

Biofiltro con sargazo para la absorción de contaminantes en aguas grises

Eder R. Zúñiga Cruz; Alejandro Morales Hernández; Yunaira Y. García García

Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca eder.zc@ixtapaluca.tecnm.mx

Área: Biología

RESUMEN

Este proyecto de investigación se centra en el uso del sargazo, una macroalga marina abundante para la creación de biofiltros, donde se eliminarán residuos contaminantes encontrados en el agua del medio ambiente, ya que la contaminación del agua es un problema creciente en la actualidad, cual afecta de manera negativa a la salud humana. Esta tecnología busca proporcionar una solución sostenible al problema de contaminación del agua, aprovechando las propiedades del sargazo para mejorar su calidad y mitigar el cambio climático. El biofiltro propuesto utiliza sargazo como material principal, el cual cuenta con un sistema de flujo continuo y control de parámetros como lo son el pH, temperatura y el oxígeno.

La investigación se centrará en la evaluación, eficiencia del biofiltro en la remoción de contaminantes, se desea obtener una eficiencia del 90% en la remoción de bacterias y 82 % en la remoción de metales pesados, además de analizar los mecanismos de remoción de contaminantes, encontrando que la adsorción y la degradación son los principales procesos involucrados. Para la optimización del biofiltro se centrará en ajustar el diseño y la operación para obtener una mejor eficiencia y evaluar su eficiencia en la remoción de colorantes y contaminantes del agua, manteniendo la eficiencia del biofiltro durante al menos un mes sin reemplazar el sargazo, y evaluar el impacto ambiental y económico del biofiltro en comparación con tecnologías convencionales.

Palabras clave: biofiltros, biorremediación, remoción de contaminantes, sargazo

Introducción

El Sargazo es un tipo de macro alga marrón flotante que provee alimento, protección, y hábitat a muchas especies marinas. Mientras el Sargazo ejerce un rol importante en la salud y biodiversidad del ecosistema oceánico, también puede ser dañino en ciertas situaciones, donde se ha observado mortalidad en peces, tortugas y mamíferos marinos, **(Sargazo: Del Mar A la Costa, s. f.)**. La contaminación del agua es uno de los problemas ambientales más graves que enfrenta la humanidad en la actualidad. Las aguas residuales industriales, agrícolas y domésticas contienen una variedad de contaminantes que pueden dañar la salud humana y el medio ambiente.

Su causa principal es por el mal seguimiento en normatividad de desechos aguas residuales domésticas y los altos costos de los métodos tradicionales de tratamientos para remoción de metales (precipitación química, electrodiálisis, ósmosis inversa e intercambio iónico, etc.) son consecuentes del incremento de disposición inapropiada de aguas contaminadas por tales metales, lo cual provoca un impacto perjudicial en salud pública y vida acuática **(Peng et al., 2012; Caviedes et al., 2015)**.

Los biofiltros contruidos son sistemas artificiales con una función fundamental, la cual es depurar las aguas residuales; se incluyen entre los llamados sistemas naturales de tratamiento. En estos sistemas los contaminantes presentes en las aguas residuales son removidos por una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que se efectúan en el ambiente natural; entre estos procesos se encuentran la sedimentación, la adsorción a las partículas del suelo, la asimilación por las plantas y la transformación microbiana. **(Watson & Brix, 1993)**, además esta tecnología ofrece una alternativa sostenible y de bajo costo en comparación con métodos tradicionales.

Sin embargo, el sargazo también presenta características interesantes para la creación de soluciones sostenibles debido a su capacidad de absorción de contaminantes. Estudios recientes indican que las macroalgas poseen propiedades que las hacen útiles para la retención de metales

Página 47

Materiales y métodos

Selección y preparación del sargazo

Regla o calibrador	Ácido clorhídrico
Tijeras o cuchillo de presión	Ácido cítrico
Agua destilada	Horno de secado
Mortero pistilo	

1. Se debe seleccionar especies de sargazo adecuadas para la eliminación de contaminantes, como *Sargassum muticum*, *Sargassum natans* o *Sargassum fluitans*.
2. El tamaño adecuado para el biofiltro, generalmente es de entre 1-5 cm de longitud.
3. Seleccionar sargazo fresco para asegurar su capacidad de absorción.
4. Lavar el sargazo con agua destilada para eliminar impurezas y restos de suciedad.
5. Es necesario remover impurezas y minerales del sargazo mediante tratamientos químicos (p. ej., con ácido clorhídrico).
6. Estabilizar el sargazo mediante tratamientos químicos (p. ej., con polímeros) para mejorar su resistencia a la degradación.
7. Secar el sargazo a temperatura ambiente o en estufa a 50-60°C para eliminar exceso de humedad.
8. Moler el sargazo en partículas de tamaño uniforme (1-2 mm) para aumentar su superficie de absorción.
9. Activar el sargazo mediante tratamientos químicos (p. ej., con ácido cítrico) o térmicos (p. ej., calentamiento a 100°C) para mejorar su capacidad de absorción.

Diseño del biofiltro

En el diseño del biofiltro y después de la selección del tipo de sargazo a utilizar, se debe de tener una estructura el cual puede ser de plástico, fibra de vidrio, puede ser de forma rectangular o cilíndrica. Recibe el agua residual y permite la sedimentación de partículas gruesas.

Cámara de distribución, se encarga de distribuir el agua uniformemente sobre los diferentes lechos de sargazo.

Se debe de realizar pruebas con diferentes cantidades de capas de sargazo, esto ayudará en observar con cuantas capas de sargazo se obtiene una mejor absorción de contaminantes.

Área de recolección, donde se recoge el agua tratada y se realizan las diferentes pruebas como la medición de pH, temperatura, color, etc.

Inoculación de microorganismos para la descomposición de los contaminantes.

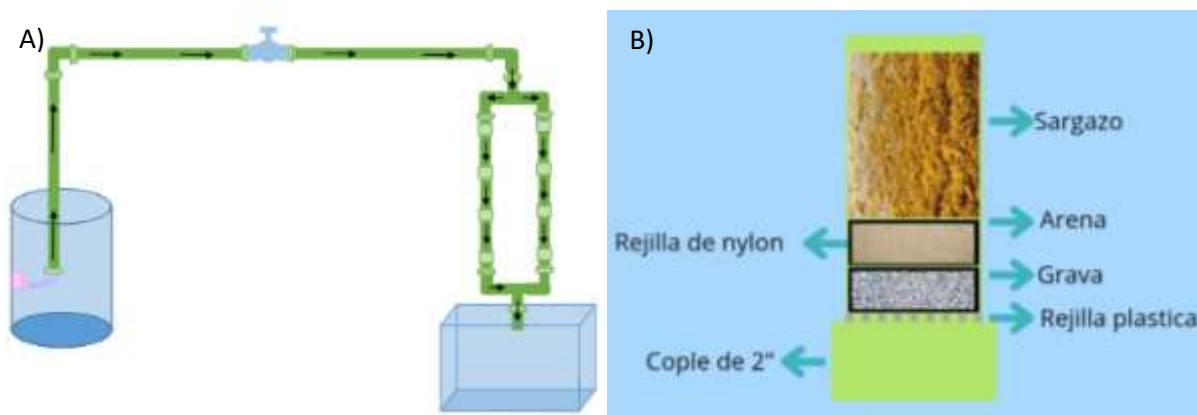


Figura 2. (A) Prototipo del biofiltro completo, (B) Cartucho con los elementos contenidos en su interior

1. Selección de microorganismos adecuados para la descomposición de los contaminantes específicos que se van a tratar, como bacterias.

Cajas Petri	Microscopio
Pipetas	Kit de tinción gram
Vasos de precipitado	Campana de extracción
Asa bacteriológica	Mecheros
Agitador	Autoclave

Preparación de los medios de cultivo:

1. Selecciona el medio de cultivo adecuado para cada tipo de bacteria (Mueller Hinton). En el cual pueden crecer *Pseudomonas*, *Streptococcus* y *Bacillus*.
2. Esteriliza todos los materiales, incluyendo el medio de cultivo, las placas de Petri, las pipetas y los instrumentos de siembra.
3. tomar una muestra de suelo y homogenizarla en agua dentro de un vaso de precipitado, posteriormente, colocar una pequeña muestra con el asa bacteriológica en el medio, utilizando la técnica adecuada.
4. finalmente se meten las cajas Petri en una incubadora o estufa, donde tiene que permanecer un tiempo de 24 hrs a 48 hrs para un óptimo crecimiento.
5. pasado el tiempo necesario, se hace una tinción gram y posteriormente observar en el microscopio.

Bacterias

1. *Pseudomonas*: Son bacterias que pueden degradar una amplia variedad de contaminantes, incluyendo hidrocarburos, pesticidas y metales pesados.
2. *Bacillus*: Son bacterias que pueden degradar contaminantes como los hidrocarburos y los pesticidas.

3. *Streptococcus*: Son bacterias que pueden degradar contaminantes como los hidrocarburos y los pesticidas.

Parámetros para el funcionamiento óptimo

Se debe de realizar un sistema de monitoreo, en el cual se debe de tener sensores los cuales miden los siguientes parámetros:

- a. La humedad óptima permite una actividad microbiana adecuada, si existe un exceso de humedad este puede inhibir el crecimiento de los microorganismos aeróbicos, mientras que una humedad muy baja puede reducir la eficiencia de la biodegradación.
- b. La temperatura influye en la tasa de biodegradación, en la mayoría de los microorganismos mesófilos tienen una temperatura óptima de crecimiento entre los 25 y 35°C.
- c. El pH óptimo que llegan a tener la mayoría de los microorganismos es entre 6 y 8 por lo cual es ligeramente ácido o neutro, es importante no llegar a sobrepasar estos valores de pH ya que en la actividad enzimática los microorganismos utilizan enzimas para descomponer las sustancias contaminantes, también influye en la solubilidad y disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento microbiano, y en caso de que se llegue a tener un pH muy bajo o muy alto puede favorecer la formación de compuestos tóxicos que inhiben la actividad microbiana.
- d. El tamaño de las partículas de sargazo afecta la superficie del contaminante del agua y la permeabilidad del lecho.
- e. Se deben de colocar nutrientes necesarios como lo son el nitrógeno y el fósforo, ya que los microorganismos los necesitan para crecer y desarrollarse adecuadamente

Parámetros del agua

- a. La concentración del contaminante en el agua influye en la carga del biofiltro, esto quiere decir que, a mayor concentración, mayor será la carga orgánica y, por lo tanto, mayor la demanda de oxígeno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de la investigación se encuentra en la etapa de la identificación de bacterias como lo son los streptococos, bacillus y pseudomonas, posteriormente, inocularlas en el sargazo

DESARROLLO DEL TEMA

Este proyecto de investigación aborda el diseño de un biofiltro basado en el uso de sargazo, una macroalga marina, como material principal para tratar aguas grises. La contaminación del agua, un problema ambiental crítico, se aborda utilizando este biofiltro que aprovecha las propiedades del sargazo para eliminar contaminantes, como bacterias y metales pesados, con una eficiencia objetivo del 90% y 82%, respectivamente. Además, esta tecnología promueve soluciones sostenibles, alineadas con la mitigación del cambio climático y la reutilización de recursos naturales abundantes.

El diseño del biofiltro incluye estructuras de plástico o fibra de vidrio que contienen capas de sargazo, distribuyendo uniformemente el agua a tratar y permitiendo la sedimentación de partículas. Se incorpora la inoculación de microorganismos específicos, como *Pseudomonas* y *Bacillus*, para mejorar la degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Paralelamente, el sargazo es sometido a procesos de lavado, secado y activación química para optimizar su capacidad de adsorción.

El funcionamiento del biofiltro depende de parámetros clave como humedad, temperatura (25-35°C), y pH (6-8). También se consideran la concentración de contaminantes en el agua y la inclusión de nutrientes como nitrógeno y fósforo para fomentar la actividad microbiana. Además, se evalúan métodos de monitoreo para mantener el desempeño óptimo del sistema durante su operación.

En términos de impacto, el biofiltro ofrece una alternativa económica y ambientalmente sostenible frente a métodos tradicionales como la ósmosis inversa o el intercambio iónico,

permitiendo un uso eficiente del sargazo como recurso y contribuyendo a la reducción de contaminantes en las aguas residuales.

CONCLUSIONES

El uso de sargazo en biofiltros representa una solución innovadora, sostenible y eficiente para el tratamiento de aguas grises, logrando altas tasas de eliminación de bacterias y metales pesados. Este enfoque no solo mitiga la contaminación ambiental, sino que también fomenta la reutilización de un recurso natural abundante, contribuyendo a una economía circular y al combate contra el cambio climático. La combinación de procesos químicos, biológicos y la inoculación de microorganismos específicos, junto con el control de parámetros clave como pH, temperatura y humedad, asegura un rendimiento óptimo y prolongado del sistema. Además, esta tecnología destaca por ser una alternativa económica y escalable frente a métodos tradicionales, con el potencial de transformar la gestión de aguas residuales en diferentes contextos.

BIBLIOGRAFÍAS

Caviedes, C., Domínguez, J. R., & Núñez, A. (2015). Impactos de la disposición inadecuada de aguas residuales en la salud pública y la vida acuática.

Peng, H., Zhang, Q., He, S., & Chen, J. (2012). Efectos del mal manejo de aguas residuales en los ecosistemas acuáticos.

Suárez, M., & Cuevas, P. (2019). Propiedades de las macroalgas en la remediación ambiental.

Watson, J., & Brix, H. (1993). Sistemas naturales de tratamiento: Procesos físicos, químicos y biológicos en biofiltros.

López, J. M., Martínez, A., & Pérez, R. (2021). Economía circular y sostenibilidad en el manejo de sargazo.

Sargazo: Del Mar a la Costa. (s.f.). Rol ecológico y desafíos ambientales del sargazo.