Tratamiento de hongos (Azolla) y bacterias (pseudomona) en aguas residuales

Lya Silvia Valdez Quispe a[[1]](#footnote-1), Saida Torres Huamani a2, Mijhayl Jack Cahua B a3, Gabriel Roger Ramos Q a4, Frank Omar Coque M a5, Jhonatan Choquechambi C a6.

*aEP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión”*

**Resumen**

La contaminación del agua conlleva serias consecuencias, entre ellas, la aparición y proliferación de diversos microorganismos que pueden afectar tanto el medio ambiente como la salud humana. Estos microorganismos tienen la capacidad de descomponer materia orgánica e inorgánica presente en el agua, y su presencia es más común en cuerpos de agua estancada como charcos, pozos, lagunas y depósitos sin tratamiento. Sin embargo, también pueden habitar en ríos y lagos contaminados, especialmente cuando estos reciben descargas de aguas residuales o desechos industriales.

El problema se agrava cuando estas aguas no son tratadas adecuadamente, ya que algunos de los microorganismos presentes pueden ser altamente patógenos, provocando enfermedades como diarreas, infecciones en la piel, cólera, hepatitis, entre otras. Esto representa un grave riesgo para las comunidades que dependen de fuentes de agua no seguras para su consumo o uso diario.

En este contexto, el artículo destaca la importancia de identificar y controlar los focos de contaminación, así como de implementar sistemas de tratamiento eficientes para garantizar el acceso a agua limpia y segura. Prevenir la exposición a aguas contaminadas es esencial para proteger la salud pública y conservar los ecosistemas acuáticos.

1. **Introducción**

La contaminación de los cuerpos de agua con desechos riesgosos contaminadas con distintos de desechos, ocasionados debido a las actividades antropogénicas, el agua dulce que nosotros consumimos se convierte en agua residual, llegando a afectar a los cultivos, al consumo humano y a los animales según su origen, en general llega afectar a nivel Ambiental al momento de liberar fosforo y nitrógeno en exceso, según la investigación realizada se sacó un promedio de 40% de personas que llegan a padecer de agua contaminada, mientras que otros se encuentran en escasez de agua. (Satpati, 2023)

Una vez que el agua se contamina, pueden desarrollarse diversos tipos de microorganismos, los cuales tienen la capacidad de descomponer materia orgánica e incluso inorgánica. La proliferación de estos microorganismos es más común en aguas estancadas, como charcos, pozos o cuerpos de agua sin movimiento. Sin embargo, también pueden encontrarse en ríos y lagos contaminados. Cuando estas aguas no reciben un tratamiento adecuado, se convierten en un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos potencialmente peligrosos, los cuales representan un riesgo significativo para la salud humana. Por esta razón, es fundamental evitar el consumo o contacto con aguas contaminadas y promover su tratamiento para prevenir enfermedades. (López, 2024)

Es por ello el proceso de tratamiento de aguas residuales sigue siendo uno de los principales desafíos ambientales a nivel global, según a las investigaciones realizadas. El 80% de estas aguas se vierten nuevamente al medio ambiente sin poder recibir un buen tratamiento o También no reciben tratamiento, y el ser humano lo consume sin necesidad previa. Para lo cual existe licuefacción hidrotermal (HTL) que es conocida como una de las tecnologías innovadoras que ayudan a transformar las biomasas húmedas en biocrudo dando una reducción de contaminación en aguas residuales.

Entre ellas También esta la fermentación que realiza un proceso biológico generado por los microorganismos, que También permite descomponer materia juntamente con la licuefacción, pero en compuestos más simples dando exquivacion de contaminantes.

Por lo tanto, es bueno aplicar tratamientos, para que así cause menos daño y no nos veamos afectados. Por lo tanto, nuestra investigación principal es la eliminación de los hongos y bacterias, realizando tratamientos. (Demirel, 2018)

1. **Desarrollo**

**S**e llego a revisar artículos de investigación y científicas, recientes obtenidos de base de datos especializados las cuales dan a conocer unas investigaciones y puntos importantes acerca de su importancia de cultivo de bacterias y hongos de las aguas residuales, permitiendo identificar y controlar cepas proteaginosas que pueden llegar a presentar un riesgo sanitario.

1**.1 Hongos Aspergillus y Penicillium**

Los hongos como Aspergillus y Penicillium son ampliamente utilizados como biosorbentes generalmente para los metales pesados ​​y otros tipos de contaminantes en aguas residuales debido a su alta capacidad de adsorción y afinidad. Por otra parte, también su disponibilidad en grandes cantidades tiene ciertas restricciones inherentes que podría generar lodos, poniendo en condiciones sensibles, es decir que podría llegar contaminar el agua porque supuestamente está descomponiendo y a la vez al agua lo está afectando. (Basha, 2024)

Estos hongos actúan en el agua generando problemas de sabor y olor. Se sabe que los miembros de los géneros Aspergillus, Penicillium y Fusarium son las que producen micotoxinas y aflatoxinas (B2 y G2), y actúan en aguas residuales, estancadas u en otras aguas contaminadas y estos mayormente llegan a afectar a los seres vivos, al momento de consumir. (Prabakaran, 2022)

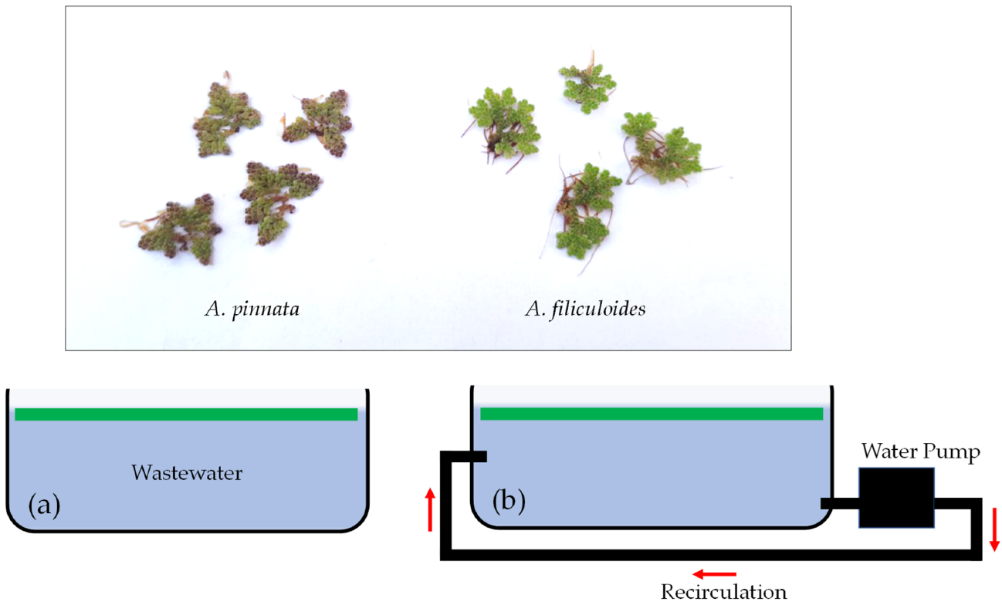
Frente a ello existe una solución que vendría a ser el tratamiento de agua residual con helechos acuáticos como la Azolla.

La *azolla* es un helecho acuático que se ha vuelto cada vez más esencial y conocida debido a su producción de biomasa y potencial de biorremediación. A contraparte de la mayoría de las plantas terrestres y acuáticas, la Azolla puede realizar su crecimiento eficientemente inclusive en ausencia de nitrógeno en las zonas estabilizadas, puede llegar a tener la capacidad de fijar el nitrógeno de su simbionte natural. (K, 2024)

El pequeño helecho Azolla ofrece un abundante espectro de los beneficios ambientales, su desarrollo constante y su resiliencia frente a las malezas resultaron ser muy importantes para ayudar en la descomposición de hongos. Según las investigaciones realizadas la Azolla ofrece amplios beneficios, y uno de ellos es la biorremediación de contaminantes peligrosos, es decir que beneficia en tratamiento de aguas residuales. (Goala, 2022)

El pequeño helecho acuático Azolla es la clave y importantísimo para abordar numerosos desafíos ambientales ya que este helecho podría ser beneficioso y eficiente para el futuro con el uso de sus recursos que mantiene. (Mohd, 2024)

Esta es uno de las practicas realizadas con Azolla, de la cuales se utilizaron dos variedades como (*A. pinnata* y *A. filiculoides*) estos tipos de helechos mayormente está en lagunas, manantiales, ríos u otros. Estos helechos fueron recolectados de un manantial en botellas de vidrio, y fueron llevados a un laboratorio donde se llegó a procesar, el proceso que puso en práctica y prueba, duro aproximadamente 16 días. Para ello se utilizaron recipientes de plástico transparentes de 35 L de capacidad con 30 L. Los experimentos se aplicaron en cinco zonas, es decir se realizaron cinco tratamientos (por triplicado): control (agua de pozo absoluta), S50 (15 L de agua de pozo + 15 L de AMR: modo estancado), S100 (30 L de AMR: modo estancado), F50 (15 L de agua de pozo + 15 L de AMR: modo de flujo) y F100 (30 L de AMR: modo de flujo), por separado para ambas especies *de Azolla. Se equiparon* con una bomba de agua donde se dejaron para mantener el caudal de 1.50 L/h , previamente aclimatadas y se dejaron crecer durante 14 a 15 días en condiciones de invernadero (18/6 h de luz/oscuridad, temperatura media de 28 °C y humedad relativa del 76 %). (Kumar, 2022)

*Figura 1. Disposición experimental de reactores de tanque (a) estancado y (b ) de flujo para el tratamiento de MFW utilizando dos Azolla spp. (Fotografías: Pankaj Kumar y Ashish Kumar Arya).*

Los resultados de su tratamiento llegan a dar resultados a partir de dos semanas que viene a ser los 14 a 15 días, logrando como resultado una biomasa significativa. (Arya, 2022)

Al obtener resultados de la dicha prueba que se puso en práctica durante un tiempo, llego a una conclusión. Mientras que los helechos estaban en producción, no permitían el crecimiento de hongos, más bien si había producción de hongos, la Azolla los desaparecía, es decir lo descomponía realizando una limpieza completa y manteniendo en estable el agua. (Miranda, 2020)

**1.2. Las bacterias Pseudomonas**

Se agregó dos tipos de Pseudomona, las cuales son: Pseudomona aeruginosa y Pseudomona fluorescens a las aguas residuales de procedencia urbana para así decidir la capacidad de reducción de sólidos suspendidos mediante un ensayo de laboratorio en tres tratamientos y tres repeticiones en la unidad de investigación microbiológica del CRU-Azuero en junio de 2017, se encontró que, P. aeruginosa disminuyó la concentración de sólidos disueltos de 1,24 g (control) a 0,03g, y la conductividad a 235 µS/cm, en mayor proporción que P. fluorescens y cultivo mixto, observado a través de los valores obtenidos en los 5 días de tratamiento. De este modo se aprecia que P. aeruginosa resulta eficaz en la biorremediacion de aguas residuales (Pimentel, Flores, Alfaro, Villarreal, & de la Cruz, 2018).

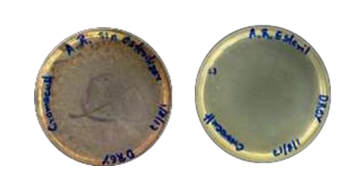


Figura 2. Sembrado de inoculo de agua residual en agar Chromocult, antes (izquierda) y después (derecha) de la esterilización.

| **Agua residual antes del tratamiento** | **pH** | **Conductividad (µS/cm)** | **% Sat O₂** |
| --- | --- | --- | --- |
| Cepa mixta | 7.13 | 748 | 33 |
| *P.fluorescens* | 7.12 | 758 | 26 |
| *P.aeruginosa* | 7.14 | 800 | 33 |
| Control | 7.13 | 759 | 26 |
| **Promedio** | 7.13 | 766.2 | 29.5 |

**Tabla 1.** Datos obtenidos de la colecta de agua residual, en la cual muestra valores elevados de conductividad, pero el bajo porcentaje de oxígeno.

| **Agua residual después del tratamiento** | **pH** | **Conductividad (µS/cm)** | **% Sat O₂** |
| --- | --- | --- | --- |
| Cepa mixta | 7.52 | 385 | 59 |
| *P. fluorescens* | 7.58 | 284 | 60 |
| *P. aeruginosa* | 7.36 | 235 | 65 |
| Control | 7.47 | 219 | 55 |

**Tabla 2.** Resultados obtenidos a partir de la repetición realizada en donde se muestra que *P. aeruginosa* pudo atacar y utilizar con mayor eficacia los compuestos presentes en las aguas residuales estudiadas.

Se está haciendo un estudio sobre cómo la bacteria Pseudomonas aeruginosa ayuda a limpiar lugares que están sucios con cosas difíciles de eliminar y metales que son venenosos; tóxicos. Esto es importante porque esta bacteria, debido a su diversidad metabólica, está en muchos lados y aguanta bien los químicos que se usan para limpiar estos ambientes, se convierte en una de las mejores opciones de esta corriente biotecnológica (Luján, 2019).

El agua es clave para la agricultura, pero cada vez hay menos agua limpia porque las ciudades, industrias y la propia agricultura la contaminan. Usar esta agua "sucia" para regar puede parecer útil por los nutrientes, pero es peligroso porque puede tener bacterias dañinas.

En Michoacán, México, un estudio encontró algo preocupante en el agua de los canales de riego: la bacteria Pseudomonas aeruginosa

**¿Por qué esta bacteria es tan problemática?**

* Causa infecciones: La Pseudomonas aeruginosa provoca infecciones en humanos (oído, piel, heridas) al contacto con agua contaminada, siendo un riesgo mayor para personas con fibrosis quística.
* Es muy "mala": Casi todas las Pseudomonas aeruginosa encontradas tenían genes que las hacen muy peligrosas y capaces de causar enfermedades.
* ¡Súper resistente a los antibióticos! Estas bacterias son multirresistentes, aguantando muchos tipos de antibióticos (entre 8 y 11 diferentes). Esto ocurre porque los antibióticos usados en humanos y animales terminan en el agua, fortaleciendo a las bacterias.
* Resistentes a metales pesados: El agua de riego también tenía metales pesados. Estas bacterias podían tolerarlos, y esto parece conectado a su resistencia a antibióticos, haciéndolas aún más fuertes (Romero-Velarde, y otros, 2017).

Las pseudomonas, especialmente una llamada Pseudomonas aeruginosa, son como unos bichitos que están por todos lados: en el agua, en la tierra y hasta en los hospitales.

Aunque no suelen enfermarnos si estamos sanos y bebemos agua con ellas, son un gran problema para las personas con defensas bajas (por ejemplo, los pacientes en un hospital). Pueden causar infecciones serias y lo peor es que son muy difíciles de eliminar con los antibióticos.

A estas bacterias les encanta vivir en lugares húmedos, como las tuberías de nuestra casa, los lavabos o las piscinas. Por eso, para evitar problemas, lo más importante es prevenirlas. Esto significa:

* Evitar que el agua se quede quieta (hay que dejarla correr de vez en cuando).
* Mantener nuestras tuberías en buen estado.
* Controlar la temperatura del agua.

Tanto en los hospitales como en casa, es súper importante hacer análisis de agua seguido para ver si hay pseudomonas. Y la clave para frenarlas es ser muy limpios y, a veces, usar filtros de agua especiales que las atrapan antes de que nos puedan afectar (free, 2024).

El agua sucia y la falta de agua limpia son un gran problema mundial, causando muchas enfermedades y muertes. Ciudades, fábricas y granjas contaminan ríos y lagos, dejando poca agua segura para nosotros.

Pero hay una esperanza: los Microorganismos Eficientes (ME). Estos son como un equipo de "bichitos buenos" que limpian el agua sin añadir más químicos. Fueron descubiertos en Japón y ahora se usan para muchas cosas, desde limpiar la tierra hasta eliminar malos olores. En Cuba, un producto llamado Versaklin, hecho con estos ME, se probó en zanjas muy sucias. Los resultados fueron buenos: Versaklin ayudó a limpiar la materia orgánica y, lo más importante, eliminó casi por completo los gérmenes que causan enfermedades (como los coliformes fecales).

En resumen, los ME como Versaklin son una solución económica y efectiva para tener agua más limpia y un ambiente más sano (Jareño Ochoa, y otros, 2020).

Para poder nosotros eliminar contaminantes agrícolas tóxicos, se ha verificado que estas bacterias del género Pseudomonas (como P. aeruginosa, P. putida y P. fluorescens) son totalmente efectivas, con un nivel de descomposición cercano al 90%. Estas bacterias son mejores en rendimiento en comparación a otras bacterias que solo logran entre un 40% y 50%, y también son más efectivas que bacterias como Bacillus o mezclas microbianas. Por tanto, las Pseudomonas son consideradas las mejores en procesos de bioremediación (Rosa Caballero, 2019).

La batería pseudomona es capaz de reducir Cromo VI (cromo hexavalente) un contaminante toxico. Se utilizó agua residual para la muestra y a través de pruebas en laboratorio, se identificó una cepa específica, Pseudomonas fluorescen. Esta bacteria tuvo un gran resultado, porque logró reducir el Cromo VI en un 51,9% en 12 horas bajo ciertas condiciones. Esto nos da a conocer que puede ser útil en procesos de biorremediación de metales pesados en ambientes contaminados (Castillo, y otros, 2015).

En este estudio, lo que hicieron fue tomar aguas residuales bien sucias de una planta en Collique, Lima, y les agregaron una bacteria llamada Pseudomonas putida para ver si podía ayudar a limpiarlas. Usaron diferentes cantidades de la bacteria y observaron el proceso durante cinco días. Lo interesante fue que las bacterias lograron reducir más de la mitad de la contaminación orgánica del agua. Además, las condiciones como el pH y la temperatura se mantuvieron adecuadas para que la bacteria hiciera bien su trabajo.

Con esto se demostró que la Pseudomonas putida sí tiene un efecto positivo en limpiar el agua de desecho, usando un método natural y sencillo. Esto es súper importante para el Perú, porque muchas plantas de tratamiento no limpian bien el agua y soluciones como esta podrían ayudar bastante a mejorar la calidad del agua que se devuelve al ambiente (Chiclla-Salazar, South Sustainability).

Esta investigación analiza una fábrica recapadora de neumáticos en Cuba donde la seguridad laboral está bastante descuidada. Básicamente, mientras la empresa se enfoca en producir, los trabajadores están expuestos a un montón de peligros que podrían evitarse. Lo más heavy es que ya han ocurrido accidentes graves: trabajadores que han perdido dedos, otros con quemaduras, e incluso la mayoría tiene problemas en los pulmones por respirar ese polvo de caucho. ¡Y encima han tenido incendios!

Al analizar los riesgos, encontraron que los más frecuentes son los físicos (como ruido y altas temperaturas) y los mecánicos (maquinaria peligrosa), que representan más del 56% de todos los peligros identificados. El área de producción es la más peligrosa, con casi el 70% de los riesgos. Lo que me parece más grave es la mala distribución de las áreas: tienen la caldera junto a la pizarra eléctrica y los compresores, ¡un desastre esperando a ocurrir! Además, los trabajadores no usan consistentemente su equipo de protección personal y la ventilación es pésima (Yamila Rodríguez Sotomayor, 2019).

Biorremediación:

El tema del mercurio, es un contaminante súper tóxico que llega a ríos y suelos, sobre todo por la minería. Lo peor es que es recontra persistente y se va acumulando en los peces y en la cadena alimenticia, ¡poniendo en riesgo nuestra salud y la del planeta! En países como Colombia, es un problema grandote por la minería de oro. Pero el estudio propone algo genial: en vez de usar métodos caros o que a veces contaminan más, ¡se puede usar la biorremediación. Por tanto, que los mismos microorganismos limpien el mercurio y ahí es donde entran las bacterias Pseudomonas. Lo que hicieron fue buscar estas bacterias en ríos contaminados con minería. Y lo increíble es que estas Pseudomonas resultaron ser unas guerreras: Lograron aguantar y hasta crecer en ambientes con un montón de mercurio, parece que tienen "superpoderes" o mecanismos especiales para defenderse del metal, como genes de resistencia o produciendo cosas para atraparlo o cambiarlo a una forma menos tóxica (Francisco Paternina-Mercado, 2022).

**3.Conclusión.**

En conclusión, el agua sucia constituye un peligro considerable y sigiloso, pero también relevante, para el bienestar humano y el equilibrio de nuestro entorno. La existencia de microorganismos en aguas sin tratar, sobre todo en estanques o lugares contaminados, puede generar enfermedades y empeorar la crisis sanitaria en comunidades vulnerables. Es crucial reconocer los peligros que conlleva el contacto con estas aguas y fomentar acciones efectivas como un tratamiento adecuado, la protección de fuentes de agua y la educación ambiental. Solo mediante una gestión responsable y anticipada de los recursos hídricos se podrá asegurar el acceso a agua potable y salvaguardar la salud de las personas y del medio ambiente.

# Bibliografía

Arya, A. K. (8 de Junio de 2022). Reciclaje sostenible de aguas residuales de granjas de hongos mediante el cultivo de dos helechos acuáticos ( Azolla spp.) en reactores de tanque estancados y en flujo. doi:https://www.mdpi.com/2311-7524/8/6/506

Basha, A. M. (Agosto de 2024). Avances recientes en el tratamiento de aguas residuales mediante procesos de fermentación anaeróbica: una revisión sistemática. *366*. doi:https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479724017109

Castillo, S., Díaz, T., Holguín, A., Peláez, C., Ramírez, M., Rodríguez, H., & Robles, H. (2015). Pseudomonas fluorescens reductora de Cromo VI a partir de agua residual de una curtiembre. *Científica de Estudiantes de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo*.

Chiclla-Salazar, D. B.-S. (South Sustainability). Efecto de Pseudomonas putida en la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en los efluentes de la PTAR-Collique, Lima. *South Sustainability*.

Demirel, R. (1 de Abril de 2018). Contaminantes fúngicos en sistemas de agua artificiales conectados al agua municipal. *16*(2). doi:https://iwaponline.com/jwh/article/16/2/244/38001/Fungal-contaminants-in-man-made-water-systems

Francisco Paternina-Mercado, J. B.-V.-A. (2022). Comportamiento cualitativo de Pseudomonas aisladas de aguas residuales, expuestas a mercurio. *Informador Técnico*, 205–219.

free, A. (2024). Pseudomonas en el agua: todo lo que hay que saber. *Revista Aqua free*.

Goala, M. (15 de Marzo de 2022). Reciclaje sostenible de aguas residuales de granjas de hongos mediante el cultivo de dos helechos acuáticos ( Azolla spp.) en reactores de tanque estancados y en flujo. doi:https://www.mdpi.com/2311-7524/8/6/506

Jareño Ochoa, M., Pérez Parra, Z., Castillo Pérez, A. d., López Hernández, S. M., Hernández Fernández, Y., & Benítez Merino, M. d. (2020). Resultados tomográficos luego del tratamiento del queratocono con crosslinking corneal. *Scielo*, 244–255.

K, S. D. (28 de Mayo de 2024). Explorando los beneficios multifacéticos de la azolla: una revisión exhaustiva de las contribuciones biológicas y prácticas de un helecho acuático. *50*(5). doi:https://ojs.nieindia.org/index.php/ijees/article/view/264

Kumar, P. (8 de Junio de 2022). Reciclaje sostenible de aguas residuales de granjas de hongos mediante el cultivo de dos helechos acuáticos ( Azolla spp.) en reactores de tanque estancados y en flujo. *8*(6). doi:https://www.mdpi.com/2311-7524/8/6/506

López, K. (29 de Febrero de 2024). Recuperación de nutrientes de aguas residuales mediante tratamiento con hongos y bacterias nitrificantes. *14*(4). doi:https://www.mdpi.com/2077-0472/14/4/580

Luján, D. (2019). Uso de Pseudomonas aeruginosa en biorremediación. (S. M. Bioingeniería, Ed.) *Revista Biotecnología*, 32–36. Obtenido de https://smbb.mx/wp-content/uploads/2019/08/5.-Lujan\_2019.pdf

Miranda, A. F. (1 de Abril de 2020). Plantas acuáticas, Landoltia punctata y Azolla filiculoides como bioconversores de aguas residuales en biocombustibles. *9*(4). doi:https://www.mdpi.com/2223-7747/9/4/437

Mohd, G. (7 de Marzo de 2024). Azolla Pinnata : Limpiador de petróleo flotante sostenible para cuerpos de agua. doi:https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.3c08417

Mohd, G. (7 de Marzo de 2024). Azolla Pinnata : Limpiador de petróleo flotante sostenible para cuerpos de agua. *9*(11). doi:https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.3c08417

Pimentel, G., Flores, R., Alfaro, Y., Villarreal, D., & de la Cruz, A. (2018). Aplicación de bacterias benéficas como modelo experimental para la reducción de sólidos y conductividad en aguas residuales. (U. T. Panamá, Ed.) *Revista de Iniciación Científica, 4*. Obtenido de https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1821

Prabakaran, S. (1 de Septiembre de 2022). Una revisión del estado del arte sobre los beneficios ambientales y las perspectivas de Azolla en aplicaciones de biocombustibles, biorremediación y biofertilizantes. *183*. doi:https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669022004253

Romero-Velarde, E., Campollo-Rivas, O., Celis de la Rosa, A., Vásquez-Garibay, E. M., Castro-Hernández, J. F., & Cruz-Osorio, R. M. (2017). Riesgo de dislipidemia asociado a obesidad en niños y adolescentes. *Salud Pública de México*, 361–369.

Rosa Caballero, V. I. (2019). *Uso de Pseudomonas para biorremediar suelos contaminados con plaguicidas organofosforados.* Lima, Perú.

Satpati, G. G. (20 de Abril de 2023). Una revisión del estado del arte sobre el cocultivo de microalgas y hongos en aguas residuales para la producción de biocombustibles. *870*. doi:https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723004436

Yamila Rodríguez Sotomayor, A. P. (2019). Influencia del género en la efectividad de la ozonoterapia en la estomatitis subprótesis. *Revista Información Científica*, 196–200.

1. [↑](#footnote-ref-1)