

Fitorremediadora del Helecho Acuático (*Azolla filiculoides*) en los efluentes residuales. Una alternativa de restauración ambiental¹

Phytoremediator of the aquatic fern (*Azolla filiculoides*) in waste effluents. An environmental restoration alternative

Yulianna Borda Romero, Angely Methabel Palomino Iturriaga, Teodoro Huarhwa Chipani, Crayla Alfaro Aucca

Cómo citar: Borda Romero, Y., Palomino Iturriaga, A., Huarhwa Chipani, T., Alfaro Aucca, C. (2024). Fitorremediadora del Helecho Acuático (*Azolla filiculoides*) en los efluentes residuales. Una alternativa de restauración ambiental. En: Pacheco Luza, E., Alfaro Aucca, C. (eds). *Desarrollo Sostenible y Responsabilidad social: un deber universitario*. Universidad Andina del Cusco /High Rate Consulting. <https://doi.org/10.36881/ODSRSU7>

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene el propósito de evaluar la efectividad fitorremediadora del helecho acuático (*Azolla filiculoides*) en los efluentes residuales municipales del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas. La evaluación se realizó durante un periodo de 60 días, durante los meses de junio, julio y agosto del 2022, en el distrito de Talavera, Andahuaylas, bajo condiciones de invernadero, donde se realizaron cuatro tratamientos con tres repeticiones, las cuales incluyeron: un tratamiento testigo con 30 litros del efluente residual, tratamiento, T1: 30 litros del efluente residual más 300 g de *Azolla*, T2: 30 litros del efluente residual más 400 g de *Azolla* y T3: 30 litros del efluente residual más 500 g de *Azolla*, se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Como parte de los objetivos, se realizó la evaluación de siete parámetros (Aceites y grasas, DBO5, DQO, Coliformes termotolerantes, pH, temperatura, sólidos totales en suspensión) siendo comparados con el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM - Límites Máximos Permisibles para efluentes residuales de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR). Asimismo, se demostró la influencia del perifiton en

1. Este trabajo es un extracto de la tesis Efectividad fitorremediadora del helecho acuático (*Azolla filiculoides*) en los efluentes residuales municipales del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, 2022. En embargo, en repositorio: <https://repositorio.uandina.edu.pe/item/db68b776-65f0-4f5a-9f98-327af8c6ad44>

la efectividad fitorremediadora del efluente residual municipal a través de análisis de ensayo cuantitativo de perifiton. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: para los tratamientos de la investigación, se obtuvo que a los 45 días los parámetros analizados alcanzan un porcentaje de eficiencia alto, el tratamiento T1 resulto ser el más efectivo, el DBO5 presenta un 99.9%, el DQO 96,9%, los Sólidos Totales en Suspensión con un 78%, aceites y grasas con un 98.6%, Coliformes termotolerantes al 100%, así mismo se obtuvo un pH básico y una temperatura en el rango de 18.5 a 19.61 °C.

Palabras clave: fitorremediación, Azolla filiculoides, agua residual, helecho acuático, perifiton.

Abstract

The purpose of this research work is to evaluate the phytoremedial effectiveness of the aquatic fern (*Azolla filiculoides*) in municipal waste effluents of the Talavera district, Andahuaylas province. The evaluation was carried out over a period of 60 days, during the months of June, July and August 2022, in the Talavera - Andahuaylas district, under greenhouse conditions, where four treatments were carried out with three repetitions, which included: a control treatment with 30 liters of the residual effluent, treatment, T1: 30 liters of the residual effluent plus 300 g of *Azolla*, T2: 30 liters of the residual effluent plus 400 g of *Azolla* and T3: 30 liters of the residual effluent plus 500 g of *Azolla*, a completely randomized block design (DBCA) was used. As part of the objectives, seven parameters were evaluated (oils and fats, BOD5, COD, thermotolerant coliforms, pH, temperature, total suspended solids) and compared with Supreme Decree No. 003-2010-MINAM - Maximum Permissible Limits for residual effluents from Domestic or Municipal Wastewater Treatment Plants (WWTP). Likewise, the influence of periphyton on the phytoremedial effectiveness of municipal waste effluent was demonstrated through quantitative periphyton test analysis. The results obtained were the following: for the treatments of the investigation, it was obtained that at 45 days the analyzed parameters reach a high percentage of efficiency, the treatment T1 turned out to be the most effective, the BOD5 presents 99.9%, the COD 96.9%, the Total Suspended Solids with 78%, oils and fats with 98.6%, thermotolerant coliforms at 100%, likewise a basic pH and a temperature in the range of 18.5 to 19.61 °C were obtained.

Keywords: phytoremediation, *Azolla filiculoides*, wastewater, aquatic fern, periphyton.

Introducción

La ONU (2020) señala que el agua es un elemento clave del desarrollo sostenible, esencial para el progreso socioeconómico, así como para la energía, producción de alimentos, los ecosistemas y supervivencia humana, es un componente básico para la adaptación climática y un vínculo primordial entre la sociedad y el medio ambiente.

En la actualidad los seres humanos se están enfrentando a grandes desafíos y uno de ellos es la disminución del recurso hídrico en todo el planeta, y una de las causas más preocupantes es el crecimiento poblacional y descarga de contaminantes en el agua natural, que son vertidos sin tratamiento a ríos y quebradas, ocasionando la pérdida de ecosistemas acuáticos, limitando de forma significativa la disponibilidad de este recurso en condiciones óptimas para el consumo humano.

Esta grave problemática plantea una gestión sostenible del agua, basada en la ecoeficiencia del recurso hídrico. Así, los usos de tecnologías sostenibles son alternativas que en la actualidad diversas comunidades o pueblos de los países en desarrollo, especialmente en Latinoamérica plantean para solucionar este problema. Según Villalobos (2016), así pues, la utilización de tecnologías tradicionales ya exploradas en países desarrollados tiende a ser muy efectiva, pero por lo general son muy costosas de construir y operar, lo que requiere el desarrollo e implementación de nuevos sistemas, con el fin de disminuir la carga contaminante del efluente y de esta manera recuperar el ecosistema acuático y por consecuencia, mejorar la salud de la población. Mendoza et al., (2016) indica que en términos de operación y mantenimiento, la fitorremediación es una opción económica para el tratamiento de aguas residuales, que también es ambientalmente responsable y libre de energía.

El objetivo de este estudio es utilizar ejemplos para mostrar la eficacia de los tratamientos con los que se pueden tratar los efluentes residuales municipales a través del uso de humedales artificiales a nivel experimental empleando la macrófita flotante helecho acuático (*Azolla filiculoides*) como sistema de tratamiento natural para acumular y degradar contaminantes a través de la fitorremediación y fitoextracción.

El agua es un recurso esencial para sustentar la vida y el crecimiento de una sociedad, pero actualmente este recurso tan de vital importancia está bajo mucho estrés en este momento. Diversos factores como la falta de planificación y ordenamiento territorial que se traduce en la inadecuada división de tiempo y espacio de la demografía; al igual que la polución y pérdida de hidrología, establecen un diagnóstico crítico, que se traduce en la inestabilidad del recurso hídrico. En el último decenio del siglo XX, la polución hacia el agua ha incrementado progresivamente en casi todas las cuencas hidrográficas de América Latina, África y Asia existiendo una principal causa, la intensificación de vaciado de aguas sin tratamiento al flujo hídrico más cercano como ríos o lagos (UNESCO, 2016).

De acuerdo con el Informe mundial de la ONU respecto a recursos hídricos; en países en desarrollo las aguas residuales en un 80% se descargan sin ningún tipo de tratamiento llegando a contaminar ríos, lagos y zonas costeras, provocando daño al entorno hidrológico, terrestre y subterráneo. Las aguas contaminadas vertidas a corrientes de agua, se transportan aguas abajo, infiltrándose en acuíferos perpetuando la calidad y disponibilidad de los recursos de agua dulce (UNESCO, 2019).

En el territorio peruano, para el año 2019, era muy usual verter aguas residuales sin tratar a la red de drenaje, aproximadamente 262 696 865 m³ por día donde solo el 32% de estas reciben tratamiento (INEI, 2020). Según el en el 'Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales' (PAVER) que está regido por la 'normativa Autoridad Nacional del Agua', la magnitud de aguas vertidas anualmente equivale

al 54 m³/s, dañando en el proceso fuentes superficiales de agua y 4 mil hectáreas agrícolas que son irrigadas con este tipo de agua (Fernández, 2006).

A nivel local, en la provincia de Andahuaylas todos los vertimientos de aguas residuales están aproximadamente en un 100%, y coinciden con el río Chumbao cuya ubicación está en zonas adyacentes a la población, siendo una Fuente importante de enfermedades y contaminación transmitida por moscas y ratas. Por lo tanto, la contaminación del río Chumbao es un problema latente, afectando principalmente la salud de la población, así como también las agrícolas y ganaderas influyendo de forma negativa en la economía local (Gobierno Regional de Apurímac, 2021).

Por otro lado, la EPS “EMSAP CHANKA S.C.R. LTDA” y el Consorcio Aguas Talavera S.A.C. (ATALSAC), órganos descentralizados que le permiten actuar de manera autónoma a nivel financiero y administrativamente adjunto a la Municipalidad Provincial de Andahuaylas, están encargados del servicio de agua potable y alcantarillado. Sin embargo, hoy por hoy la empresa no posee competencias a nivel administrativo, técnica o económica para manejar de forma efectiva y apropiada las aguas residuales y preservar el sistema de drenaje. Cabe resaltar que estas empresas fueron sancionadas por realizar descarga de aguas residuales sin permiso de la Autoridad Nacional del Agua hacia el río Chumbao y si esta problemática continúa. De seguir la problemática planteada, la población de la provincia de Andahuaylas tendrá que enfrentar de manera eminente, amenazas potenciales para la salud, seguridad alimentaria, lo cual no contribuirá al desarrollo económico de las generaciones actuales y futuras.

Clases de plantas acuáticas

De acuerdo con Valdivia (2019), “son aquellas que requieren bastante cantidad de agua en sus raíces para vivir, crecen en medios inmensamente húmedos y completamente inundados, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres. Se pueden clasificar en flotantes, sumergidas y emergentes” (p. 8).

a) Flotantes

Plantas superficiales que crecen encima del agua, por sus características flotantes se reproducen rápidamente y en corto tiempo. “Son sensibles al frío y a las heladas, por lo que, en zonas de clima frío, se recomienda tenerlas en un invernadero con una excelente luz y en lo posible expuestas al sol. Son especies que necesitan de pleno sol o sombra ligera” (Valdivia, 2019, p. 9).

Algunas especies que corresponde a este tipo son: “jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*); helecho de agua (*Salvinia* sp y *Azolla* sp), lechuga de agua (*Pistia* sp) y lentejas (*Lemna* sp; *Wolffia* sp y *Wolffiella* sp), helecho acuático (*Azolla filiculoides*)” (Valdivia, 2019, p. 9).

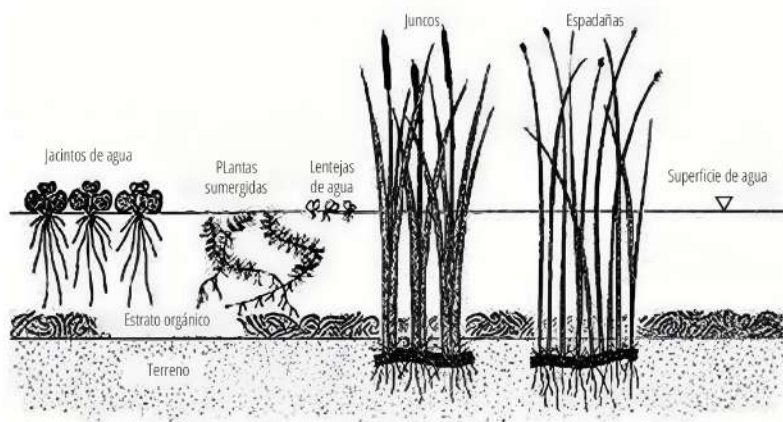


Figura 1.
Principales plantas acuáticas

Fuente: Principales plantas acuáticas (Flores Cornejo, 2018).

b) Sumergidas

Plantas reconocidas por no flotar, pero que tiene raíces arraigadas hacia la profundidad del agua. Estas plantas ayudan a oxigenar el agua, y no se encuentran en sitios que presentan vegetales flotantes, Elodea (*Elodea canadensis*) y la planta espada (*Echinodorus bleheri*) son dos ejemplos porque se les impide la iluminación y la fotosíntesis (Valdivia, 2019).

c) Emergentes o anfibias

Esta clase de plantas tienen raíces hacia el fondo y presentan hojas que salen hacia la superficie, en Suramérica, las cañas (*Phragmites* sp), juncos (*Juncus* sp) y totoras (*Typha* sp); ambas utilizadas en la creación de humedales artificiales como soporte para su enraizamiento (Valdivia, 2019).

Plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales

El hábitat de vegetación acuática, son los estanques poco profundos. Aunque, para los estudios se emplean lenteja de agua, que convergen en dos tipos de vegetación dominantes. El primero emplea plantas flotantes que se caracterizan por transportar dióxido de carbono, recabar oxígeno de la atmósfera y recibir minerales del agua (Frers, 2015).

El segundo de los tipos se trata de plantas subacuáticas, que presentan habilidades para absorber O, dióxido de carbono y minerales, pero al estar por debajo de agua turbia no son fácilmente identificables, además los componentes que realizan la fotosíntesis se encuentran bajo el agua (Frers, 2015).

a) Helecho Acuático (*Azolla filiculoides*)

“Las especies *Azolla filiculoides* y *Azolla caroliniensis*, considerado como hidrófitos se encierran bajo el nombre genérico debido a que ambas se encuentran frecuentemente confundidas en las citas bibliográficas existentes” (Cabezas, 2011, p. 15).

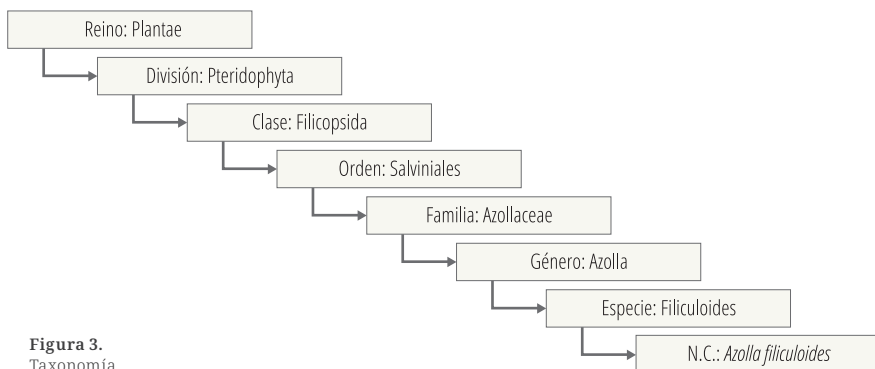
Según Espinoza y Gutiérrez (2003) citado por Cabezas, (2011), la apariencia del *Azolla filiculoides* “es de forma alargada con ramas en forma de pino, presenta un órgano reproductor masculino llamado microesporocarpio, posee de (40 a 65) esporangios, muestra menos de tres sectas sobre gloquidios en las másulas y textura punteada (parecida a una bola de golf) del órgano reproductor femenino (megaesporoderma)” (p. 16).



Figura 2.
Helecho Acuático (*Azolla filiculoides*)

Martelo y Borrero (2012) reconocen que el género *Azolla* presenta una forma de esporofito, que consiste en el tallo flotante del que surgen ramas laterales y raíces, que se encuentran sumergidas en agua. “Asimismo, poseen cofia terminal y varios pelos radicales; sus hojas son diminutas, alternas e imbricadas, desarrollan dos lóbulos, ventral y dorsal. El ventral es fino, con escasa clorofila y parcialmente sumergido, mientras que el lóbulo dorsal, es grueso, con abundante clorofila y siempre aéreo, con la propiedad de repeler el agua” (p. 24). Con frecuencia alcanza de 2 a 5 cm de largo, 4 cm de ancho y con un diámetro de 1-2 cm. Presenta también rizomas y raíces ramificados (1-3 cm) en determinados puntos lobulares.

La especie *Azolla* presenta las siguientes características taxonómicas:



Fuente: Taxonomía de *Azolla filiculoides*. Adaptación de Merino y Vásconez (2014) con base en Montaña (2010).

Aguas residuales

a) Aguas residuales domésticas

Este tipo de aguas “son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente” (OEFA, 2014, p. 3). El porcentaje de agua generada es directamente proporcional a la cantidad demográfica.

b) Características de las aguas Residuales

Buitrón et al. (2017) afirman que son características de aguas residuales los constituyentes físicos, químicos y biológicos, están relacionadas principalmente con el tipo de Fuente. Tener conocimiento de las características de aguas vertidas, permite la selección y diseño adecuado de “instalaciones de recogida, tratamiento y evacuación, así como para la gestión de calidad del medio ambiente”.

Características físicas de aguas Residuales Municipales

Sólidos Suspendidos Totales

“Los sólidos totales proceden del agua de abastecimiento del uso industrial, de uso doméstico, del agua de infiltración de pozos y de aguas subterráneas. La determinación de esta propiedad se define como residuo de evaporación a 103-105 °C” (Cerezo, 2011, p. 16).

Temperatura

Forman parte de los parámetros importantes, por su resultado en la naturaleza acuática o reacciones químicas. Por ejemplo, la variación de temperatura da resultado de elevados porcentajes de mortalidad acuática; ante temperaturas altas el oxígeno es menos soluble; por tanto, disminuye el oxígeno. Por otro lado, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a un crecimiento indeseable de plantas acuáticas y hongos (Cerezo, 2011).

Características químicas de aguas Residuales Municipales

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Forma parte de los indicadores de carga orgánica presente en aguas contaminadas, mientras sea mayor el DBO5 se elevará la cantidad de materia orgánica en degradación. Porque mide el nivel de O₂ consumido por microorganismos durante la oxidación química de la materia.

Como señala la División Calidad Ambiental (2020), “el indicador DBO5 se refiere al promedio anual (media aritmética) de la DBO5 medida en todas las estaciones de monitoreo de cada curso de agua. Para el cálculo del promedio deben considerarse al menos 4 muestreos distribuidos” (p. 4).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es uno de los parámetros claves además del DBO5 que señala cual es la cantidad de oxígeno que se demanda para oxidar químicamente el material orgánico presente en las aguas residuales.

La DQO es normalmente más alta que la DBO5 porque se pueden oxidar más compuestos orgánicos químicamente que biológicamente, se requiere de un tiempo menor para poder obtener los resultados. Así mismo, es posible correlacionar el valor del DBO5 y DQO, para evaluar la DBO5 con un valor conocido de DQO.

pH

Para determinar el pH, es necesario conservar los contextos favorables donde se desarrollen microorganismos responsables de estabilizar materia orgánica. Se caracterizan por tener un alto nivel de materia orgánica y un pH muy ácido, los cuales pueden afectar la calidad del agua.

c) Límites Máximos Permisibles (LMP)

Para el MINAM (2020), “es la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan una emisión,

que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y ambiente” (p. 1).

Figura 4.
Límites Máximos Permisibles para Efluentes de PTAR

Parámetros	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6,5 - 8,5
Solidos Totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: DS N° 003-2010-MINAM.

Antecedentes de uso de plantas Azolla filiculoides

Miranda et al. (2020), realizaron un trabajo titulado: “Plantas acuáticas, Landoltia punctata y Azolla filiculoides como bioconvertidores de aguas residuales al biocombustible”, ubicado en Australia, su objetivo fue: utilizar las plantas acuáticas, Azolla filiculoides y Landoltia punctate, como complemento fitorremediador de aguas residuales que contienen altos niveles de fosfato y nitratos.

Huayamave y Layana (2018), en su estudio “Determinación de la capacidad de absorción de metales pesados de la Azolla caroliniana en el Río Guayas/ Isla Santay” se plantearon como objetivo: establecer la facultad absorbente de A. caroliniana aguas residuales con Pb y Cu, en condiciones supervisadas de temperatura, humedad, pH, intensidad y tiempo en luz.

Callohuanca (2019), realizó el estudio “Uso de Macrofitas Flotantes en la Remoción de Nitrógeno, Fósforo y Sulfatos de las Aguas Residuales de Puno”, el cual tuvo como objetivo: estimar indicadores ambientales de aguas contaminadas derramadas en el interior de la bahía de Puno, asimismo se centró en evaluar la eficiencia de macrófitas flotantes en la eliminación de N, P y sulfatos. La metodología fue la siguiente: los macrófitos Azolla filiculoides Lam y Lemna gibba L se utilizaron en el estudio, realizado el 2019 durante las estaciones húmeda y seca.

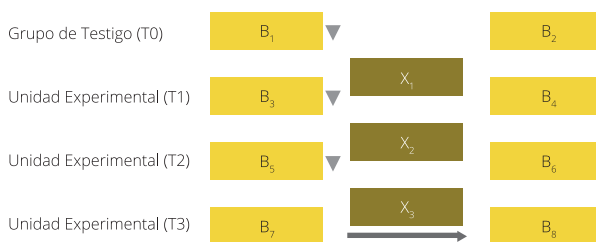
García (2012), desarrolló la investigación titulada “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas”, cuyo objetivo fue contrastar los niveles depurativos de *Azolla filiculoides*, *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* en aguas contaminadas. El tratamiento experimental siguió un proceso de ‘tandas’ en un estanque y ‘flujo continuo’ en tres estanques de manera que la metodología consta de 2 fases: la parte principal esta referida al uso vegetación acuática en monocultivos como *Lemna M.* y *Eichhornia C.*

Diseño de aplicación helecho acuático (*Azolla filiculoides*) en los efluentes residuales municipales

Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) expresan que el diseño preexperimental es aquel de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo. Generalmente es útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad. En esta investigación se tomó muestras del efluente Río Chumbao, las cuales fueron manipuladas y observadas bajo un control mínimo a través de experimentos. Por lo que el diseño de investigación es preexperimental.

Para la determinación de la muestra, se emplea el método DBCA o Diseño de Bloques Completamente al Azar, que requiere la toma de muestras del efluente residual municipal vertidas, para su posterior tratamiento a diferentes concentraciones de helecho; para finalmente evaluar e interpretar los resultados estadísticos y la caracterización del efluente, con base en la información recolectada.

Diagrama del Diseño:



Donde:

T0, T1, T2, T3: 30 litros de Efluente Residual Municipal

B1, B3, B5, B7: Medición de parámetros antes del proceso de fitorremediación (Aceites y grasas, pH, DBO₅, DQO, Coliformes Termotolerantes, Temperatura > 10, SST) – peso de biomasa del Helecho Acuático (*Azolla filiculoides*).

X1: 300 g de Helecho Acuático (*Azolla filiculoides*)

X2: 400 g de Helecho Acuático (Azolla filiculoides)
 X3: 500 g de Helecho Acuático (Azolla filiculoides)
 B2, B4, B6, B8: Medición de los parámetros después del proceso de fitorremediación (Aceites y grasas, pH, DBO5, DQO, Coliformes Termotolerantes, Temperatura, SST) – peso de biomasa del Helecho Acuático (Azolla filiculoides).
 El diseño experimental utilizado es un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y 3 repeticiones.

Tabla 1.
 Croquis del diseño de la distribución de tratamientos

Tratamiento	Repeticción 01	Repeticción 02	Repeticción 03
T ₀	T ₀ AR (Testigo)	T ₀ AR (Testigo)	T ₀ AR (Testigo)
T ₁	T ₁ AR + AZ ₁	T ₁ AR + AZ ₁	T ₁ AR + AZ ₁
T ₂	T ₂ AR + AZ ₂	T ₂ AR + AZ ₂	T ₂ AR + AZ ₂
T ₃	T ₃ AR + AZ ₃	T ₃ AR + AZ ₃	T ₃ AR + AZ ₃

Nota: con base en la metodología de estudio.

Leyenda:

- T: Tratamientos
- AR: 30 litros de Efluente Residual Municipal
- AZ1: 300 g de Azolla filiculoides
- AZ2: 400 g de Azolla filiculoides
- AZ3: 500 g de Azolla filiculoides

a) Fase de Elaboración de estanques de agua

Se construyeron 12 estanques de vidrio transparente de 3 mm cada uno con capacidad de 30 L, donde se depositó el efluente residual municipal del punto de vertimiento en el distrito de Talavera. Los estanques tuvieron las siguientes medidas:

El criterio para poder identificar los estanques fue de acuerdo con el peso de la macrófita flotante (g) según se muestra en el croquis del diseño de la distribución de tratamientos (Tabla 1).

Para la asepsia del helecho acuático se preparó una dilución de ácido clorhídrico, se utilizó 10 ml de HCl en 90 ml de agua destilada, para 30 L de agua, donde posteriormente se sumerge el helecho acuático durante 2 min.

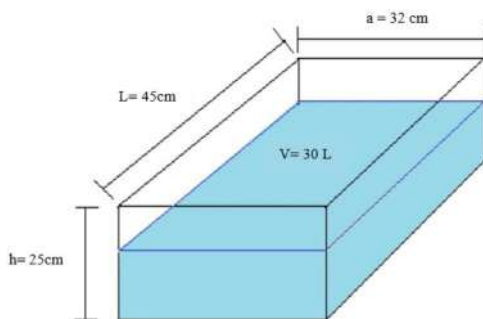


Figura 5.
Sistema empleado para el tratamiento.

Para la preparación de la solución madre de NPK se realizó una dilución con ocho cucharadas de NPK por cada 10 litros de agua, la cual fue aplicada por el periodo de una semana y así evitar la muerte de la especie vegetativa.

Se tomaron 3 muestras de cada estanque, se analizaron y monitorearon durante el estudio.

b) Fase de Laboratorio

Una vez establecidas los experimentos se procedió a armar las fechas para realizar el análisis de los parámetros fisicoquímicos, que se efectuó en tres tomas de muestra con un intervalo de 15 días, es decir: al inicio, intermedio y final del trabajo de investigación para finalmente compararlo con la normativa “Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR” según D.S. N° 003 – 2010 – MINAM.

Los análisis se realizaron en las instalaciones del laboratorio de investigación de control y análisis de aguas de la Universidad Nacional José María Arguedas - Andahuaylas, es preciso mencionar que el análisis del parámetro microbiológico de perifiton y el parámetro físico aceites y grasas, se realizó en la ciudad de Lima en el laboratorio acreditado por INACAL, Laboratorio de ensayos servicios analíticos generales SAG.

Resultados de aplicación helecho acuático (*Azolla filiculoides*) en los efluentes residuales municipales

a) Evaluación del efluente residual municipal al ingreso del sistema de tratamiento de fitorremediación con la especie vegetativa Helecho Acuático (*Azolla filiculoides*)

En fecha 17 de junio del 2022, se inició el proceso fitorremediador con el helecho acuático, después de haber sedimentado por un periodo de una semana el efluente

residual municipal, proveniente del punto de vertimiento de la empresa Aguas Talavera – ATALSAC, ubicado en Av. Manco Cápac del distrito de Talavera provincia de Andahuaylas. Este día es considerado como día cero del tratamiento, y los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2.
Resultado de los parámetros analizados del efluente antes del tratamiento

Parámetros evaluados	Unidad	Resultados obtenidos del Primer análisis				LMP para efluentes de PTAR Domésticas o Municipales (DS N° 003-2010-MINAM)
		T0	T1	T2	T3	
Aceites y grasas	mg/L	130.14	130.14	130.14	130.14	20.00
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	4884000	4884000	4884000	488000	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1035.0	1035.0	1035.0	1035.0	100.00
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1638.7	1638.7	1638.7	1638.7	200.00
pH	Unidad	8.72	8.25	8.69	8.70	6,5 - 8,5
Solidos totales en suspensión	ml/L	446	446	446	446	150.00
Temperatura	°C	17.7	17.8	17.6	18.1	<35

Los resultados de la Tabla 2, demuestra que los valores de los parámetros evaluados (Aceites y grasas, coliformes termotolerantes, DBO5, DQO, pH, SST) exceden según lo señalado en el “Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM-Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas”.

Por el contrario, el parámetro de temperatura es el único que no supera el valor establecido en la normativa.

b) Evaluación del efluente residual municipal a los 45 días con el sistema de tratamiento de fitorremediación con la especie vegetativa Helecho Acuático (*Azolla filiculoides*)

Tabla 3.
Resultado de los parámetros analizados del efluente residual municipal a los 45 días

Parámetros evaluados	Unidad	Resultados obtenidos a los 45 días del tratamiento				LMP para efluentes de PTAR Domésticas o Municipales (DS N° 003-2010-MINAM)
		T0	T1	T2	T3	
Aceites y grasas	mg/L	-	-	-	-	20.00
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	129100	20	63	98	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	295	<0	50	24	100.00
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	250	55	140	160	200.00
pH	Unidad	8.32	8.34	8.50	9.11	6,5 - 8,5
Solidos totales en suspensión	mg/L	878.4	412.7	510	608.3	150.00
Temperatura	°C	18.21	19.61	19.21	18.95	<35

Los resultados de los análisis obtenidos en la Tabla 3, del efluente residual municipal a los 45 días del proceso fitorremediador con el helecho acuático (*Azolla filiculoides*), demuestra que los parámetros evaluados para el Tratamiento Testigo (Tt), sobrepasan la normativa a excepción de la temperatura que presenta un valor de 18.21 °C; sin embargo, los valores de cuatro parámetros (Coliformes termotolerantes, DBO5, DQO y Temperatura) del tratamiento (T1, T2 y T3) se encuentran por debajo de la normativa. Además, es preciso señalar que el pH para los tres tratamientos (T1, T2 y T3) se encuentra al límite de la normativa, asimismo el valor de los SST es elevado, por presentar biomasa muerta de la especie vegetativa (*Azolla filiculoides*).

Entre los hallazgos más relevantes para este trabajo de investigación se tiene la influencia positiva del perifiton al proceso fitorremediador a través del helecho acuático (*Azolla filiculoides*) para el efluente residual del distrito de Talavera, Andahuaylas. Según (Jöbgen et al., 2004) el conocimiento de las características del perifiton es de

suma importancia para evaluar los efectos auténticos del perifiton en los procesos de autodepuración en los cuerpos de agua superficial, así mismo el monitoreo de los factores abióticos como la temperatura, pH, luz y los nutrientes tendrán influencia directa en la composición y en la abundancia de las algas perifíticas, demostrando que estos microorganismos son muy sensibles a las modificaciones sistémicas en la hidrodinámica y en la calidad del agua.

De los resultados obtenidos podemos inferir que existe una relación significativa entre la influencia del perifiton con el proceso fitorremediador. Una de las razones más importantes observadas durante el trabajo experimental fue la coloración de las Azollas, esta especie al momento de su recolección presentaba una coloración rojiza intensa, no obstante, en el transcurso de los días el pigmento rojizo de la macrófita fue desapareciendo, visualizando así un color verduzco, esta coloración rojiza, como menciona Rojas (2005), es sinónimo de que existe una alta contaminación en el sistema acuático. Según este mismo autor la intensidad de luz que llegue al sistema también puede provocar tal coloración en las plantas por lo que no podríamos afirmar con tanta certeza las diferencias en contaminación.

Otra de las razones para poder relacionar los resultados con respecto a la depuración del efluente residual municipal, es que, a mayor cantidad de helecho acuático, hay mayor probabilidad de que la cantidad de bacterias asociadas a ellas aumente, ayudando a que el proceso de depuración del efluente también sea mayor.

c) Comparación crítica con la literatura existente

Una vez obtenido los resultados, estos se contrastan con los estudios citados en el presente trabajo de investigación, cabe resaltar que nuestro principal objetivo es evaluar la capacidad fitorremediadora del helecho acuático (*Azolla filiculoides*).

Según el autor Callohuanca (2019) de la tesis “Uso de Macrofitas Flotantes en la Remoción de Nitrógeno, Fósforo y Sulfatos de las Aguas Residuales de Puno”, afirma que los factores ambientales son determinantes para una buena absorción de contaminantes ya que se observó que la especie vegetativa (*Azolla filiculoides*) en temporada lluviosa aumenta su capacidad depuradora, a diferencia de nuestra investigación que se realizó en temporada de estío, con ello se demostró que la especie vegetativa en mención posee alta adaptabilidad a los cambios de temperatura y humedad, demostrando que tuvo efectividad en la absorción de parámetros.

Por otro lado, Márquez (2018) en su tesis: “Dos especies de Macrofitas en la Fitorremediación de aguas residuales en una granja porcina de Zungarococha, San Juan Bautista, 2018”, asevera como parte de su resultado que el helecho acuático (*Azolla filiculoides*) a los 90 días demuestra una diferencia significativa para el parámetro de DBO₅, y en cuanto a nuestro estudio la especie vegetativa en mención marca esta diferencia a los 45 días, y para los 60 días alcanza un punto de saturación y eutro-

fización. Demuestra que producir biomasa de algas en humedales artificiales limita de forma natural la capacidad de eliminar la materia orgánica y el color turbio del agua, además de adquirir un tono verdoso propio de la eutrofización. Por tanto, es importante restringir el crecimiento mediante cubierta vegetal que resulte ser efectiva.

Al igual que en el estudio del autor León, et al., (2018) denominado “Potencial de plantas acuáticas para la remoción de coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas servidas” obteniendo un 99% en la remoción de la carga bacteriana con *Azolla filiculoides*, dentro de esta investigación para el parámetro de coliformes termotolerantes la capacidad depuradora fue de un 90% para los 3 tratamientos realizados, distinguiéndose estos en el número de población de microorganismos *E. coli* y coliformes totales, y a diferencia de García (2012), no se emplea un flujo continuo es decir que no existe la circulación continua de agua, además si se desea mayor efectividad y evitar que la especie vegetativa se sature de nutrientes se debe considerar este procedimiento, y con ello obtener subproductos como el autor Miranda et al., (2020) menciona en su estudio.

Cabe resaltar que en la presente investigación no se ha realizado el estudio de absorción de metales pesados para esta especie vegetativa en específico, sin embargo con datos obtenidos dentro del estudio de los autores Pérez de Arco y Caltelblanco (2020), denominado “Especies acuáticas de los humedales de Bogotá, Colombia con capacidad para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados” y Huayamave et al., (2018) titulado “Determinación de la capacidad de absorción de metales pesados de la *Azolla caroliniana* en el Río Guayas/ Isla Santay”, el helecho acuático *Azolla filiculoides* no solo es rápida en la disminución de parámetros establecidos en los límites máximos permisibles para una PTAR, también posee las mismas propiedades para Zinc, Cadmio, Cobre y Plomo.

Conclusiones

La especie vegetativa helecho acuático *Azolla filiculoides* para tratar las aguas residuales del municipio de Talavera, en esta investigación demuestra ser eficiente, alcanzando el porcentaje más alto de remoción para un volumen de 30 L de efluente residual a los 45 días del estudio, además se observó que a los 60 días de estudio, este alcanza un punto de sobresaturación y eutrofización, debido a la falta de circulación del agua. También, se evidenció que la mayor absorción se da en los primeros días.

La capacidad depuradora del sistema radicular del helecho acuático (*Azolla filiculoides*) en el efluente residual municipal para cada parámetro analizado a los 45 días: DBO5 fue de 99.9% para el tratamiento 1, 95.6% para tratamiento 2 y 97.7% para tratamiento 3; DQO para tratamiento 1 fue del 96.9%, el tratamiento 1 con un 91.8% y tratamiento 3 con 89.8%; para los Sólidos Totales Suspendidos el tratamiento 1 con

78%, aceites y grasas en el tratamiento 1 y 2 con un 98.6% y el Tratamiento 3 con un 98.8% y coliformes termotolerantes con un 100%.

Se demostró que la comunidad perifítica alojada en la raíz del helecho acuático (*Azolla filiculoides*) influye de manera positiva al proceso fitorremediador en los efluentes residuales municipales, disminuyendo la carga contaminante e indicando la relación o asociación que poseen los distintos microorganismos identificados con el helecho acuático. Los microorganismos más relevantes son *Epithemia* sp, *Nitzschia* sp., *Oedogonium* sp, *Pandorina* sp. *Acutodesmus* sp, *Microthamnion* sp, *Euglena* sp, *Cylindrospermum* sp., *Merismopedia* sp, *Pseudanabaena* sp., *Chroococcus* sp., las cuales actúan como bioindicadores ya que por sus características responden a perturbaciones ambientales. En lo referente a los parámetros fisicoquímicos, el pH registró un valor ligeramente básico, lo que asevera que las comunidades perifíticas presentan un mejor desarrollo en aguas con pH básico, la justificación de dicha afirmación es que bajo esta condición, los nutrientes están más disponibles.

Del estudio se obtiene que el peso óptimo de una población efectiva del helecho acuático (*Azolla filiculoides*) para 30 L de efluente residual es de 300 g porque a un período de 45 días alcanza una máxima remoción de contaminantes con este peso inicial.

Referencias / References

- Borda Romero, Y., & Palomino Iturriaga, A. M. (2023). Efectividad fitorremediadora del helecho acuático (*Azolla filiculoides*) en los efluentes residuales municipales del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, 2022 (Phytoremediation effectiveness of the aquatic fern (*Azolla filiculoides*) in municipal residual effluents of the Talavera district, Andahuaylas province, 2022). [Tesis de Ingeniero ambiental Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/5264>
- Buitrón, G., Reino, C., & Carrera, J. (2017). Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales (Technical manual on aerobic biological technologies applied to the treatment of industrial wastewater). Red Tritón. https://www.cytel.org/sites/default/files/tratamiento_aerobio_de_aguas_residuales.pdf
- Cabezas, R. (2011). Relación simbiótica de azolla (*Azolla caroliniana*, A. filiculoides, A. mexicana) – anabaena (*Anabaena azollae*) para la producción de nitrógeno en ecosistemas acuáticos de la zona de Cayambe, 2010 (Symbiotic relationship of azolla (*Azolla caroliniana*, A. filiculoides, A. mexicana) – anabaena (*Anabaena azollae*) for nitrogen production in aquatic ecosystems in the Cayambe area, 2010). [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1830/12/UPS-YT00098.pdf>
- Callohuanca, M. (2019). Uso de macrofitas flotantes en la remoción de nitrógeno, fósforo y sulfatos de las aguas residuales de Puno (Use of floating macrophytes in the removal of nitrogen, phosphorus and sulfates from Puno wastewater). [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13816>

- Cerezo, J. (2011). Estación depuradora de aguas residuales (wastewater treatment plant). Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12885/PFC.pdf>
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. (2010). Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (Maximum Permissible Limits Approved for Effluents from Domestic or Municipal Wastewater Treatment Plants). Ministerio de Ambiente. <http://sial.segat.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- División Calidad Ambiental. (2020). Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en agua superficial (Biochemical Oxygen Demand (BOD5) in surface water). Ambiente Gubernamental. <https://www.ambiente.gub.uy/indicadores-ambientales/ficha/oan-demanda-bioquimica-de-oxigeno/>
- Fernández, A. (2006). Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura (Wastewater in Peru, problems and use in agriculture). Ministerio de Agricultura. https://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf
- Flores Cornejo, J. M. (2018). Propuesta De Simulación De Remoción Parcial De Cromo En Suelos Contaminados Utilizando Como Fitorremediador El Tagete sp MARIGOLD (Simulation Proposal for Partial Chromium Removal in Contaminated Soils Using Tagete sp MARIGOLD as a Phytoremediator). [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6484/QUflcojm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Frers, C. (15 de diciembre de 2015). El uso de las plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales (The use of aquatic plants for wastewater treatment). México Ambiental. <https://www.mexicoambiental.com/el-uso-de-las-plantas-acuaticas-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>
- García, Z. (2012). Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas (Comparison and evaluation of three aquatic plants to determine the efficiency of nutrient removal in the treatment of domestic wastewater). [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería] <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1292>
- Gobierno Regional de Apurímac. (2021). Plan Regional de Saneamiento (Regional Sanitation Plan). DRVCS Apurímac. <https://drvcs.regionapurimac.gob.pe/doc/plan-saneamiento-apurimac-2021-2025.pdf>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación (Research methodology). McGraw-Hill Education. <https://www.unj.edu.pe/images/pdf/invest/ResumenesEjecutivos/pdf>
- Huayamave, A., & Layana, V. (2018). Determinación de la capacidad de absorción de metales pesados de la Azolla caroliniana en el Río Guayas/ Isla Santay (Determination of the heavy metal absorption capacity of Azolla caroliniana in the Guayas River/Santay Island). [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional UG. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33641/1/BCIEQ-T-0311.pdf>
- INEI. (2020). Anuario de estadísticas ambientales (Environmental statistics yearbook). Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Jöbgen, A., Palm, A., & Melkonian, M. (2004). Phosphorus removal from eutrophic lakes using periphyton on submerged artificial substrata. Hydrobiologia. 528(1-3), 123.
- León, R., Perni, B., Sigüencia, R., Franco, S., Noboá, A., & Cornejo, X. (2018). Potencial de plantas acuáticas para la remoción de coliformes totales y Escherichia coli en aguas servidas (Potential of aquatic plants for the removal of total coliforms and Escherichia coli in wastewater). Enfoque UTE, 9(4), 131-144. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.286>
- Marquez, C. (2018). Dos especies de Macrofitas en la Fitorremediación de aguas residuales en una granja porcina de Zungarococha, San Juan Bautista, 2018 (Two species of Macrophytes in the Phytoremediation of wastewater in a pig farm in Zungarococha, San Juan Bautista, 2018). [Tesis pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5710/Carlo_tesis_titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Martelo, J., & Borrero, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte (Floating macrophytes in wastewater treatment: a review of the state of the art). Universidad EAFIT, 8(15), 221-243. <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>
- Mendoza, Y., Castro, F., Marín, J., & Behling, E. (2016). Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia) (Phytoremediation as a treatment alternative for domestic wastewater from the city of Riohacha, Colombia). Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 39(2), 71-79. <http://ve.scielo.org/pdf/rtfiuz/v39n2/art04.pdf>
- Merino, A., & Vásquez, P. (2014). Evaluación de la eficiencia de biorremediación en la recuperación de efluentes porcinos in vitro con helecho Azolla filiculoides mediante análisis DQO y DBO5 caso: Centro Experimental Uyumbicho- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- UCE (Evaluation of the efficiency of bioremediation in the recovery of swine effluents in vitro with Azolla filiculoides fern through COD and BOD5 analysis case: Uyumbicho Experimental Center- Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics- UCE). [Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador].
- Ministerio del Ambiente. MINAM. (2020). Límite Máximo Permissible (LMP) (Maximum Permissible Limit, LMP). OEFA. <https://infoaireperu.minam.gob.pe/limite-maximo-permissible-lmp/>
- Miranda, A., Kumar, R., Spangenberg, G., Subudhi, S., Lal, B., & Mouradov, A. (2020). Aquatic plants, landoltia punctata, and azolla filiculoides as bio-converters of wastewater to biofuel. Plants, 9(4), 437. <https://doi.org/10.3390/plants9040437>
- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (Environmental control in wastewater. Environmental Evaluation and Supervision Agency). OEFA. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- ONU. (2020). Desafíos globales – agua (Global challenges - water). [https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=Los%20desaf%C3%A1os%20del%20agua,\(OMS%20FONUNICEF%202020\)](https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=Los%20desaf%C3%A1os%20del%20agua,(OMS%20FONUNICEF%202020))
- Pérez de Arco, K., & Caltelblanco, J. (2019). Especies acuáticas de humedales de Bogotá, Colombia con capacidad para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados (Aquatic species from wetlands of Bogotá, Colombia with capacity for the treatment of wastewater with heavy metals). Suelos Ecuatoriales, 1(84-95), 49. [https://doi.org/10.47864/SE\(49\)2019p84-95_108](https://doi.org/10.47864/SE(49)2019p84-95_108)
- Rojas, J. (2005). Diversidad bacteriana en el perifiton de raíces de Eichhornia sp, Pistia sp. y Azolla sp., En Un Humedal Artificial De La Universidad Earth (Bacterial diversity in the root periphyton of Eichhornia sp, Pistia sp. and Azolla sp., in an Earth University Constructed Wetland). 78. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/460/rojas_alvarado_jose_david.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UNESCO. (2016). Agua y empleo. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (Water and employment. United Nations Report on World Water Resources Development). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244103>
- UNESCO. (2019). No dejar a nadie atrás. Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019 (Leave no one behind. United Nations World Water Development Report 2019). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Valdivia, C. (2019). Eficiencia de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms Laub -pontederiaceae y Nasturtium officinale W.T. Aiton - brassicaceae en la remoción de DBO5 y DQO del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín (Efficiency of Eichhornia crassipes (Mart.) Solms Laub -pontederiaceae and Nasturtium officinale W.T. Aiton - brassicaceae in the removal of BOD5 and COD from the effluent of the Celendín wastewater treatment plant). [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3458>
- Villalobos, M. (2016). Fitorremediación de aguas residuales domésticas procedentes de la laguna de estabilización de la provincia de Jaén,

mediante el uso de la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en la Provincia de Jaén (Phytoremediation of domestic wastewater from the stabilization lagoon of the province of Jaén, through the use of the species *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) in the Province of Jaén). Universidad Politécnica Salesiana.

Anexos

Anexo 1.

Recolección del *Azolla filiculoides* y toma de muestra para el Perifiton



Anexo 2.

Fotografías del proceso de recojo de muestras para el análisis en laboratorio.



Anexo 3.
Informe de resultado de ensayo análisis de Laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL - 829



**INFORME DE ENSAYO N° 164913-2022
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL
DOMICILIO LEGAL
SOLICITADO POR
REFERENCIA

PROCEDENCIA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS
FECHA(S) DE ANÁLISIS
FECHA(S) DE MUESTREO
MUESTREADO POR
CONDICIÓN DE LA MUESTRA

1 YULIANNA BORDA ROHERO - ANGELY MITHABEL PALOMINO ITURRAGA
2 ANCAHUYULAS - APLAÑAC - ANCAHUYULAS
3 YULIANNA BORDA ROHERO - ANGELY MITHABEL PALOMINO ITURRAGA
4 EFECTIVIDAD FITOFARMACOLÓGICA DE HELECHO ACUÁTICO (AZOLLA FILICULOIDES) EN LOS
EFLUENTES RESIDUALES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE
ANCAHUYULAS 2022
5 TALAVERA - ANCAHUYULAS
6 2022-08-15
7 2022-08-15 AL 2022-08-31
8 2022-08-12
9 EL CLIENTE
10 LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Protocolo	L.C	Unidades
Oil and Grease Aceites y grasas	ASTM D1607 - 11, Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction using RI-OR-LASER Spectrometry.	0.50	mg/L
Perfitos	SMITH-APHA-AWWA-WEF Part 10300 C, Items 1 y 2. Periphyton, Sample Analysis, Sedgwick-Rafter Counts, Inverted Microscope Method Counts, 23rd, 2017	---	Organismos (cultivos o unidades) /cm ²

L.C.: Límite de cuantificación.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Muestra analizada	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo	2022-08-12	2022-08-12	2022-08-12	2022-08-12
Hora de inicio de muestreo (h)	08:00	08:00	08:00	08:00
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	T-05	T-02	T-03	TEST-050
Código del laboratorio	22080993	22080998	22080999	22081000

ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-829

Ensayo	Unidades	Resultados
Oil and Grease Aceites y grasas	mg/L	1.44 1.73 2.01 4.29



Ing. Mariela Tello Pizarro
Técnico-Servicio
C.I.P. N° 219624
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Iv. Naciones Unidas N° 1945-010, Clavero Pico Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pisco Clavero Norte de Surco N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (011) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Cat. #1002/Análisis: 037-164913-2022

DESCRIPCIONES: • Este producto es representativo por su nivel de contenido documentado a menos que sea lo contrario escrito de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados verificados en este documento solo son válidos para los muestreos realizados en el momento del ensayo. • Las muestras serán conservadas de acuerdo a parámetros de preservación de 20 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego, serán eliminadas. • Para consultar la N° 1767/2022 del presente, siempre comparemos al punto de elaboración del producto. • Cualquier modificación o adición, desde el momento de la verificación de cada documento de agua y los siguientes puntos de producción de acuerdo a lo.

Página 1 de 2