naturaleza para el tratamiento de aguas residuales: preguntas y respuestas

Ulises Jáuregui-Haza
Enmanuel Vargas



Jáuregui-Haza, Ulises

Los humedales contruidos como solución basada en la naturaleza para el tratamiento de aguas residuales : preguntas y respuestas / Ulises Jáuregui-Haza, Enmanuel Vargas ; presentación por Walkiria Estévez De Portes . -- Santo Domingo, República Dominicana : Fondo de Agua Yaque del Norte ; Fundación Propagas ; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales ; Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), 2025.

47 páginas : ilustraciones (a color) ; 30 cm

ISBN 978-9945-511-26-0

Incluye referencias bibliográficas y enlaces a materiales audiovisuales

1. Humedales 2. Aguas residuales - purificación 3. República Dominicana - Protección del medio ambiente 4. Desarrollo sostenible I. Título. II. Vargas, Enmanuel. III. Estévez De Portes, Walkiria,

RD
628.162
J371h

ISBN: 978-9945-511-26-0

Cuidado de edición

María Carla Picón

Corrección de estilo

María Carla Picón (DiEditores, S.R.L.)

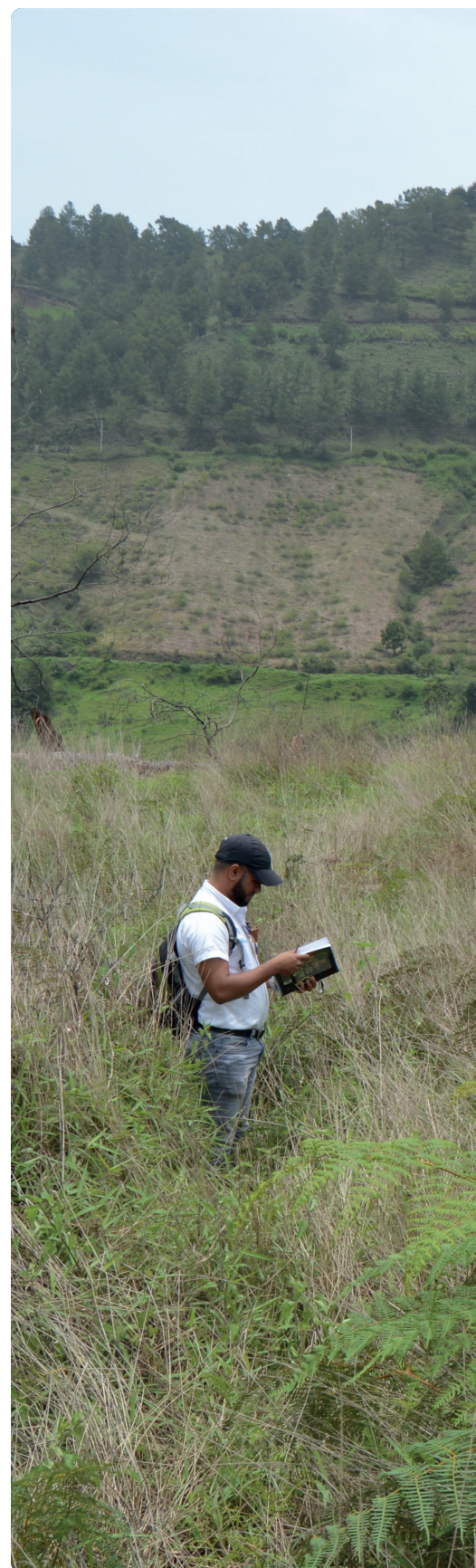
Diagramación y cubierta

Hermis Rodríguez Botier (DiEditores, S.R.L.)

Fotografías

Eduardo David Infante Sicard

Ulises Jáuregui Haza





Compromiso con el saneamiento sostenible: mensaje del Fondo de Agua Yaque del Norte

En el marco de nuestro firme compromiso con el agua, la educación y la sostenibilidad, hacemos entrega de este valioso recurso: el manual educativo “Humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales: preguntas y respuestas”. Esta herramienta pedagógica surge de un proceso colectivo orientado a fortalecer el saneamiento, promover la educación ambiental y avanzar hacia una gestión hídrica más consciente, inclusiva y sostenible en nuestro país.

Este material es uno de los productos del proyecto ejecutado por el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), como ganador de la convocatoria anual a proyectos de educación ambiental impulsada por el Fondo de Agua Yaque del Norte y sus socios, en especial, por la Fundación Propagas, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Grupo Universal. Esta convocatoria ha sido una plataforma invaluable para fomentar la creatividad, el conocimiento aplicado y la participación activa de la ciudadanía en los temas que nos conectan con la naturaleza y el futuro de nuestro país.

Con esta publicación, damos un paso más en nuestro compromiso de generar conocimiento accesible y pertinente sobre soluciones basadas en la naturaleza, como lo son los humedales construidos, para enfrentar uno de los grandes desafíos ambientales del país: el tratamiento de las aguas residuales.

Desde el Fondo de Agua Yaque del Norte hemos apostado a los humedales artificiales como una tecnología apropiada, sostenible y adaptada a las realidades de nuestras comunidades. Hoy contamos con una valiosa experiencia, junto al Plan Yaque, el financiamiento y apoyo de los socios y aliados del Fondo Agua Yaque del Norte hemos construido 28 humedales artificiales en diferentes puntos dentro y fuera de la cuenca del Yaque del Norte, beneficiando a miles de personas, mejorando la calidad del agua en los afluentes y contribuyendo a la salud y dignidad de las comunidades. Estos sistemas permiten la depuración de más de 430,000 metros cúbicos de aguas residuales al año, utilizando procesos naturales que imitan el funcionamiento de los ecosistemas de humedales naturales.

Pero más allá de cifras, lo más valioso ha sido el trabajo con las comunidades: la apropiación comunitaria; capacitación de operarios locales; la integración de niñas, niños, jóvenes y líderes comunitarios en el cuidado del agua. Este manual busca precisamente eso: sembrar conciencia, multiplicar saberes y empoderar a las comunidades para que sean protagonistas en la construcción de soluciones sostenibles.

Agradecemos a INTEC, y en particular a los autores de este valioso trabajo, Ulises Jáuregui-Haza y Enmanuel Vargas, por su dedicación y aporte técnico. Valoramos de forma especial el respaldo de nuestros socios financiadores, Fundación Propagas y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuya colaboración ha hecho posible este esfuerzo. Que este material sea leído, compartido, debatido y, sobre todo, llevado a la práctica, porque el futuro del agua se construye con educación, conciencia y la firme decisión de proteger lo que nos da vida.

Walkiria Estévez De Portes
Directora Ejecutiva del FAYN





Un saludo de los autores

Una de las grandes riquezas de nuestro planeta es el agua, sin ella, no hay vida. Sin embargo, desde el siglo XIX las fuentes de agua potable se han ido contaminando por el accionar inconsciente del hombre, que ha ido llevando a los cuerpos de agua los desechos de su vida doméstica e industrial.

Para disminuir la contaminación de las aguas se han empleado distintas tecnologías, pero cada día ganan más popularidad los procesos basados en la naturaleza, como lo son los humedales construidos. Por ello, es importante conocer qué son los humedales construidos, cómo funcionan, su papel en la conservación y protección de los recursos hídricos y de la vida de los ecosistemas urbanos.

El presente manual surge en el marco del proyecto “CAPACITACIÓN DE COMUNIDADES EN MANEJO SOSTENIBLE DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS BASADOS EN HUMEDALES CONSTRUIDOS”, auspiciado y financiado por el Fondo de Agua del Yaque del Norte y sus socios: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Fundación Propagas, con el objetivo de ayudar a niñas, niños, jóvenes, maestros, y a toda la población a entender mejor y a aprender la importancia del tratamiento de las aguas residuales como estrategia esencial para conservar y proteger los recursos hídricos de nuestro país y del planeta.

El manual está organizado como un diálogo de preguntas y respuestas. En este les explicamos qué son los humedales construidos; cómo funcionan; qué servicios ecosistémicos prestan; cómo operan; las exigencias para su mantenimiento; las principales barreras e impulsores para su implementación en la República Dominicana; el papel de las comunidades y el impacto ambiental y social de los humedales construidos, entre otros aspectos de interés. Además, compartimos con todas y todos enlaces a artículos científicos, videos y otros materiales audiovisuales que les permitirán enriquecer sus conocimientos sobre el tema.

Esperamos que este nuevo material se convierta en una herramienta útil y una fuente de saber para ustedes, para vivir y crecer en un mundo más armónico y saludable, lleno de agua limpia y transparente.

¡Disfrútenlo!

Ulises Jáuregui-Haza
Enmanuel Vargas





Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Agua del Yaque del Norte y sus socios, Fundación Propagas y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por el financiamiento de este manual en el marco de un proyecto de educación ambiental.

Al Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC) y al Plan Yaque por el apoyo institucional a los autores de este trabajo.

Al equipo de ediciones y a la biblioteca “Emilio Rodríguez Demorizi” de INTEC por su compromiso con esta obra.

A DiEditores, por su excelente y bello trabajo editorial y de diseño.



Contenido

1. ¿Qué son los humedales construidos?	3
2. ¿Cómo se clasifican los humedales construidos?	4
3. ¿Cómo funciona un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales?	6
4. ¿Cuáles son los principales criterios de diseño de los humedales construidos?	8
5. ¿Cuáles son las principales ventajas de los humedales construidos, en comparación con los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales?	10
6. ¿Cuáles son las principales limitaciones de los humedales construidos?.....	13
7. ¿En qué consiste la operación y el mantenimiento de un humedal artificial?	14
8. ¿Cuál es el rol que juega la comunidad en la sostenibilidad de un humedal artificial? ..	17
9. ¿Cuáles servicios ecosistémicos brindan los humedales artificiales?	18
10. ¿Cuáles son las plantas más comunes que se usan como cobertura en los humedales construidos?	21
11. ¿Cuál es la política para la construcción de humedales en la República Dominicana?.....	22
12. ¿Qué tan eficientes son los humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales?	25
13. ¿Cuál es el ámbito de aplicación de los humedales artificiales?	26
14. ¿Cuáles son los principales impulsores en la implementación de humedales en la República Dominicana?	29
15. ¿Cuáles son las principales barreras que limitan la implementación de humedales en la República Dominicana?	30
16. ¿Cuáles han sido las principales incidencias en el deterioro de humedales artificiales en la República Dominicana?	32
17. ¿Qué tipos de medios filtrantes son comúnmente usados en humedales artificiales?...	34
18. ¿Cuáles son los requerimientos para ampliar la aplicación de humedales en la República Dominicana?.....	36
19. ¿Dónde está la concentración más alta de humedales artificiales y por qué?	39
20. ¿Cuál es el impacto ambiental de un humedal artificial partiendo del análisis de su ciclo de vida?	40
21. ¿Cuáles son los pasos a tener en cuenta a la hora de proponer un humedal artificial como alternativa para el tratamiento de aguas residuales?	42
22. Referencias bibliográficas	45





1 ¿Qué son los humedales construidos?

Los humedales construidos (o *constructed wetlands*, en inglés) son sistemas diseñados y construidos artificialmente para imitar las funciones de los humedales naturales con el objetivo principal de tratar aguas residuales de origen doméstico, industrial o agrícola. Estos sistemas utilizan procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren naturalmente en los suelos, plantas y microorganismos para mejorar la calidad del agua. Se destacan por ser una tecnología sostenible, que simula la naturaleza, de bajo costo y adaptable a diferentes contextos, especialmente en regiones como América Latina y el Caribe, donde la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales puede ser limitada. Se emplean en el tratamiento de aguas residuales domésticas; de lixiviados de vertederos y aguas agrícolas; y en la reutilización de aguas tratadas para riego o recarga de acuíferos.

Los humedales construidos representan una herramienta clave para la gestión sostenible del agua en comunidades urbanas y rurales, especialmente en zonas con recursos limitados, ya que combinan eficiencia técnica, sostenibilidad ambiental y beneficios sociales.

Aprende más en:



2 ¿Cómo se clasifican los humedales construidos?

Los humedales construidos se clasifican principalmente según el tipo de flujo del agua y la vegetación predominante. Estas categorías permiten adaptar los sistemas a distintos tipos de aguas residuales, requerimientos de tratamiento y condiciones locales.

La clasificación según el tipo de flujo del agua depende de cómo esta se desplaza a través del sistema:

- a) *Humedales de flujo superficial*: en este tipo, el agua fluye sobre la superficie del medio (suelo o grava). Imitan más de cerca el funcionamiento de los humedales naturales, son útiles para remover sólidos suspendidos, materia orgánica y nutrientes. Entre sus ventajas tenemos que son fáciles de construir y mantener, sin embargo, ocupan más espacio y pueden generar olores indeseables si no se gestionan adecuadamente.
- b) *Humedales de flujo subsuperficial*: el agua fluye por debajo de la superficie del sustrato, que usualmente es grava o arena. Existen dos subtipos: de flujo horizontal, en los que el agua se mueve de manera horizontal a través del medio; y de flujo vertical, donde el agua se aplica en la parte superior y percola verticalmente hacia el fondo. Tienen la ventaja de reducir el contacto del agua con la atmósfera, minimizando olores y el riesgo de proliferación de insectos. Su principal limitación es que requieren un diseño más cuidadoso y pueden necesitar bombas para garantizar el flujo.
- c) *Híbridos o combinados*: son sistemas que combinan humedales de flujo superficial y subsuperficial (horizontal y/o vertical). Ofrecen una eficiencia superior al poder tratar una mayor variedad de contaminantes. Por





otra parte, la vegetación juega un papel clave en la remoción de contaminantes y en el soporte de los procesos ecológicos. En función de la vegetación predominante los humedales construidos se clasifican en:

- a) *Humedales con macrófitas emergentes*: utilizan plantas cuyos tallos se encuentran por encima del agua, mientras sus raíces y rizomas están sumergidos (por ejemplo, *Typha*, *Phragmites*, *Scirpus*). Son los más comunes debido a su alta eficiencia en el tratamiento de aguas residuales.
- b) *Humedales con macrófitas flotantes*: tienen plantas que flotan en la superficie del agua y tienen raíces libres como la *Eichhornia crassipes* o jacinto de agua. son adecuados para remoción de nutrientes y metales pesados.
- c) *Humedales con macrófitas sumergidas*: tienen plantas completamente sumergidas bajo el agua. Son menos comunes y se usan en casos específicos de tratamiento de agua.

Mira el siguiente video:



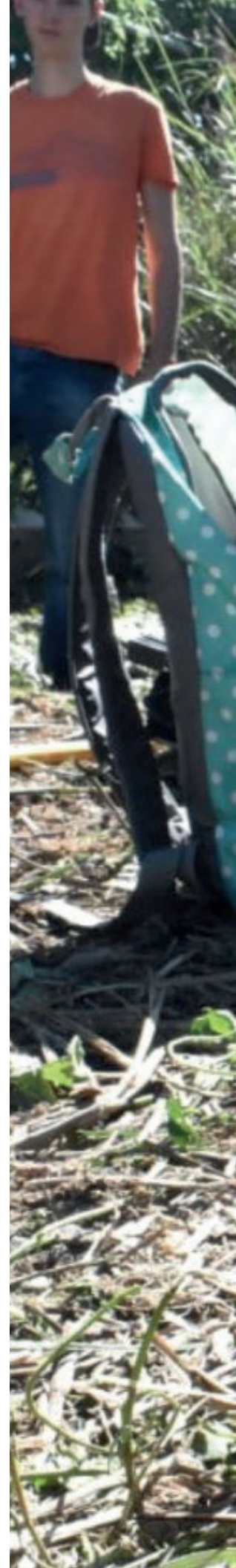
3 ¿Cómo funciona un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales?

Los humedales construidos funcionan imitando los procesos naturales de los humedales para tratar aguas residuales mediante interacciones físicas, químicas y biológicas entre el agua, el sustrato, las plantas y los microorganismos presentes. Este funcionamiento está basado en mecanismos de depuración que incluyen filtración, sedimentación, absorción, transformación y degradación de contaminantes.

Entre los mecanismos físicos de tratamiento en los humedales están la filtración y la sedimentación, que permiten que las partículas sólidas suspendidas en el agua sean retenidas al pasar a través del sustrato (arena o grava), por tanto, los sólidos más pesados se sedimentan en las zonas de baja velocidad de flujo.

Respecto a los mecanismos químicos, se pueden citar la adsorción en el sustrato, donde los contaminantes, como los metales pesados y el fósforo, se adhieren a las partículas del sustrato (arena, grava, arcilla); la precipitación química, que garantiza, en condiciones específicas, que ciertos compuestos disueltos precipiten y queden atrapados en el medio sólido; la reducción y oxidación (redox) de compuestos a través de los gradientes de oxígeno entre zonas aerobias (con oxígeno) y anaerobias (sin oxígeno), que favorecen la transformación de compuestos químicos, como la conversión de nitratos a nitrógeno gaseoso (desnitrificación).

En cuanto a los mecanismos biológicos, hay que destacar la actividad microbiana, ya que los microorganismos presentes en el sustrato y las raíces de las plantas degradan la materia orgánica y transforman compuestos como amonio en nitrógeno gaseoso (mediante nitrificación y desnitrificación), o metabolizan contaminantes complejos, como pesticidas e hidrocarburos. Igualmente hay que considerar la absorción de nutrientes (nitrógeno, fósforo) que las plantas incorporan en su biomasa, reduciendo su concentración en el agua. Las plantas no solo ayudan en la remoción de contaminantes, sino que también estabilizan el medio, proporcionan hábitats para microorganismos y mejoran la aireación del sistema. Pueden bioacumular metales pesados.





**Aprende
más
con el
siguiente
video:**





4 ¿Cuáles son los principales criterios de diseño de los humedales construidos?

Al diseñar un humedal construido deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- *Evaluación de la viabilidad:* el primer paso es determinar la pendiente del terreno mediante un perfil topográfico. Esto permite establecer si las aguas residuales pueden conducirse por gravedad desde los puntos de vertido hasta el sistema de tratamiento. También se utiliza esta información para calcular los perfiles de excavación y orientar el colector. Además, un censo demográfico identifica la población a servir, la disponibilidad y manejo de las aguas residuales en cada residencia, y la percepción comunitaria sobre los problemas de agua y saneamiento. Esto ayuda a evaluar la disposición de las familias para formar un comité de gestión del sistema.
- *Evaluación de las condiciones climáticas:* el clima afecta directamente la eficiencia del sistema. En climas cálidos, las altas temperaturas favorecen la actividad microbiana y el crecimiento de plantas, mejorando el tratamiento. En climas fríos, se requieren diseños más profundos para evitar la congelación. La luz solar es crucial para la fotosíntesis y la oxigenación, mientras que las precipitaciones influyen en la carga hidráulica



del sistema, requiriendo controles específicos en regiones con lluvias intensas o climas áridos.

- *Perfil del agua residual:* el análisis del agua residual incluye parámetros físicos (sólidos totales, temperatura, color y olor), químicos (pH, DBO5, DQO, nutrientes, grasas y aceites) y biológicos (coliformes y patógenos). Este perfil guía la selección y dimensionamiento del sistema de tratamiento. Calculando los mejores Tiempos Hidráulicos de Retención (THR), a los fines de lograr las metas de tratamientos y garantizando el cumplimiento de normativas ambientales y la eficiencia en la remoción de contaminantes.
- *Dimensionamiento del sistema:* el diseño de los tanques sépticos y del humedal artificial considera el volumen diario de aguas residuales generado por la población y las cargas de contaminantes, lo que define el Tiempo Hidráulico de Retención (THR) y, en consecuencia, las dimensiones a las que deben ser construidos los componentes del sistema. Para el humedal, se calcula el área superficial; dimensiones como ancho, largo y profundidad, teniendo en cuenta el caudal diario, la carga contaminante y los valores de diseño recomendados. La profundidad ideal es de 0.6 m (volumen efectivo) y un 1 m volumen total. Esto último para evitar condiciones anóxicas y garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

**Para más
detalles
técnicos
leer:**



5 ¿Cuáles son las principales ventajas de los humedales construidos, en comparación con los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales?

Los humedales construidos ofrecen numerosas ventajas en comparación con los sistemas convencionales de tratamiento de agua, especialmente en contextos donde los recursos económicos, técnicos y energéticos son limitados.

Los humedales construidos tienen bajo costo de construcción, operación y mantenimiento, consumen poca energía e imitan ecosistemas naturales para tratar el agua, reduciendo la necesidad de productos químicos y generando menos subproductos residuales. Aunque pueden emitir algunos gases (como metano en zonas anaerobias), los humedales bien diseñados pueden capturar carbono a través del crecimiento de la biomasa vegetal; proporcionan hábitats para fauna y flora local, ayudando a conservar la biodiversidad, especialmente en áreas degradadas y además tienen alta eficiencia en la remoción de nutrientes (nitrógeno y fósforo), materia orgánica, sólidos suspendidos, metales pesados y patógenos.

Son ideales para pequeñas comunidades donde los sistemas convencionales no son viables debido a limitaciones económicas o técnicas. Pueden adaptarse a diferentes tipos de aguas residuales (domésticas,

agrícolas, industriales) y a las condiciones climáticas y topográficas locales; el agua tratada puede reutilizarse para riego agrícola, recarga de acuíferos o incluso para usos paisajísticos. Su operación es simple; son más tolerantes a fluctuaciones en el caudal o la calidad del agua residual, lo que reduce el riesgo de fallos catastróficos comunes en sistemas convencionales; pueden combinarse con otras tecnologías para mejorar su eficiencia, como sistemas de pretratamiento o tratamientos terciarios; pueden diseñarse como espacios verdes o zonas recreativas, mejorando la calidad de vida de las comunidades cercanas y minimizan la emisión de olores, haciéndolos adecuados para áreas urbanas.

La siguiente tabla muestra de manera resumida las ventajas de los humedales construidos al compararlos con los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales.



Tabla 1

Humedales construidos vs. sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales

	Humedales construidos	Sistemas convencionales
Costo inicial	Bajo a moderado	Alto
Costo operativo	Muy bajo	Alto (dependencia de energía y químicos)
Complejidad técnica	Baja	Alta
Eficiencia energética	Alta (bajo consumo energético)	Baja (alta demanda energética)
Requerimiento de espacio	Alto	Bajo
Impacto ambiental	Positivo (biodiversidad y captura de carbono)	Negativo (residuos secundarios)
Costo de rehabilitación	Bajo-moderado	Alto

Para aprender más lee el siguiente artículo:





6 ¿Cuáles son las principales limitaciones de los humedales construidos?

Aunque los humedales construidos presentan numerosas ventajas, también tienen limitaciones que pueden afectar su implementación y funcionamiento. Estas limitaciones dependen de factores como las características del lugar, el diseño del sistema, las condiciones climáticas y la calidad del agua a tratar.

Los humedales construidos requieren un área significativa para tratar grandes volúmenes de agua, lo que puede ser un desafío en zonas urbanas densamente pobladas o donde el terreno disponible es costoso, esto los hace menos adecuados para lugares con alta demanda de tratamiento y espacio limitado. También presentan capacidad limitada para manejar aguas residuales con altas concentraciones de contaminantes orgánicos, metales pesados, aceites o grasas. El exceso de nutrientes o contaminantes tóxicos puede afectar negativamente la vegetación y los microorganismos, y a pesar de que son efectivos en la eliminación de materia orgánica y nutrientes, pueden no ser suficientes para la eliminación completa de patógenos, compuestos químicos específicos (por ejemplo, pesticidas) o contaminantes emergentes.

Comparados con sistemas convencionales, los humedales construidos requieren un tiempo de retención más largo para lograr niveles adecuados de tratamiento, lo que puede limitar su capacidad para manejar grandes caudales de manera rápida. Aunque el mantenimiento es sencillo, se requiere eliminar los sólidos acumulados en pretratamientos, hay que controlar las malezas o plantas invasoras y sustituir las plantas o sustrato deteriorado a lo largo del tiempo. Los sistemas de flujo subsuperficial pueden colmatarse (obstruirse) debido a la acumulación de sólidos o sedimentos, reduciendo la eficiencia del tratamiento y aumentando la necesidad de rehabilitación. En climas fríos, la eficiencia de los humedales construidos puede disminuir debido a la reducción de la actividad microbiana y el crecimiento de las plantas, mientras que, en climas secos, la pérdida de agua por evaporación puede ser significativa, afectando el caudal tratado.

**Para
aprender
más
puedes
leer:**



7 ¿En qué consiste la operación y el mantenimiento de un humedal artificial?

El mantenimiento y operación de un humedal artificial consiste en garantizar que todos sus componentes funcionen adecuadamente para lograr una remoción eficiente de los contaminantes en el agua residual. Esto incluye actividades periódicas enfocadas en la limpieza, el cuidado de la vegetación y la inspección del sistema para preservar su rendimiento y funcionalidad. Del mantenimiento y la operación va a depender la eficiencia y vida útil del humedal, ya que, sin un protocolo de operación y unos criterios claros del mantenimiento, el humedal no podrá mantener niveles de eficiencia en el tiempo y pudiera incluso colapsar.

Las actividades de operación y mantenimiento incluyen la limpieza de las tuberías internas del humedal, lo que previene obstrucciones que puedan afectar el flujo subsuperficial del agua a través del medio filtrante. También se realiza el entresaque, poda y cuidado de la vegetación, que está compuesta por especies macrófitas. Estas plantas son clave en el proceso de tratamiento, pero su densidad debe ser controlada para evitar que el sistema radicular



afecte la conductividad hidráulica y que el follaje limite la penetración de la luz solar. Asimismo, se retiran las plantas muertas que generan residuos orgánicos.

Otra actividad fundamental es el cuidado de los bordes y de la geomembrana de polietileno, encargada de impermeabilizar el sistema para evitar filtraciones que puedan contaminar las aguas subterráneas. Además, es esencial la inspección y regulación del nivel de agua, ya que esto asegura que los procesos de filtración, absorción, fitoacumulación y biodegradación se desarrollen de manera óptima.

El mantenimiento del humedal debe realizarse de forma regular, aunque la frecuencia puede variar dependiendo de las condiciones específicas del sistema y su nivel de uso. Finalmente, es importante destacar que el funcionamiento adecuado del humedal depende en gran medida de la eficiencia de los procesos preliminares, como la recolección, sedimentación y tratamiento de sólidos. Esto garantiza que el medio filtrante, compuesto por grava de tamaño mayor a 3/4", no se contamine con arcillas, limo u otros elementos que puedan afectar la granulometría y disminuir la eficacia del sistema.

Para llevar a cabo todas y cada una de las acciones de operación y mantenimiento, debe haber un equipo local entrenado que vele por el sistema, con operarios capacitados, ya que el operario de un humedal artificial resulta pieza indispensable para la operación y mantenimiento de este. Es la persona que aplica un control específico en cada fase del sistema, control esencial para prevenir, reducir a niveles aceptables o eliminar las causas que puedan afectar

el funcionamiento de dicho sistema. Los operarios no deben perder de vista que los humedales artificiales son sistemas de tratamiento que contienen especies vegetales, estructuras hidráulicas y procesos que requieren de una continua operación y supervisión para que la calidad del agua tratada cumpla con los requerimientos exigidos por la normatividad aplicable y para evitar costosas y molestas reparaciones.

Para más información disfruta del siguiente video:





8 ¿Cuál es el rol que juega la comunidad en la sostenibilidad de un humedal artificial?

La comunidad juega un rol crucial en la sostenibilidad de los humedales construidos, ya que su participación activa y su apoyo son esenciales para garantizar el funcionamiento adecuado, el mantenimiento a largo plazo y la integración de estas tecnologías en el contexto social y cultural.

Un diseño que considere las percepciones sociales, culturales y estéticas de la comunidad asegura una mayor aceptación y apropiación del proyecto.

Igualmente, la comunidad puede asumir tareas como la limpieza de áreas de pretratamiento, el control de malezas y la replantación, lo que reduce costos operativos. Los miembros de la comunidad pueden ser capacitados para supervisar el funcionamiento del humedal y reportar problemas como obstrucciones o crecimiento excesivo de plantas no deseadas. La sensibilización de la comunidad, a través de programas de capacitación, sobre la importancia del manejo adecuado de aguas residuales y la protección del sistema evita prácticas que puedan dañarlo, como el vertido de contaminantes no tratados o sólidos inadecuados.

Los humedales pueden generar subproductos como biomasa vegetal que la comunidad puede utilizar como material de compostaje o biocombustible. Un aspecto esencial está relacionado con la gestión

comunitaria y el empoderamiento local, lo que fomenta un sentido de propiedad, mejora su sostenibilidad y ayuda en la resolución de conflictos. Involucrar a la comunidad en el monitoreo participativo del sistema, con herramientas accesibles y capacitación básica, asegura que los problemas sean detectados y atendidos oportunamente. Es importante la colaboración con instituciones como las universidades, ONG o gobiernos locales para fortalecer el monitoreo y la mejora del sistema. Finalmente, resaltar que, en proyectos notorios en la región, la participación comunitaria ha sido clave para el éxito y la sostenibilidad de los humedales construidos, especialmente en áreas rurales y periurbanas donde los recursos económicos son limitados y la capacidad técnica debe ser complementada con el conocimiento local.

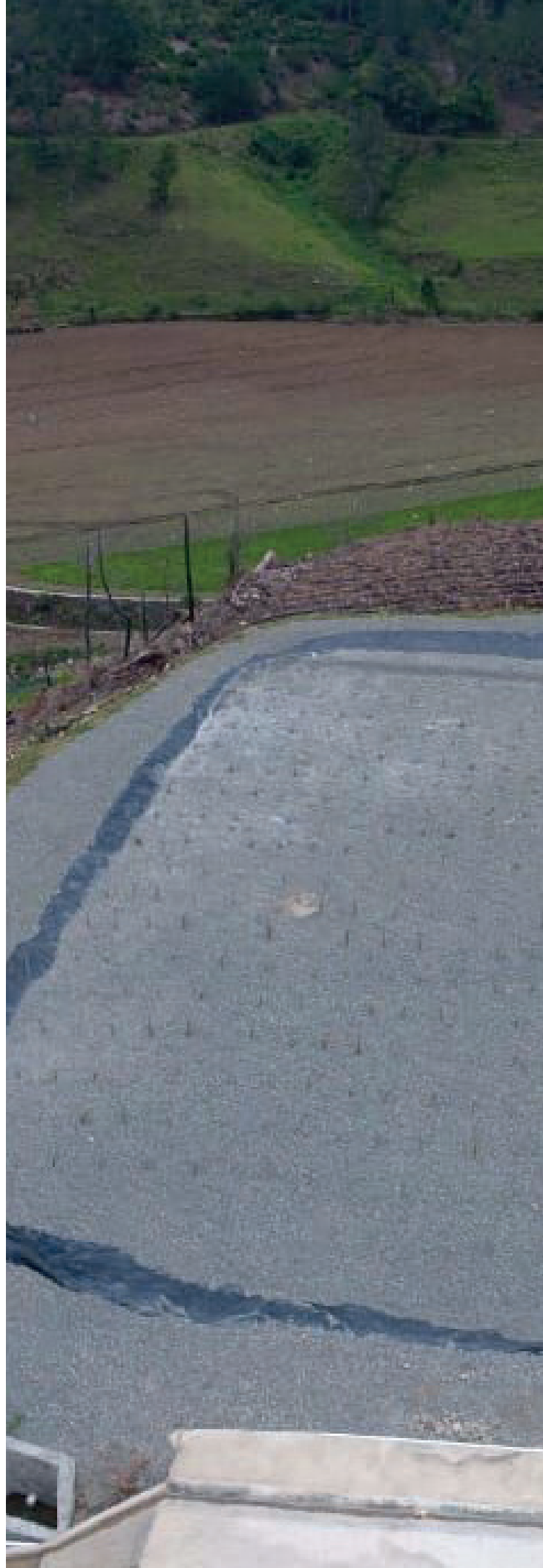
Para conocer un ejemplo en la República Dominicana, mira el siguiente video:



9 ¿Cuáles servicios ecosistémicos brindan los humedales artificiales?

Los humedales construidos, además de tratar aguas residuales, ofrecen una variedad de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar humano y al equilibrio ambiental. Estos servicios se pueden categorizar en servicios de provisión, regulación, culturales y de soporte. Los servicios de provisión se relacionan con los recursos directos que los humedales construidos pueden proporcionar a las comunidades, tales como la reutilización del agua tratada, la producción de biomasa y el uso de sedimento o material orgánico acumulado como fertilizante. Los servicios de regulación se relacionan con la regulación de procesos ambientales clave, que generan beneficios tanto locales como globales. Entre ellos podemos mencionar: el mejoramiento de la calidad del agua; el control de inundaciones; la regulación del microclima; la captura de carbono y la regulación del ciclo de nutrientes.

En cuanto a los servicios culturales, incluyen los beneficios no materiales que mejoran la calidad de vida de las personas, como el valor estético y recreativo, ya que diseñados adecuadamente, los humedales





artificiales pueden ser integrados como espacios verdes en comunidades, sirviendo para actividades recreativas o paisajísticas; la educación ambiental, por actuar como herramienta de sensibilización y aprendizaje sobre la importancia de los ecosistemas, los ciclos naturales y el tratamiento sostenible del agua; y por su valor de patrimonio cultural y cohesión social, los humedales artificiales pueden transformarse en símbolos locales de sostenibilidad, fomentando un sentido de pertenencia y orgullo comunitario.

Por último, los servicios de soporte son fundamentales para mantener el funcionamiento de los ecosistemas y sostener los demás servicios. A estos están asociados la promoción de la biodiversidad, dado que proporcionan hábitats para diversas especies de flora y fauna, incluyendo aves, insectos y microorganismos esenciales para el equilibrio ecológico; su papel en el ciclo hidrológico; y la conservación de la estructura del suelo.

Si bien los humedales contruidos no pueden replicar completamente los servicios ecosistémicos de un humedal natural, ofrecen una solución sostenible que garantiza varios de estos beneficios en áreas donde los humedales naturales han sido degradados o no están presentes.

Para aprender más sobre servicios ecosistémicos disfruta del siguiente video:





10 ¿Cuáles son las plantas más comunes que se usan como cobertura en los humedales construidos?

Las plantas más comunes empleadas como cobertura en los humedales construidos se caracterizan por su tolerancia a condiciones extremas, su capacidad de crecimiento rápido y su eficiencia en la remoción de contaminantes. Entre las plantas comúnmente utilizadas se encuentran las macrófitas emergentes, de eficiencia en la remoción de nutrientes y su capacidad para estabilizar el sustrato (*Phragmites australis* (carrizo común); *Typha* spp. (enea, totora, espadaña); *Scirpus* spp. (junco); *Cyperus* spp. (junquillo, papiro)); las plantas flotantes (*Eichhornia crassipes* (jacinto de agua); la *Lemna* spp. (lenteja de agua); la *Pistia stratiotes* (lechuga de agua)); las plantas sumergidas (*Ceratophyllum demersum* (cola de zorro); la *Hydrilla verticillata*).

Hoy en día se les presta especial atención a las especies locales y nativas por estar mejor adaptadas a las condiciones locales para minimizar costos, garantizar la sostenibilidad del sistema y evitar problemas asociados con especies invasoras. En la República Dominicana se utiliza principalmente el Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). En el Caribe y Latinoamérica se emplean el *Cladium jamaicense* (sawgrass); la *Thalia geniculata* y la *Strelitzia reginae* (ave del paraíso), esta última muy valorada por sus bellas y exóticas flores.

La elección de las plantas depende de varios factores: las condiciones del agua residual; el clima local; la facilidad de mantenimiento; y el impacto ambiental, dando preferencia a especies no invasoras y con beneficios ecosistémicos.

Para saber más de las plantas que se usan en los humedales construidos puedes leer:





11 ¿Cuál es la política para la construcción de humedales en la República Dominicana?

Actualmente, no hay políticas definidas en la República Dominicana para la construcción de humedales artificiales. Sin embargo, debe llevarse a cabo una serie de pasos para poder ejecutar un proyecto de este tipo, tales como:

- a) Identificación de una comunidad con interés en la implementación y con organización local (junta de vecinos), motivada e interesada en resolver su problema de saneamiento.
- b) Participación de una entidad que evalúe la situación de saneamiento, diseñe y construya el humedal.

- c) Obtención de la autorización ambiental correspondiente.
- d) Financiamiento por parte de entidades dispuestas a aportar económicamente en el proyecto o a gestionar los recursos con terceros.

Para ambos casos, luego o en el proceso de construcción del sistema, se crean capacidades que puedan velar por el sistema en el tiempo, las cuales, para el sector público, consisten en comités comunitarios, donde un equipo, en representación de la comunidad, es empoderado y entrenado para llevar a cabo acciones de mantenimiento y operación. A la vez, que integran al resto de

la comunidad en el proceso, por lo general, mediante aportes colectivos que sirven para pagar las operaciones y comprar algún material necesario en algunos casos.

La idea de una política integral debe promover la construcción de humedales y establecer un marco regulatorio que fomente la colaboración entre el gobierno, ONG, Fondos de Aguas, corporaciones de agua y el sector privado. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales debe tanto establecer normativas y procedimientos regulatorios, como capacitar a los involucrados en dirección a tales fines, mientras los gobiernos locales identificarán comunidades prioritarias y gestionarán permisos, ampliando el saneamiento en los municipios con esta tecnología.

Las corporaciones de agua deben asumir un rol de supervisión del diseño, operación y del monitoreo. Las ONG accionan como soporte mediante las evaluaciones e iniciativas en comunidades vulnerables.

Debe crearse una entidad nacional de humedales artificiales, que tenga por naturaleza la gestión de financiamiento público-privado, diseñar, implementar, evaluar y reportar los resultados de los humedales construidos. Impartir capacitaciones, promover e incentivar a la construcción de humedales y llevar líneas de investigación con la academia nacional, de manera tal, que se trabaje sobre una plataforma de innovación científica y que se extienda la ampliación de humedales en distintos escenarios nacionales. Lo anterior, alineado con la estrategia nacional de saneamiento y su enfoque integral, busca mejorar la gestión de aguas residuales, proteger el ambiente y fortalecer la gobernanza local.







12 ¿Qué tan eficientes son los humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales?

Los humedales construidos son altamente eficientes para el tratamiento de aguas residuales, y su desempeño depende de factores como el diseño, el tipo de flujo, las características del agua residual y las condiciones ambientales. Han demostrado ser eficaces en la eliminación de una amplia gama de contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas como la materia orgánica, con una reducción típica de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) entre 70-90 % y de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) entre 60-80 %. Respecto a los nutrientes la remoción del nitrógeno alcanza 40-80 %, dependiendo del tipo de flujo y la vegetación, y la del fósforo del 30-70 %, con mayor eficiencia en humedales con sustratos adecuados para la adsorción de fosfatos, como gravas o materiales ricos en hierro. Por su parte, la reducción de patógenos oscila para los coliformes fecales entre 90-99 %. Se ha reportado eliminación de metales pesados (plomo, cadmio, zinc) sobre los 50-90 %, dependiendo de la composición del sustrato, el tiempo de residencia y la capacidad de acumulación en las plantas. Por último, para otro parámetro importante, los sólidos suspendidos totales (SST), la eliminación es superior al 80 %.

Las principales dificultades en remoción, en el caso de los humedales de flujo subsuperficial horizontal, se han reportado para el fósforo y los patógenos, por lo que estudios recientes recomiendan combinar los procesos de tratamiento con humedales construidos con otros procesos como la filtración con carbón activados; filtros de infiltración de lecho mixto y procesos avanzados de oxidación, como la radiación ultravioleta.

Para más información lee el siguiente artículo:



13 ¿Cuál es el ámbito de aplicación de los humedales artificiales?

La República Dominicana se plantea que el 75 % de la población no cuenta con servicios de alcantarillado y que solamente alrededor del 10 % de las aguas residuales que se generan reciben algún tipo de tratamiento. Además, que las descargas de más de un millón de sépticos del país constituyen la mayor fuente de contaminación difusa.

Partiendo de la problemática planteada en la estrategia nacional de saneamiento y de la alta eficiencia de los humedales artificiales en la remoción de contaminantes, se entiende como ámbito de aplicación de los humedales artificiales aquellas comunidades preferiblemente periurbanas donde los vertidos predominantes están compuestos por aguas residuales domésticas, con topografía favorable a la conducción de las aguas residuales por efecto de la gravedad y con espacios suficientes para la construcción de humedales. Adicionalmente de que las condiciones topográficas y de la disponibilidad de terreno sean favorables, se entiende óptimo para aplicar humedales artificiales, las comunidades con estructura organizacional (juntas de vecinos, comités u otras), que puedan orientarse a operar y mantener la inversión del sistema construido. Por otra parte, son también aplicables los humedales artificiales en urbanizaciones, empresas de servicios e industrias cuyas aguas residuales tengan características de aguas residuales domésticas o en las cuales los humedales sean ponderados como tratamiento terciario para reducir cargas de DBO5 remanentes de sistemas centralizados ya construidos.

**Para
saber
más mira
este
video:**







14 ¿Cuáles son los principales impulsores en la implementación de humedales en la República Dominicana?

La implementación de humedales construidos en la República Dominicana está impulsada por una combinación de factores ambientales, sociales, económicos y políticos. Entre los principales impulsores están: (a) la necesidad de tratamiento de aguas residuales, motivado a que en la República Dominicana muchas áreas rurales y periurbanas carecen de sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales, lo que resulta en la contaminación de ríos, lagos y aguas costeras; (b) la disponibilidad de recursos naturales y condiciones para la implementación de los humedales construidos (clima favorable, disponibilidad de vegetación nativa, de grava, arena y otros materiales necesarios para los sustratos facilita la construcción de humedales a bajo costo); (c) el crecimiento del turismo sostenible, que demanda la protección de destinos turísticos, en cuyo caso los humedales construidos son una solución sostenible para manejar las aguas residuales generadas por hoteles, restaurantes y comunidades locales, lo que junto a que la industria turística busca certificaciones ecológicas, que requieren prácticas sostenibles en el manejo de aguas residuales es una oportunidad para el desarrollo de estos sistemas de agua; (d) los beneficios económicos y sociales, ya que los humedales construidos son más económicos

que los sistemas convencionales en términos de construcción, operación y mantenimiento, esto los hace accesibles para comunidades rurales; (e) el apoyo de instituciones y la cooperación internacional, que se evidencia por el desarrollo de proyectos piloto y programas de cooperación liderados por el Fondo de Agua Yaque del Norte y el Plan Yaque, la colaboración académica con instituciones como el INTEC y otras universidades locales que están investigando soluciones innovadoras y adaptadas al contexto local y las políticas de sostenibilidad, pues el gobierno dominicano ha priorizado proyectos relacionados con la adaptación al cambio climático y la gestión sostenible de recursos hídricos; (f) la vulnerabilidad climática de la República Dominicana, que es altamente sensible a fenómenos climáticos extremos, como huracanes e inundaciones, que pueden agravar los problemas de saneamiento para lo cual los humedales construidos ofrecen una solución resiliente, dado que pueden ser diseñados para manejar eventos de alta carga hidráulica; y (g) la concienciación comunitaria y educación ambiental, considerando que en las comunidades rurales, los humedales construidos pueden ser integrados en proyectos de desarrollo comunitario, fomentando un sentido de propiedad y sostenibilidad.



15 ¿Cuáles son las principales barreras que limitan la implementación de humedales en la República Dominicana?

La implementación de humedales construidos en la República Dominicana enfrenta diversas barreras relacionadas con aspectos técnicos, económicos, sociales y políticos. Entre las barreras técnicas se pueden mencionar la insuficiente experiencia técnica local, ya que los especialistas en diseño y construcción se concentran en el Plan Yaque y en pocas empresas privadas; la falta de mantenimiento regular a los tanques sépticos ubicados a la entrada de los humedales y la acumulación de sedimentos y materia orgánica, que en los humedales puede reducir su eficiencia y en las áreas con alta densidad de población o grandes volúmenes de aguas residuales, pueden no ser suficientes los humedales sin un diseño adecuado.

En cuanto a las barreras económicas destacan la falta de financiación, pues la construcción inicial de humedales, aunque más económica que los sistemas convencionales, sigue siendo una inversión significativa para comunidades rurales o pequeñas municipalidades; los costos de mantenimiento, que aunque no son altos pueden ser un obstáculo en áreas con recursos limitados; y la competencia con otras prioridades porque los gobiernos locales preponderan otras inversiones, como infraestructura vial o servicios básicos, por encima de soluciones ambientales.



Sobre las barreras sociales y culturales hay que destacar tanto la falta de concienciación pública, ya que muchas comunidades desconocen los beneficios de los humedales construidos, lo que puede generar resistencia a su implementación, como el estigma asociado a las aguas residuales por la percepción negativa hacia los sistemas de tratamiento, lo que puede dificultar la aceptación comunitaria, especialmente si los humedales están cerca de áreas residenciales. Asimismo, referir la participación comunitaria limitada en su gestión y mantenimiento; la preferencia por tecnologías convencionales, dada la tendencia a considerar estas plantas de tratamiento como soluciones más modernas y confiables, desincentivando la adopción de humedales; y la desconfianza en soluciones sostenibles.

Importante son las barreras institucionales y normativas como la ausencia de políticas específicas, pues en la República Dominicana no existen regulaciones claras ni incentivos que promuevan la adopción de humedales construidos como alternativa al tratamiento convencional de aguas residuales; la débil coordinación institucional evidenciada en la falta de colaboración entre las autoridades ambientales, municipales y académicas que dificulta la planificación e implementación de proyectos de humedales; y las demoras en el proceso de perisología por las autoridades gubernamentales para el diseño, construcción y operación de los humedales construidos en el país.

Por último, las barreras ambientales relacionadas con la disponibilidad limitada de espacio; los eventos climáticos extremos como los huracanes y lluvias torrenciales que pueden afectar la funcionalidad de los humedales al causar inundaciones o daños estructurales.

**Más
información
en:**



16 ¿Cuáles han sido las principales incidencias en el deterioro de humedales artificiales en la República Dominicana?

El deterioro de los humedales artificiales en la República Dominicana responde a una combinación de factores sociales, técnicos, económicos y regulatorios. Su sostenibilidad requiere la participación activa de la comunidad, una gestión institucional efectiva, financiamiento adecuado y políticas públicas que prioricen su implementación y mantenimiento. Esto permitirá aprovechar plenamente los beneficios ambientales, económicos y sociales que ofrecen estos sistemas.

Factores comunitarios y sociales: la ausencia de apropiación por parte de las comunidades provoca abandono y descuido, lo que reduce su funcionalidad y los convierte en áreas de desechos sólidos o espacios para la cría de animales. Además, la baja sensibilización y el limitado conocimiento de la población y de las autoridades locales sobre los beneficios ambientales de los humedales artificiales, dificulta su cuidado. Esto se ve agravado por la falta de campañas educativas efectivas que promuevan su importancia. Asimismo, la poca integración institucional y la falta de coordinación entre corporaciones de agua, autoridades ambientales y municipios debilitan la gestión y mantenimiento del sistema.

Factores técnicos y operativos: la deficiencia en el mantenimiento de los humedales artificiales también contribuye a su deterioro. Las raíces de plantas invasivas pueden dañar infraestructuras como tuberías, mientras que la baja frecuencia en la remoción de lodos o el uso de medios filtrantes no adecuados genera colmatación. La ausencia de una entidad responsable a largo plazo compromete aún más su operatividad. Adicionalmente, aunque son efectivos para tratar aguas residuales domésticas, los humedales artificiales presentan una capacidad limitada para tratar descargas industriales o aguas con contaminantes específicos. Esto requiere la implementación de técnicas adicionales, como desinfección química o radiación ultravioleta, para cumplir con los estándares de calidad.





Factores económicos y de infraestructura: la implementación de humedales artificiales se ve limitada por los requerimientos de grandes extensiones de terreno, lo que resulta problemático en áreas urbanas densamente pobladas o en zonas costeras con altos costos de suelo. Además, la falta de financiamiento continuo afecta su sostenibilidad, ya que las organizaciones ejecutoras no siempre establecen mecanismos financieros sólidos para garantizar su operación y mantenimiento a largo plazo.

Factores regulatorios: el marco normativo insuficiente es otro obstáculo significativo. Los procesos burocráticos para obtener permisos ambientales suelen ser lentos, lo que retrasa la implementación de proyectos. A esto se suma el desconocimiento de las autoridades sobre el impacto positivo de los humedales artificiales, dificultando su adopción. Por último, el desinterés gubernamental, debido a la percepción de los humedales artificiales como una inversión de bajo atractivo económico inmediato, limita el apoyo estatal y local para su desarrollo.

17 ¿Qué tipos de medios filtrantes son comúnmente usados en humedales artificiales?

Entre los medios filtrantes más ampliamente usados en humedales artificiales de flujo subsuperficial, están el biocarbón y la escoria volcánica. La combinación de diferentes materiales permite optimizar la eliminación de contaminantes, constituyendo un avance significativo hacia un tratamiento de aguas residuales más sostenible y eficiente.

El medio filtrante influye en aspectos esenciales como la conductividad hidráulica, la adsorción de contaminantes y el desarrollo de microorganismos necesarios para el tratamiento de aguas residuales. La elección del sustrato debe considerar propiedades físicas como la distribución del tamaño de partículas, la porosidad y la permeabilidad, y propiedades químicas que incluyan la capacidad de adsorber contaminantes clave como fósforo y nitrógeno. Además, es fundamental garantizar una buena conductividad hidráulica para prevenir obstrucciones y mantener la operatividad del sistema.

El biocarbón sobresale por su alta eficiencia en la adsorción de metales pesados, fósforo y nitrógeno. Es un material económico, ambientalmente estable y con una gran capacidad de poros, lo que lo convierte en un excelente filtro natural. Además, cuando se combina con otros sustratos, como gravas, mejora significativamente la eficiencia del sistema. La escoria volcánica,

que presenta una alta porosidad y es efectiva en la remoción de la demanda química de oxígeno y fósforo total, su capacidad de adsorción de fósforo, sin embargo, se satura rápidamente, por lo que requiere reposición frecuente en sistemas intensivos.

Los materiales orgánicos, como la cáscara de arroz y el mantillo, también son utilizados debido a su contenido de carbono orgánico, que mejora la eliminación de nitrógeno. Estos son económicos y sostenibles al ser subproductos agrícolas, aunque su descomposición gradual puede liberar compuestos no deseados o generar obstrucciones si no se manejan adecuadamente. Por otro lado, materiales como la zeolita, dolomita, arena, grava y apatita son comúnmente utilizados para la remoción de fósforo. Son estables, de larga duración y ampliamente disponibles, aunque su eficiencia en la adsorción de contaminantes específicos suele ser moderada.

La combinación de sustratos es una estrategia clave para maximizar sus ventajas y mitigar sus desventajas. Por ejemplo, la integración de biocarbón con grava puede optimizar la eliminación de contaminantes, ofreciendo un equilibrio entre costo, disponibilidad local y los objetivos específicos del tratamiento.



Para
saber más
mira este
video:





18 ¿Cuáles son los requerimientos para ampliar la aplicación de humedales en la República Dominicana?

La coordinación institucional y el fortalecimiento del marco regulatorio son fundamentales para promover la implementación de humedales artificiales en la República Dominicana. El Ministerio de Medio Ambiente debe liderar el proceso, garantizando el cumplimiento de la Ley 64-00 para el tratamiento de aguas residuales. Entidades como las corporaciones de agua e INAPA deben asumir roles proactivos en la promoción, construcción y mantenimiento

de los humedales, integrándolos en sus planes estratégicos. Además, se requiere una descentralización efectiva que dote a las municipalidades de estructuras claras para garantizar el seguimiento y expansión de estos sistemas.

El apoyo de la sociedad civil es igualmente esencial. Instituciones educativas deben desarrollar programas para sensibilizar sobre la importancia del agua y el tratamiento de aguas residuales. Las campañas



comunitarias pueden promover la valoración de los humedales y fomentar su implementación en el contexto local. Organizaciones sociales como Plan Yaque y Fondo Agua Yaque del Norte han demostrado su capacidad para implementar y monitorear estos sistemas. También es clave involucrar al sector privado, incentivándolo a invertir en la construcción y mantenimiento de humedales, destacando sus beneficios ambientales y su contribución a la responsabilidad social empresarial.

La sostenibilidad técnica exige diseños adaptados a las características locales, considerando ubicación, comportamiento social y disponibilidad de terreno. En zonas con alta contaminación, deben incorporarse sistemas complementarios para mejorar la eficiencia. Es crucial implementar

mecanismos de monitoreo continuo y capacitar a las comunidades para asumir un rol activo en el mantenimiento.

Promover los humedales como soluciones naturales contribuye a la mitigación del cambio climático y mejora ambiental. Difundir indicadores socioeconómicos y ambientales puede reforzar su aceptación y financiamiento. Finalmente, garantizar recursos públicos y privados, así como terrenos adecuados para su construcción, es esencial para asegurar su sostenibilidad.

La colaboración entre instituciones públicas, sociedad civil y sector privado es clave para el éxito de estos sistemas, que pueden transformar el tratamiento de aguas residuales en soluciones sostenibles y beneficiosas para el medio ambiente y las comunidades.





19 ¿Dónde está la concentración más alta de humedales artificiales y por qué?

La concentración más alta de humedales construidos en la República Dominicana está en la región norte o Cibao, debido a que la construcción de humedales ha sido parte de un programa de saneamiento para la recuperación de la cuenca del río Yaque del Norte, liderado por el Plan Yaque, Inc., el Fondo de Agua Yaque del Norte y sus socios y aliados, CORAASAN y, recientemente, el Plan Sierra y el Fondo Agua de Santo Domingo. Otra razón relevante es la importancia estratégica del Yaque del Norte. Esta cuenca hidrográfica es una de las más extensas y productivas del país. Abarca una parte significativa del Cibao, incluyendo zonas agrícolas clave como la Línea Noroeste, el Valle del Cibao Central y áreas montañosas. Conservar la cuenca del Yaque del Norte es vital para el riego agrícola (especialmente arroz, banano y otros cultivos de exportación), el abastecimiento de agua potable para ciudades como Santiago, la generación hidroeléctrica y la conservación de su biodiversidad local. Esto ha motivado numerosos esfuerzos para protegerla y restaurarla.

20 ¿Cuál es el impacto ambiental de un humedal artificial partiendo del análisis de su ciclo de vida?

El impacto ambiental de un humedal construido puede evaluarse mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), una herramienta que cuantifica los efectos ambientales a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida del sistema, desde la construcción hasta la operación y el desmantelamiento. El impacto ambiental de un humedal artificial incluye aspectos positivos y negativos en diversas categorías de impacto ambiental.

En cuanto a los beneficios ambientales, los humedales construidos tienen un impacto ambiental netamente positivo cuando se comparan con sistemas tradicionales de tratamiento de aguas residuales, debido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la reducción de la contaminación hídrica, el uso de materiales locales y reciclables, y los servicios ecosistémicos que brindan los humedales construidos.

A pesar de sus beneficios, los humedales construidos pueden generar impactos ambientales negativos en determinadas etapas de su ciclo de vida. En la etapa de construcción hay que tener en cuenta la obtención de materiales como grava, arena y geomembranas, que pueden generar impactos significativos, entre ellos, pérdida de biodiversidad en las zonas de extracción y emisiones asociadas al transporte de materiales; la producción de geomembranas genera emisiones de GEI y residuos industriales; las emisiones de gases en la operación y la acumulación de





lodos, que aunque son mucho menores que las plantas convencionales de tratamiento deben tenerse en cuenta en los cálculos de ACV; el consumo de espacio y algunos impactos por el mantenimiento asociados a la sustitución del sustrato (muy esporádica) o la vegetación que puede generar residuos y requerir insumos adicionales.

El impacto ambiental de un humedal construido, evaluado a través del análisis de ciclo de vida, es generalmente menor que el de sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales. Los beneficios superan los impactos negativos, especialmente cuando se implementan diseños optimizados. Además, su capacidad para mejorar la calidad del agua, promover la biodiversidad y ofrecer servicios ecosistémicos los posiciona como una tecnología sostenible y viable para el tratamiento de aguas residuales en contextos rurales y urbanos. Finalmente, los estudios de ACV demuestran que los humedales construidos, por la presencia de plantas, se constituyen en sumideros de dióxido de carbono, lo que los posiciona como alternativa a tener en cuenta en el mercado de carbono.

Para conocer más de este tema puedes leer el siguiente artículo:



21 ¿Cuáles son los pasos a tener en cuenta a la hora de proponer un humedal artificial como alternativa para el tratamiento de aguas residuales?

Proponer un humedal artificial como alternativa requiere seguir una serie de pasos organizados que garanticen su viabilidad, diseño adecuado, financiamiento y construcción. El primer paso es la evaluación de la viabilidad, que incluye analizar la topografía para verificar si las aguas servidas pueden ser conducidas por gravedad hasta el punto de tratamiento, así como la disponibilidad de terrenos para la obra. Es crucial considerar la integración comunitaria, evaluando si la comunidad está dispuesta a gestionar el sistema una vez construido, y realizar un análisis del perfil de calidad del agua para determinar si es adecuada para ser tratada en un humedal artificial.

Luego, se realizan estudios preliminares, que comprenden un censo comunitario para evaluar las condiciones socioeconómicas y de gestión del agua, seguido del diseño y dimensionamiento del sistema, donde se elaboran planos, presupuestos y cronogramas. En esta etapa se desarrolla un perfil técnico detallado del proyecto.

El siguiente paso es la gestión de fondos, presentando el proyecto a financiadores

potenciales, gestionando acuerdos y asegurando el desembolso de recursos. Posteriormente, se realiza un evento protocolar de inicio formal de la obra, fortaleciendo el compromiso comunitario.

La etapa de compra y contrataciones abarca licitaciones, adjudicaciones, adquisición de materiales y la contratación de personal especializado y mano de obra. A partir de ahí, se procede con la construcción del sistema, comenzando con la línea de conducción de aguas residuales, la construcción de cámaras sépticas y, finalmente, la construcción del humedal artificial. Esto incluye excavaciones, instalación de geomembranas, fontanería, filtros de grava y otros componentes esenciales, ajustados a las características específicas del proyecto.

En la fase final, se realizan trabajos de jardinería y embellecimiento, se instala un letrero informativo y se entrega el proyecto a la comunidad mediante una inauguración formal. Este proceso integral asegura que los humedales artificiales sean soluciones efectivas, sostenibles y bien gestionadas para el tratamiento de aguas residuales.



**Aprende
más del
siguiente
video:**







Referencias bibliográficas y enlaces a materiales audiovisuales

Altafin, I., & Wilk, D. (ed.). (2020). *Innovaciones en el desarrollo e implementación de humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en Latinoamérica y El Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Innovaciones-en-el-desarrollo-e-implementacion-de-humedales-construidos-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas-en-Latinoamerica-y-El-Caribe.pdf>

Arteaga Cortez, V. M. (2018). *Propuesta metodológica para la construcción de humedales artificiales*. [Tesis de doctorado en Ciencias, Colegio de Postgraduados]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3092/Arteaga_Cortez_VM_DC_Hidrociencias_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Banco Popular Dominicano [@Popularenlínea] (18 de diciembre 2019). *Inauguración de humedal artificial para la comunidad de Cristo Rey* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5f3yDXylkwc>

Benjamin, D. (2024). *Socio-technical challenges in applying the Nature-based solution of Wetland Restoration for Climate Action in the Netherlands* [Master's thesis, University of Twente]. http://essay.utwente.nl/102672/1/Benjamin_MA_BMS.pdf

- Christopher, N., Vachette, A., Horne, A., & Kosovac, A. (2024). Enhancing river floodplain management with nature-based solutions: Overcoming barriers and harnessing enablers. *Wiley Interdisciplinary Reviews. WIREs Water*, 11(4), e1723. <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/wat2.1723>
- City Adapt [@cityadapt9690] (15 de octubre 2021). Un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en Xalapa, México [Video] YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=wFK8Kj3TZy8>
- Dixon, A., Simon, M., & Burkitt, T. (2003). Assessing the environmental impact of two options for small-scale wastewater treatment: comparing a reedbed and an aerated biological filter using a life cycle approach. *Ecological Engineering*, 20(4), 297-308. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857403000077>
- Fuchs, V. J., Mihelcic, J. R., & Gierke, J. S. (2011). Life cycle assessment of vertical and horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment considering nitrogen and carbon greenhouse gas emissions. *Water research*, 45(5), 2073-2081. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135410008687>
- García Serrano, J., & Corzo Hernández, A. (2008). *Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/2474/JGarcia_and_ACorzo.pdf?sequence=1&isAl
- Garfí, M., Flores, L., & Ferrer, I. (2017). Life cycle assessment of wastewater treatment systems for small communities: activated sludge, constructed wetlands and high rate algal ponds. *Journal of Cleaner Production*, 161, 211-219. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617310569>
- IEB Chile [@iebachile7524] (5 de junio 2019). ¿Qué son los servicios ecosistémicos? [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=3ClZZvSkt3s>
- Li, L., Collins, A. M., Cheshmehzangi, A., & Chan, F. K. S. (2020). Identifying enablers and barriers to the implementation of the Green Infrastructure for urban flood management: A comparative analysis of the UK and China. *Urban forestry & urban greening*, 54, 126770. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866720305872>
- Marín-Muñiz, J. L. (2017). Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reúso del agua. *AGRO productividad*, 10(5). <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1028/879>
- Municipio Aguascalientes [@MunicipioAgs] (29 de abril 2015). *Descubre cómo funcionan los humedales* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=T5hgoUr7UyE>
- Pätzke, F., Schulze, C., Hack, J., Castro-Arce, K., Neumann, V. A., & Schröter, B. (2024). Attitudes of political-administrative decision makers towards the implementation of nature-based solutions in water management—a case study on a hypothetical constructed wetland in the Tárcoles River basin. *Ecosystems and People*, 20(1), 2339228. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/26395916.2024.2339228>

- Pérez, Y. A., Cortés, D. A. G., & Haza, U. J. J. (2022). Humedales contruidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión. *Ecosistemas*, 31(1), 2279-2279. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2279/1510>
- Pérez, Y., García-Cortés, D., Torres-Valle, A., & Jáuregui-Haza, U. (2023). Risk assessment of domestic wastewater treatment system based on constructed wetlands. *Sustainability*, 15(22), 15850. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/22/15850>
- Pérez, Y., Vargas, E., García-Cortés, D., Hernández, W., Checo, H., & Jáuregui-Haza, U. (2024). Efficiency and effectiveness of systems for the treatment of domestic wastewater based on subsurface flow constructed wetlands in Jarabacoa, Dominican Republic. *Water Science and Engineering*, 17(2), 118-128. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674237023000820>
- Resende, J. D., Nolasco, M. A., & Pacca, S. A. (2019). Life cycle assessment and costing of wastewater treatment systems coupled to constructed wetlands. *Resources, Conservation and Recycling*, 148, 170-177. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344919302046>
- Rogerson, R. J., Horgan, D., & Roberts, J. J. (2021). Integrating artificial urban wetlands into communities: a pathway to carbon zero? *Frontiers in Built Environment*, 7, 777383. <https://www.frontiersin.org/journals/built-environment/articles/10.3389/fbuil.2021.777383/full>
- Salas Ramírez, M. J. [@mariajosesalasramirez9319] (4 de noviembre 2021). Operación y mantenimiento de humedales artificiales [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=vnMJPrqiPaY>
- Sanjuán Carreño, K. A., & Rojas Sanguino, J. D. (2020). *Estudio y análisis del proceso constructivo de humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal para el tratamiento de aguas residuales*. [Tesis de grado en Ingeniería Civil, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.14167/584/Trabajo%20de%20Grado%20%20-%20Trabajo%20Final._removed.pdf?sequence=1
- Sustentando Ando - Ingenieria Ambiental [@ingenieriaambiental] (11 de octubre 2023). Diseño de Humedales Artificiales para el tratamiento de aguas residuales [Video] YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=EVcOqYGCWOW>
- Vargas, E., Pérez, Y., Hernández, W., Checo, H., García-Cortés, D., & Jáuregui-Haza, U. (2021). Design and assessment of a domestic wastewater treatment system based on a constructed wetland with subsurface flow in Jarabacoa, Dominican Republic. *Procedia Environ Sci Eng Manag*, 8, 371-380. http://procedia-esem.eu/pdf/issues/2021/no2/8_40_Vargas_21.pdf
- Veraart, J. A., van Oosten, C., Linderhof, V., Duku, C., Appelman, W. A., Groot, A. M., ... & Voskamp, I. (2024). Use of spatial information to remove barriers and to foster enablers of uptake of Nature Based Solutions for food production and water resource management in Ghana and the Netherlands. *International Journal of Water Governance*, 11. <https://journals.open.tudelft.nl/ijwg/article/view/6741>

- Vymazal, J. (2010). Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water*, 2(3), 530-549. <https://www.mdpi.com/2073-4441/2/3/530>
- Vymazal, J. (2011). Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review. *Hydrobiologia*, 674(1), 133-156. https://www.academia.edu/29617137/Plants_used_in_constructed_wetlands_with_horizontal_subsurface_flow_a_review
- Watoc [@watoc7547] (6 de agosto 2020). *Humedales contruidos* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Y5ldDa-8M7I>
- Ziegler-Rodríguez, K., & Garfí, M. (2025). Life cycle assessment of constructed wetlands: measuring their contribution to sustainable development. In *Emerging Developments in Constructed Wetlands* (pp. 169-193). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780443140785000064>



ISBN: 978-9945-511-26-0

