



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando

Lemna minor y Salvinia spp.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: Ingeniero

Ambiental

AUTORES:

Loconi Sampi, Victor Andre (orcid.org/0000-0003-3650-8968)

Purizaca Vasquez, Francklyn (orcid.org/0000-0003-1230-9032)

ASESOR:

Dr. Monteza Arbulu, Cesar Augusto (orcid.org/0000-0003-2052-6707)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO — PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios, por guiarnos, por brindarnos las fuerzas necesarias y fortalecernos a diario, logrando vencer todo tipo de obstrucciones que se presentan y llegando a cumplir con las metas y anhelos propuestas.

A nuestros padres y hermanos, quienes han sido el apoyo esencial en la formación como profesionales, por brindarnos su cariño, sacrificio, sus consejos y sus recursos para que logremos ser profesionales.

Victor Loconi y Francklyn Purizaca

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a quienes nos ayudaron hacer posible que se realice este gran sueño, a todos los que nos incentivaban a estudiar y superarnos, quienes fueron nuestro apoyo y fortaleza. Agradecimiento especial a nuestros padres, hermanos.

Mi gratitud también a la Universidad César Vallejo, mi agradecimiento a mi asesor Monteza Arbulu Cesar Augusto, por contar con sus enseñanzas y apoyo fue la base de esta investigación.

Victor Loconi y Francklyn Purizaca



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MONTEZA ARBULÚ CÉSAR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando Lemna minor y Salvinia spp.", cuyos autores son LOCONI SAMPI VICTOR ANDRE, PURIZACA VASQUEZ FRANCKLYN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 16 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MONTEZA ARBULÚ CÉSAR AUGUSTO DNI: 16681280 ORCID: 0000-0003-2052-6707	Firmado electrónicamente por: MARBULUCA el 17- 11-2023 12:31:53

Código documento Trilce: TRI - 0654900

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE LOS AUTORES



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, LOCONI SAMPI VICTOR ANDRE, PURIZACA VASQUEZ FRANCKLYN estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando Lemna minor y Salvinia spp.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
FRANCKLYN PURIZACA VASQUEZ DNI: 72635709 ORCID: 0000-0003-1230-9032	Firmado electrónicamente por: FPURIZACAV el 28-11- 2023 11:14:38
VICTOR ANDRE LOCONI SAMPI DNI: 72197492 ORCID: 0000-0003-3650-8968	Firmado electrónicamente por: LOCONVICT el 28-11- 2023 11:15:21

Código documento Trilce: TRI - 0669383



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE LOS AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población, muestra y muestreo	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN	25
VI. CONCLUSIONES	27
VII. RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS	29
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Taxonomía de la Lemna minor	8
---	---

Fuente: iNaturalist.org

Tabla 02. Taxonomía de la Salvinia spp	9
--	---

Fuente: iNaturalist.org

Tabla 03. Tratamientos y control	12
--	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 04. Materiales empleados para la recolección de la muestra	16
--	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 05. Resultados de parámetros físico de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con Lemna minor.....	19
--	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Resultados de parámetros químicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con Lemna minor.....	20
---	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 07. Resultados de parámetros microbiológicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con Lemna minor.....	21
---	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 08. Resultados de parámetros físico de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con Salvinia spp.	21
--	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 09. Resultados de parámetros químicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial Pomalca con Salvinia spp.	22
--	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Resultados de parámetros microbiológicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial Pomalca con *Salvinia* spp.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Comparación de resultados de parámetros físicos y microbiológicos de los dos tipos de macrófitas utilizadas23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Comparación de resultados de parámetros químicos (DBO) de los dos tipos de macrófitas utilizadas24

Fuente: Elaboración propia

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recoleccion de Lemna minor 15

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Salvinia spp. 15

Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Toma de muestra 16

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación fue determinar la eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando *Lemna minor* y *Salvinia spp.* Esta investigación se aplicó con un enfoque cuantitativo, este estudio tuvo como población las aguas residuales del efluente secundario de aguas residuales agroindustriales de Pomalca, la muestra está compuesta por 60 litros de aguas residuales agroindustriales. El resultado fue que al analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada con *Lemna minor* es eficiente, pero con el paso de los días la planta flaquea alterando los resultados. Al analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada con *Salvinia spp.* vemos que tarda en adaptarse al lugar establecido, viendo que los resultados de los parámetros estudiados tardan un poco en disminuir y finalmente al comparar la eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando *Lemna minor* y *Salvinia spp.* *Lemna minor* es más eficiente a la hora de tratar aguas residuales industriales y así lo vemos en los resultados aportados por los análisis de laboratorio. Llegando a la conclusión de que existe una mayor eficiencia para el tratamiento de aguas residuales industriales utilizando la macrófita *Lemna minor*.

Palabras clave: *Lemna minor*, *Salvinia spp.*, agua residual industrial, fitorremediación

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the efficiency of wastewater phytoremediation using *Lemna minor* and *Salvinia* spp. This research was applied with a quantitative approach, this study had as its population the wastewater of the secondary effluent Pomalca agroindustrial wastewater, the sample is composed of 60 liters of agroindustrial wastewater. The result was that when analyzing the physicochemical and microbiological parameters of the wastewater treated with *Lemna minor* it is efficient but as the days pass the plant falters, altering the results. When analyzing the physicochemical and microbiological parameters of the wastewater treated with *Salvinia* spp we see which takes time to adapt to the established place, seeing that the results of the studied parameters take a while to decrease and finally when comparing the efficiency of wastewater phytoremediation using *Lemna minor* and *Salvinia* spp. *Lemna minor* is more efficient when it comes to treating industrial wastewater and we see this in the results provided by laboratory analyses. Reaching the conclusion that there is a better efficiency to treat industrial wastewater using the macrophyte *Lemna minor*.

Keywords: *Lemna minor*, *Salvinia* spp., industrial wastewater, phytoremediation

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los desafíos medioambientales más significativos es la degradación del recurso hídrico, un problema complejo que se origina a partir de diversas causas y se manifiesta en múltiples formas impredecibles. (Rosales, et al., 2021). A raíz del aumento continuo de la población, se ha observado un notable crecimiento en varias industrias que se centran en atender demandas de consumo específicas, entre las que se destacan las agroindustrias. (Sumalave, 2018), no se pueden evitar cuando hablamos de la contaminación del recurso hídrico.

Las agroindustrias evacúan contaminantes en gran cantidad al agua por los procesos que realizan, siendo la mayor fuente de aguas residuales por volumen. Mientras la agricultura va en apogeo, la mayor parte de los países han dado uso de fertilizantes, pesticidas y algunos productos químicos sintéticos (Mansur,2018). Dentro de la agricultura encontramos elementos que preocupan y que tendrán un impacto en la salud humana. Mencionando algunas cosas que los elementos incluyen como son los patógenos localizados en los ganados, pesticidas utilizados, dentro de las aguas subterráneas existen presencias de nitratos, oligoelementos metálicos y aparecen contaminantes emergentes tales como antibióticos y genes que resisten a los antibióticos que los liberan el ganado.

Esos aspectos antes mencionados deberíamos tenerlos pendiente y asegurar la salud de las personas y proveer una seguridad en la producción agrícola. De esta industria sus aguas se distinguen por tener elevados niveles de demanda química de oxígeno y demanda biológica de oxígeno. (Talarposhi et al.,2001).

Hoy en día podemos ver el uso de nuevas alternativas, uno de ellos es el bioprocesamiento, caracterizándose por procesar fácilmente los productos y por ser más baratos (Takahashi et al.,2007), por lo que al usar las plantas serán reutilizables.

Al hablar de otras formas de tratamiento tenemos al tratamiento terciario, estos demostraron que funcionaban correctamente para eliminar los nutrientes, por ejemplo, fósforo y nitrógeno, llegando a utilizarse macrófitos como un tratamiento

tecnológico. A parte, al instalarlos y darles mantenimiento sus costos no fueron elevados generando así ingresos y aprovechando la biomasa que se produce.

Las macrófitas aparte de ser eficaces a la hora de coagular los coloides pueden reducir el color verde en el agua. (Simmonds, M.A.1979), contribuyendo a que el efluente sea claro. Por último, se observó que estas plantas son efectivas en eliminar metales pesados.

Lemna minor, se le llama también lenteja de agua, siendo una pequeña planta acuática de color verde que flota libremente y encontrándose en aguas con un movimiento lento. La mayoría de los géneros cuentan con un potencial fitorremediadora utilizándose ampliamente como organismos de prueba para sacar la toxicidad en diferentes ciudades y regiones de aguas residuales industriales que han sido contaminadas con metales. El crecimiento rápido del fitoplancton, reductora de microorganismos y su alto potencial de acumular nutrientes y metales esto ha llevado a los investigadores actuales a centrarse en el potencial fitorremediadora que tienen las plantas *Lemnaceae*. (Zeshan et al.,2016).

El exceso de metales que existe en las aguas residuales a partir de eso las *Lemnaceae* han mejorado su calidad de aguas residuales (demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, nitrógeno total, fosforo total, sales suspendidas totales, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos).

Salvinia spp. son plantas pteridofitas, pequeñas que flota libre en aguas tranquilas que se pueden llenar por completo si sus condiciones son favorables, la estructura presenta un tallo rizomatoso (tiene un crecimiento horizontal produciendo brotes) ubicándose en la superficie del agua, de sus nudos emanan tres frondas. Dos de ellas son flotantes, plegadas y superiores que van por una nervadura central, y esta se encuentra sumergida en la tercera inferior, lacinias filiformes se forman en las nervaduras (son como hilos) están cubiertas de tricomas que su función es ser como raíces ya que carecen de ellas, tienen tricomas y se reproduce desde los esporos o carpos.

Se evidencia que en aguas residuales se tiene presencia de contaminantes siendo una problemática presente que va afectar tanto a los humanos como al medio

ambiente. Por esto la solución con tratamiento para remoción son con las plantas *Lemna minor*, *Salvinia spp.* ya que cuestan poco y tienen una gran eficiencia para depurar las aguas residuales, es por eso se llegó a formular el siguiente problema general ¿Qué macrófitas *Lemna minor* o *Salvinia spp* es más eficiente en la fitorremediación de aguas residuales?

Esta investigación tiene una justificación de nivel social ya que su uso de estas plantas antes mencionadas reemplaza la demanda que presenta los tratamientos tradicionales usándola para reducir los contaminantes que se vierten directamente al agua provocando diversas enfermedades al ser humano y también dañando al ecosistema por ejemplo alterando su calidad. Mientras que en el nivel económico se permite conocer sobre el tratamiento que ayuda a minimizar el impacto que producen los tratamientos de altos costos. También se cuenta con un nivel ambiental ya que se contribuye con la disminución de los impactos ambientales provocados por las aguas residuales, logrando un equilibrio ecológico.

Después de lo expuesto nos hemos planteado que el objetivo general es el determinar la eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando *Lemna minor* y *Salvinia spp.*, brindando los objetivos específicos: Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada con *Lemna minor*. Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada con *Salvinia spp*, Comparar la eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando *Lemna minor* y *Salvinia spp*.

Se llegó a la siguiente hipótesis “La *Lemna minor* es mucho más eficiente que la *Salvinia spp* en la fitorremediación de aguas residuales”

II. MARCO TEÓRICO

Para obtener una comprensión óptima de la problemática planteada y sus posibles soluciones, la presente investigación se apoyó en la literatura científica realizada anteriormente, de las cuales salen a destacar las siguientes:

Astrid (2019), utiliza plantas macrófitas para fitorremediar las aguas residuales en una industria cafetera, escogiendo para ese trabajo 3 de ellas entre las cuales están las siguientes: *Heteranthera reniformis* (Buche de pollo), *Colocasia esculenta* (Malanga), *Lemna l.* (Lentejilla), concluyendo su investigación diciendo que la lentejilla mostró un efecto muy notorio en la disminución de los niveles de pH y conductividad eléctrica del agua residual.

Quispe (2019) se centró en la aplicación de *Lemna minor* y *Eichornia crassipes* para la eliminación de nitrógeno (N) y fósforo (P) en aguas residuales provenientes de la empresa EMAPACOP S.A, aplicando un flujo discontinuo mediante 3 tratamiento en estanques simuladores de lagunas con aguas estancadas, los cuales fueron replicados 3 veces dando un intervalo de tiempo de 240 horas entre cada réplica.

En el primer sistema, se utilizó un conjunto de diferentes dosis de plantas de *Lemna minor*. En otro sistema se emplearon la misma dosis, pero con la *Eichornia crassipes*. El tercer sistema, denominado control, no contenía ninguna planta acuática.

Los resultados indicaron que la remoción de N y P alcanzó un rango del 70% al 80% en el caso de *Eichhornia crassipes* y del 55% al 60% en el caso de *Lemna minor*.

Ambreem (2022), aplica plantas acuáticas tanto solas como combinadas para la fitorremediación de aguas residuales donde utilizó bandejas netamente plásticas para llevar a cabo 5 tratamientos al triplicado tanto para aguas residuales industriales y aguas residuales domésticas llegando a la conclusión de que la maleza de caimán tuvo mejor eliminación en los contaminantes de aguas residuales mostrando un mejor potencial de fitorremediación que el resto.

Baylon (2021) con la aplicación de las plantas *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* para remover N y P en las aguas residuales de las lagunas de oxidación ubicadas en la ciudad de Pucallpa, seleccionando las plantas macrófitas con él usó un método que consiste en recolectar las que tenga un color más verdoso por el lado de la *Lemna minor* y los hijuelos de plantas de *Eichhornia crassipes* para la siembra de estas macrófitas procedió con un lavado en agua común para luego ser colocados en la superficie de los estanques, donde luego del tratamiento concluye que remover N y P mediante *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* fue de dos intervalos de porcentaje (70%- 80% y 55%- 66%)

Tenemos otras investigaciones con *Salvinia spp.*,

Nizam (2020) menciona que la eficiencia de cinco plantas acuáticas seleccionadas en la fitorremediación de aguas residuales de acuicultura, esto servirá para determinar la eliminación de sólidos suspendidos totales, nitrógeno amoniacal y fosfato que provienen de las aguas residuales de acuicultura demostrando que la *Salvinia molesta* eliminando 89,34% SST y 88,61% fosfato, pero con el NH₃-N solo el 63,92%.

Su (2019), para la eliminación de nitrógeno y fósforo totales en aguas residuales utilizando plantas acuáticas solas o agrupadas, seleccionó 9 especies diferentes de macrófitas para comparar su capacidad de remoción, donde después de 46 días de tratamiento la *Ipomea aquatica* (90,6% y 8,8%) y *Salvinia natans* (67,3% y 14,2%) obtuvieron la mayor eficiencia de eliminación de TP en aguas residuales ligeramente y altamente contaminadas.

Holtra (2023), investigó cómo eliminar el mercurio del agua mediante proceso de fitorremediación con *Salvinia natans* (L.) demostrando la eficacia de la *S. natans* en la eliminación de mercurio en el agua usando la fitorremediación. Optando por plantas cultivadas y recolectadas del medio ambiente consiguiendo un porcentaje casi del 100% en la eliminación de metales tóxicos, aumentando su proteína de las plantas cultivadas y disminuyendo en las extraídas del medio ambiente, la clorofila disminuyó casi en su mitad puesto a que estuvo afectado al tóxico del metal.

Kumar y Deswal (2020), investigaron la estimación de la reducción de fósforo de las aguas residuales mediante enfoques de red neuronal artificial, bosque aleatorio y árbol modelo M5P, examinaron la capacidad de las plantas acuáticas flotantes libres (*Lemna minor* y *Salvinia*) en aguas residuales provenientes de un molino de arroz para predecir su reducción y eliminación del fósforo P, obteniendo una reducción de 80 % del total de contenido de fósforo en dos semanas.

Castillo et al. (2019), para el efecto de la exposición diaria al agua contaminada con Pb sobre la fisiología de *Salvinia biloba* y el rendimiento de la fitorremediación, se experimentó por lotes el agua contaminada de plomo con las especies de *Salvinia biloba raddi* durante 10 días, demostrando que la planta cuenta con una capacidad para eliminar Pb.

Schwantes et al. (2019) aplicó la *Salvinia auriculata* en el postratamiento de aguas residuales de la industria láctea, la *Salvinia auriculata* es una buena opción para el postratamiento de las aguas residuales, dando como resultados una eficiencia en la disminuir la cantidad de P, N, pH, Sólidos (ST, SF) y turbidez, pero ineficiente en reducir los sólidos volátiles.

Para una mejor comprensión de la problemática de esta investigación fue necesario revisar los conceptos teóricos asociados a las variables de investigación, las que se detallan a continuación:

La eficiencia se refiere a la capacidad de realizar una tarea o alcanzar un objetivo utilizando la menor cantidad de recursos posibles, como tiempo, dinero o energía. Es un concepto ampliamente utilizado en diversos campos, como la economía, la administración, la ingeniería y la producción.

PERALES K. (2017), en su investigación titulada: "Tratamiento de aguas residuales domésticas por fitorremediación con *Eichhornia crassipes* en la zona rural del caserío Santa Catalina Moyobamba 2017", reporta resultados significativos con respecto a la DBO se registró una carga muy grande, los tipos utilizados, y se registró una eficiencia del 94,71%

Según Peter Drucker, "la eficiencia es hacer las cosas bien; la eficacia es hacer las cosas correctas" Esto implica que la eficiencia se centra en la optimización de los procesos y recursos utilizados, mientras que la eficacia se enfoca en lograr los resultados deseados.

La fitorremediación viene siendo una tecnología que usa plantas y microorganismos para su eliminación, transformación o acumulación de sustancias que contaminan el agua. (Epelde et al., 2008) Siendo una forma alterna o complementaria a la tecnología convencional de los tratamientos de descontaminación, siendo usualmente caras y gastando excesiva energía. (Fyltec, 2015).

Quispe (2017) El uso de plantas flotantes ha demostrado ser altamente eficiente en la eliminación de todos los componentes de las aguas residuales. Se han utilizado muchas especies en sistemas de tratamiento, tanto en investigaciones a escala real como en laboratorio. Según los informes de la literatura, existen especies que pueden lograr reducciones de hasta el 95% en la DBO5 y hasta el 90,2% en la DQO.

En este tipo de procesos se seleccionará las plantas, pero viendo su potencial fisiológico como es el caso de enzimas presentes para tolerar y asimilar sustancias tóxicas a través de las habilidades que tienen para bioacumular y/o degradar contaminantes (Peña et al., 2005) Los tipos de contaminantes que pueden ser tratados mediante fitorremediación incluyen:

- Metales pesados, como el cadmio, el plomo, el mercurio y el zinc.
- Compuestos orgánicos, como los hidrocarburos, los pesticidas y los disolventes.
- Compuestos radioactivos.

Lemna minor o también llamada lenteja de agua, es considerada una planta macrófitas perteneciente a la familia *Araceae*, caracterizada por tener flores muy pequeñas, con plantas conformadas por una sola hoja ovalada que se mantiene en la superficie de estanques, lagos y pantanos que se encuentran en movimiento.

Tabla 01. *Taxonomía de la Lemna minor*

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Sub-división	Angiospermae
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	<i>Araceae</i>
Subfamilia	Lemnoideae
Género	Lemna
Especie	<i>Lemna minor</i>

Fuente: iNaturalist.org

Usos:

Lemna minor tiene varias aplicaciones, entre ellas:

- Forraje para animales
- Biorremediación
- Recuperación de nutrientes de aguas residuales
- Ingrediente potencial en piensos acuáticos como sustituto de la harina de pescado

Según Aquino (2022) La investigación realizada indica que el aumento de la biomasa de *Lemna minor* fue significativo ($p < 0,05$) y está principalmente relacionado con aguas residuales que tienen un alto contenido de nitrógeno y carga orgánica (DBO). Por lo tanto, cuando el agua residual se diluye en menor medida, hay un mayor incremento en la biomasa de *L. minor*. Esto significa que estas macrófitas son una buena alternativa para la depuración de aguas residuales, ya que pueden eliminar grandes cantidades de materia orgánica (expresada en DBO).

Salvinia spp., comúnmente conocida como helechos acuáticos o *Salvinia*, es un género de helechos acuáticos que comprende alrededor de 12 especies. Estas plantas que flotan libremente se caracterizan por sus densas esteras de hojas peludas de forma ovalada que cubren la superficie del agua. La *Salvinia spp* está ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo y habitan en estanques, lagos y arroyos de movimiento lento. (CYCI,2016)

Salvinia spp. han llamado la atención por su potencial en fitorremediación, el uso de plantas para eliminar contaminantes del agua. Estos helechos poseen una notable capacidad para absorber y acumular diversos contaminantes, incluidos metales pesados, nutrientes y contaminantes orgánicos. Su rápido crecimiento y alta producción de biomasa los convierten en bioacumuladores eficientes.

Tabla 02. *Taxonomía de la Salvinia spp*

Reino	Plantae
División	<i>Tracheophyta</i>
Clase	Polypodiopsida
Orden	<i>Salviniales</i>
Familia	Salviniaceae
Género	<i>Salvinia</i>

Fuente: iNaturalist.org

Aplicaciones de fitorremediación de *Salvinia spp*:

Eliminación de metales pesados: *Salvinia spp.* han demostrado eficacia en la eliminación de metales pesados como cadmio, cromo, plomo y mercurio del agua contaminada. Pueden acumular estos metales en sus tejidos, reduciendo efectivamente sus concentraciones en el agua.

Reducción de nutrientes: *Salvinia spp.* Puede absorber eficazmente el exceso de nutrientes como nitratos y fosfatos de cuerpos de agua eutróficos. Su absorción de estos nutrientes ayuda a controlar la proliferación de algas y mejorar la calidad del agua.

Eliminación de contaminantes orgánicos: *Salvinia spp.* También puede eliminar contaminantes orgánicos, incluidos pesticidas, herbicidas y productos químicos industriales, del agua contaminada. Su capacidad para degradar o secuestrar estos contaminantes contribuye a la purificación del agua.

Ventajas de utilizar *Salvinia spp.* para fitorremediación:

Rentable y ecológico: *Salvinia spp.* Ofrecer una alternativa rentable y respetuosa con el medio ambiente a los métodos convencionales de tratamiento de agua. No requieren productos químicos costosos ni procesos que consuman mucha energía.

Sostenible y renovable: *Salvinia spp.* Son un recurso sostenible y renovable, ya que pueden propagarse y cosechar fácilmente. Su biomasa se puede utilizar aún más para compostaje o producción de biocombustibles.

Adaptable a diversas condiciones: *Salvinia spp.* pueden adaptarse a una amplia gama de condiciones ambientales, lo que los hace adecuados para la fitorremediación en diversos ecosistemas acuáticos.

En general, *Salvinia spp.* es prometedor como una herramienta valiosa para la fitorremediación, ya que ofrece un enfoque natural y sostenible para la purificación del agua. Con una gestión cuidadosa y consideraciones específicas del sitio, estos helechos acuáticos pueden contribuir a remediar cuerpos de agua contaminados y mejorar los ecosistemas acuáticos.

Las aguas residuales son aquellas que por culpa de la acción humana tuvieron un efecto negativo y necesitan un tratamiento para volverlas puras y aprovechables.

Estas aguas han sido utilizadas tanto domésticos y urbanos como en ganadería e industrias conteniendo así diversos contaminantes pudiendo ser sólidos o disueltos.

Se clasifican teniendo en cuenta su cantidad y de qué tipo de sustancia química contienen; por sus características bacteriológicas; la relación que tengan la materia en suspensión y materia disuelta con el agua, o de donde procedan.

Su procedencia es la manera más común de clasificarlas. Logrando así una distinción de cuatro variedades de aguas residuales:

Aguas residuales domésticas o urbanas estas vienen de viviendas o urbanizaciones donde encontraremos un gran número de comercios y zonas de trabajo. Son aguas con una alta cantidad de contaminantes orgánicos y sólidos sedimentables.

Aguas residuales industriales provienen del sector secundario de la economía como su mismo nombre dice de actividades industriales. Estas aguas son desechadas por plantas de producción energética, fábricas o cualquier actividad que fabrique productos ya sea para consumo o productos manufacturados, su principal característica es que contiene elevado nivel de químicos sintetizados y metales pesados.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue experimental se debe porque se utilizó las plantas *Lemna minor* y la *Salvinia spp.* para fitorremediar las aguas residuales. Según Velasquez (2018) La investigación experimental viene siendo uno de los tantos métodos de investigación cualitativa. Se considera exitosa siempre y cuando el investigador haya aceptado que el cambio de la variable dependiente proviene de la variable independiente.

El diseño fue de manera experimental ya que se evaluó la eficiencia de la fitorremediación de la *Lemna minor* y *Salvinia spp.* utilizadas en aguas residuales, de tal modo que, esta investigación llegó a ser un plan de trabajo estudiando los impactos que fueron provocados por tratamientos y/o procesos de cambios en los sujetos o unidad que se observaron los cuales no fueron asignados según el criterio aleatorio. (Arnau,1995)

Se evaluaron dos plantas macrófitas *Lemna minor* y *Salvinia spp.* sobre la fitorremediación en muestras de agua residual, empleando 3 unidades experimentales. Los tratamientos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 03. *Tratamientos y control*

Tratamiento	Descripción	Tiempo
D0	Agua residual sin tratamiento	3 días
		6 días
		9 días
		12 días
D1	150 mg/l de <i>Lemna minor</i>	3 días
		6 días
		9 días
		12 días

D2	150 g/l de <i>Salvinia spp.</i>	3 días
		6 días
		9 días
		12 días

Fuente: Elaboración propia

3.2. Variables y operacionalización

Variable dependiente: Es la variable que el indagador manipula para determinar el impacto resultante en la variable dependiente (Tuckman, 2006). La variable dependiente son la eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales.

Variable independiente: Esta variable muestra el efecto resultante del estímulo de la variable independiente. Se le llama dependiente porque sus resultados dependen de lo establecido en la variable independiente. (Tuckman, 2006). La variable independiente en la presente investigación fue las plantas *Lemna minor* y *Salvinia spp.*

La matriz de operacionalización de variables se muestra en el anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Se utilizó el efluente secundario de agua residual agroindustrial Pomalca provenientes de los lavados de calderas.

Fue formada por los elementos (personas, objetos, organismos, entre otros) participantes en los fenómenos que se definen y abordan según el análisis del problema investigado.

La población tiene propiedades que pueden estudiarse, medirse y cuantificarse; así mismo, debe estar claramente delimitadas en cuanto a su contenido, características espaciales y temporales (León, 2017)

Para la elección de la población se siguieron los siguientes criterios:

-Inclusión: De la investigación se va a estudiar la eficiencia de la fitorremediación de las plantas *Lemna minor* y *Salvinia spp.* y las aguas residuales agroindustrial Pomalca como materia de estudios que ayudo a comprender sus características.

-Exclusión: Se excluyó cualquier agua residual que contenga cachaza y que no provenga de la agroindustrial

3.3.2. Muestra

Se utilizó 60 litros de agua residual agroindustrial (20 litros en cada estanque).

Se puede conceptualizar a la muestra como un subconjunto de la población, para ella esta debe ser proporcional con respecto al tamaño de la población (Otzen y Manterola,2017)

3.3.3. Muestreo

El presente estudio fue de carácter no probabilístico y se realizó un muestreo por conveniencia, el cual se tomó una muestra inicial de todos los parámetros (muestra testigo) para determinar la eficiencia de la fitorremediación mediante las macrófitas en aguas residuales agroindustriales.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de nuestra investigación utilizamos 3 tratamientos de flujos discontinuos o también llamados por tandas; que constó de 3 estanques, los cuales simularon una laguna de agua estancada los cuales fueron con la toma de muestra cada 3 días, optando por estas cantidades de plantas, el primero inició con 150 g de *Lemna minor*, el segundo estanque inicio con 150mg de *Salvinia spp* y por último un estanque artificial sin planta acuática.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Recolección de la planta macrófita *Lemna minor*

La lenteja de agua (*Lemna minor*) fue recolectada de una acequia ubicado en el distrito de Pomalca



Figura 1. Recolección de Lemna minor

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Adquisición de la planta macrófita *Salvinia spp*

El helecho de agua (*Salvinia spp*) fue adquirida en una tienda de acuarios ubicada en Chiclayo.



Figura 2. Salvinia spp.

Fuente: Invasive.org

3.5.3. Obtención de la muestra del agua residual agroindustrial y uso de materiales

La muestra de agua residual agroindustrial fue tomada de una acequia ubicada en el distrito de Pomalca.



Figura 3. Toma de muestra

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los materiales empleados para la obtención muestral del agua residual.

Tabla 04. Materiales empleados para la recolección de la muestra

MATERIALES
3 baldes de 20L
1 balde de 4L
guantes quirúrgicos
mascarilla
soga de 5 metros

Fuente: Elaboración propia

Para proceder a la obtención de la muestra de agua residual agroindustrial se emplearon 3 baldes grandes con una capacidad de 20L y un balde pequeño con una capacidad de 4L, los cual se lavaron

anticipadamente para evitar la alteración de la muestra. Posterior a ello la muestra equivalente a 60L se colocó en 3 baldes grande de 20L para su transporte al lugar donde se tienen los estanques previamente instalados.

3.5.3. Análisis de muestra en laboratorio

La cantidad muestral del agua residual de la agroindustria se llevó a realizar los análisis en el laboratorio microbiológico de la Universidad Cesar Vallejo, contando con un multiparámetro y turbidímetro en donde se evaluó los parámetros como: pH, turbidez, DBO, sólidos disueltos totales, temperatura y coliformes totales.

3.5.4. Proceso de experimentación

En el proceso de experimentación se emplearon 3 estanques con capacidad de 35L los cuales fueron sometidos a un lavado previo para evitar la alteración de las cifras resultantes, dichos estanques se vertieron 20 L de agua residual agroindustrial

Por último, mediante el primer tratamiento se tomó dos estanques empleando 150 gramos de *Lemna minor* y *Salvinia spp* para cada una, así mismo se utilizó un estanque sin presencia de macrófitas para usarlo como nuestro grupo control, luego se fue observando cómo las plantas fueron aumentando en número conforme pasaban los días.

3.5.5. Análisis de la eficiencia de la fitorremediación

Los análisis necesarios para la determinación de la eficiencia de la fitorremediación se llevaron a cabo en el laboratorio microbiológico de la UCV y el laboratorio de análisis de agua NKAP; en el cual se analizaron los distintos parámetros de las aguas residuales presentes en las muestras incorporadas con *Lemna minor* y *Salvinia spp* (mg/L).

3.6. Método de análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis cuantitativo utilizando el programa informático Microsoft Excel para sintetizar la información, mostrándose en tablas y gráficos estadísticos.

3.7. Aspectos éticos

Los aspectos éticos primordiales de acuerdo a los reglamentos establecidos por la Universidad Cesar Vallejo - Chiclayo son:

- Beneficencia: La investigación se realizará con validez. De esta manera se beneficiarán las futuras investigaciones relacionadas con las plantas macrófitas *Lemna minor* y *Salvinia spp*
- No maleficencia: Se utilizará el correcto uso de la información recolectada de múltiples bancos de datos que hacen posible la investigación.
- Justicia: No se intentará utilizar de manera inapropiada la información y resultados encontrados, tomando en consideración las variables de estudio y el objeto de la investigación.
- Autonomía: Aplicable ya que se tomarán decisiones propias acerca de la ejecución de la investigación ya que se optó el tema a investigar y el enfoque respectivo.

IV. RESULTADOS

Analizar los parámetros físicoquímicas y microbiológicas de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con *Lemna minor*

Tabla 05. Resultados de parámetros físico de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con *Lemna minor*

Tiempo	Parámetro			
	pH	Sólidos totales disueltos	Temperatura	Turbidez
3 días	5.25	189	24.25	26.9
6 días	5.72	158	22.02	7.46
9 días	7.67	143	25.01	6.66
12 días	7.57	193	28.01	5.56

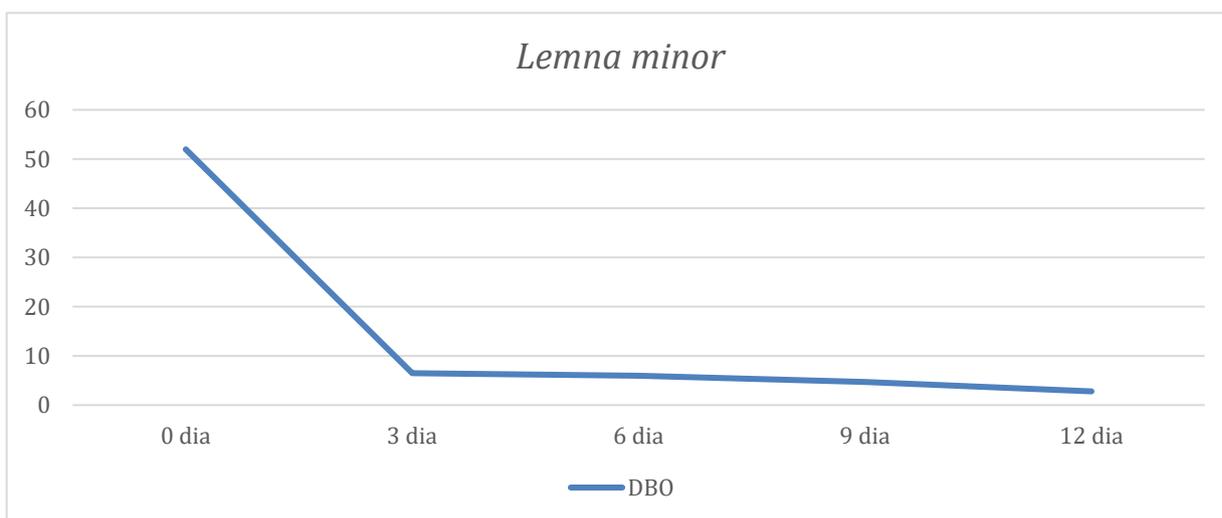
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 05 detalla los resultados obtenidos de los tiempos del día 3°, 6°, 9° y 12° que se realizaron a través de un multiparámetro en la Universidad César Vallejo indicándonos que los parámetros físicos del agua residual agroindustrial – Pomalca con *Lemna minor* nos dio que su pH aumento en los 3 primeros días hasta estabilizarse en un 7.67, por otra parte, sus sólidos totales disueltos variaron de un 189 en el día 3 hasta un 193 en el día 12, teniendo una disminución de 56 ppm de TDS, la temperatura cambio del tercer día al doceavo día dando un 28.01 y con una disminución en la turbidez que bajó de un 26.9 a un 5.56 NTU.

Tabla 6. Resultados de parámetros químicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con *Lemna minor*

	Tiempo	0 días	3 días	6 días	9 días	12 días
Parámetro	DBO <i>Lemna minor</i>	51.97	6.48	5.98	4.71	2.79

Fuente: Elaboración propia



En el estanque con tratamiento de *Lemna minor* se tuvo los resultados de DBO, donde se inició en el día 0 con 51.79 mg O²/L, para el día 3 nos dio un valor de 6.48 mg O²/L, para el día 6 obtuvimos un resultado de 5.98 mg O²/L, en el día 9 nos dio el valor de 4.71 mg O²/L y en el día 12 terminamos el tratamiento con un resultado de 2.79 mg O²/L.

Tabla 07. Resultados de parámetros microbiológicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con *Lemna minor*

	Tiempo	0 días	3° días	6° días	9° días	12 días
Parámetro	Coliformes total	22000	9900	5400	3500	1600

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se toma la muestra de coliformes totales las cuales provienen del estanque con agua residual agroindustrial - Pomalca con *Lemna minor*, la cual nos dio los siguientes resultados: En el día 0 empezamos con 22000 NMP/100 ml y para el día 3 se notó una disminución rápida de coliformes totales arrojando un resultado de 9900 NMP/100 ml, en el sexto día se notó una disminución más lenta de los coliformes dándonos 5400 NMP/100 ml, en el noveno día igual disminuyó a 3500 NMP/100 ml y por último tuvimos un resultado de 1600 NMP/100 ml.

Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con *Salvinia spp.*

Tabla 08. Resultados de parámetros físico de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial con *Salvinia spp.*

Parámetros				
Tiempo	pH	Sólidos totales disueltos	Temperatura	Turbidez
3 días	5.29	157	24.27	13.9
6 días	8.29	146	22.24	2.71
9 días	8.87	131	24.99	2.61
12 días	7.42	163	28.01	1.4

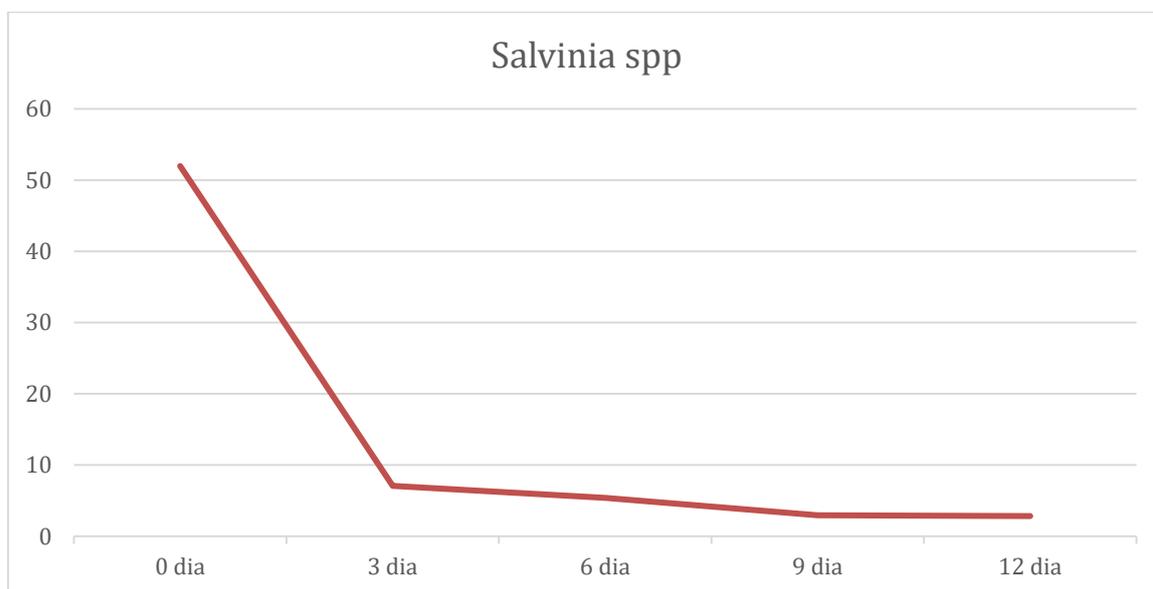
Fuente: Elaboración propia

La tabla 08 detalla los resultados que se obtuvieron a través de un multiparámetro en el laboratorio de la Universidad César Vallejo los cuales determinan los parámetros físicos del agua residual agroindustrial – Pomalca con *Salvinia spp.* son los siguientes, su pH aumento y bajo hasta establecerse en un 7.42 por otra parte, los sólidos totales disueltos bajaron del día 3 ,6 y 9 para luego volver a subir a 163 ppm para el día 12, también la temperatura aumentó de un 24.27°C en el día 3 a un 28.01°C en el día 12 y la turbidez tuvo un bajón muy grande de un 13.9 NTU en el día 3 a un 1.4 NTU el día 12.

Tabla 09. Resultados de parámetros químicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial Pomalca con *Salvinia spp.*

	Tiempo	0 días	3 días	6 días	9 días	12 días
Parámetro	DBO <i>Salvinia spp.</i>	51.97	7.06	5.39	4.94	2.83

Fuente: Elaboración propia



La tabla 09 nos da los resultados del estanque con el tratamiento de *Salvinia spp* nos dio los distintos resultados de DBO, el día 0 tuvimos un 51.97 mg O²/L, para el día 3 tuvimos un bajón muy rápido hasta un 7.06 mgO²/L, esto se debe a que en los primeros días el agua tiene más concentración de residuos orgánicos que generan más conductividad la cual ayuda a la rápida disminución del DBO, para los

demás días vemos una disminución más lenta pero igualmente se disminuyó el DBO a un 2.83 mgO²/L².

Tabla 10. Resultados de parámetros microbiológicos de los estanques artificiales de agua residual agroindustrial Pomalca con *Salvinia spp.*

	Tiempo	0 días	3 días	6 días	9 días	12 días
Parámetro	Coliformes total	22000	12000	8400	5300	2500

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 nos da los resultados de coliformes totales las cuales se tomaron del estanque con agua residual agroindustrial Pomalca con *Salvinia spp.*, la cual nos dio los siguientes resultados: En el día 0 empezamos con 22000 NMP/100 ml y para el día 3 se notó una disminución rápida de coliformes totales arrojando un resultado de 12000 NMP/100 ml, en el sexto día se notó una disminución más lenta de los coliformes dándonos 8400 NMP/100 ml, en el noveno día igual disminuyó a 5300 NMP/100 ml y por último tuvimos un resultado de 2500 NMP/100 ml.

Comparar la eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando *Lemna minor* y *Salvinia spp.*

Tabla 11. Comparación de resultados de parámetros físicos y microbiológicos de los dos tipos de macrófitas utilizadas

PARÁMETRO	MEDIDA	TRATAMIENTOS					
		GRUPO CONTROL		<i>LEMNA MINOR</i>		<i>SALVINIA SPP</i>	
		INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
pH	pH	8.49	8.65	8.49	7.57	8.49	8.42
Temperatura	C°	32.88	27.74	32.88	28.01	32.88	28.01
Turbidez	NTU	41.2	7.42	41.2	5.56	41.2	1.45
Sólidos Disueltos	ppm	159	145	159	193	159	163
Coliforme Total	NMP/100 ml	22000	21500	22000	1600	22000	2500

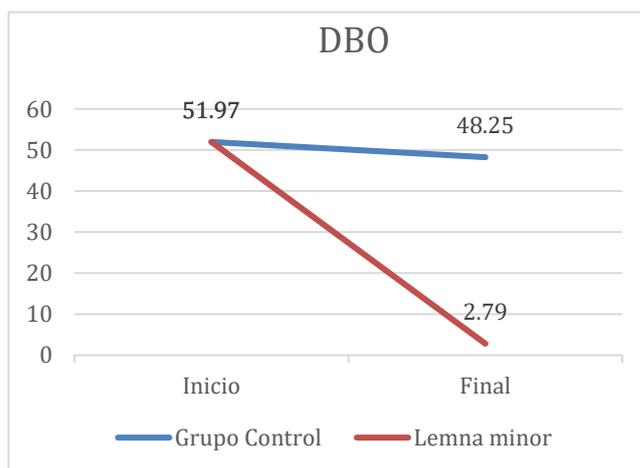
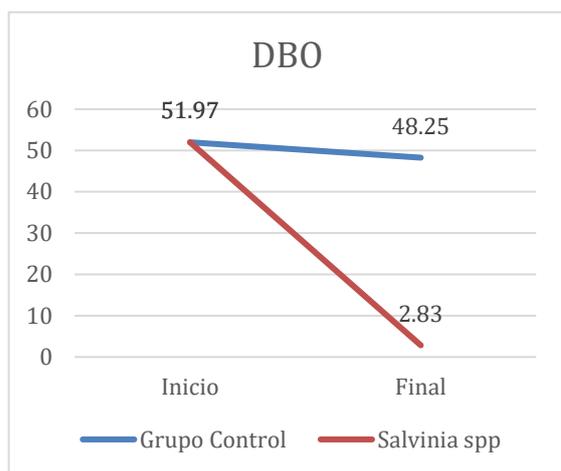
Fuente: Elaboración propia

En la tabla número 11 comparamos los parámetros físicos y microbiológicos del grupo control, *Salvinia spp* y *Lemna minor*, nos damos cuenta que en los diferentes tipos de parámetros que hemos estudiado la mayor eficiencia se puede observar en la *Lemna minor* ya que es la planta que más rápido se adaptó al espacio establecido.

Tabla 12. Comparación de resultados de parámetros químicos (DBO) de los dos tipos de macrófitas utilizadas

Muestra	Inicio	Final
Grupo Control	51.97	48.25
<i>Lemna minor</i>	51.97	2.79
<i>Salvinia spp</i>	51.97	2.83

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 12 se puede observar que al tomar la muestra del agua residual industrial de la agroindustria - Pomalca se observa que da un resultado inicial de 51.97 mgO²/L y que la planta más eficiente fue la *Lemna minor* ya que redujo a un 2.79 mgO²/L al contrario de la planta *Salvinia spp*. que nos da un resultado de 2.8 mgO²/L.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo al primer objetivo acerca de analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada con *Lemna minor* observamos que se adaptó de manera correcta al medio donde fue ubicada y disminuyó el pH, sólidos disueltos, DBO al transcurso de los días, pero para las tomas de muestra del día 9 y 12 el pH comenzó a aumentar ya que la planta al desfallecer libera los nutrientes y la materia orgánica al agua, afectando así el equilibrio del pH, por lo tanto, la fitorremediación que se realizó mediante esta planta haciendo que aumente significativamente sus valores Astrid (2019), y Bailón (2021) utiliza plantas macrófitas para fitorremediar las aguas residuales en una industria dentro de las macrófitas estudiadas estaba la *Lemna minor* los investigadores mencionan que tuvo una disminución de los niveles de pH en las aguas residuales que ellos trataron.

Estos resultados tienen relación con los de Bustamante y Olivares (2020) En esta investigación se diseñó un prototipo a pequeña escala donde se utiliza aguas residuales determinando la eficiencia de la macrófita (*Lemna minor*) que servirá para depurar el tipo de agua, teniendo que sus análisis dan como resultado una disminución en los parámetros pero que a partir de la sexta semana aumenta por ejemplo es en el DBO dice que tiende a subir su concentración, así como los sólidos totales.

El siguiente objetivo es analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada con *Salvinia spp.* la cual demora más en adaptarse al entorno haciendo más lento a la hora de tratar los parámetros arrojando así en los análisis de los diferentes parámetros una disminución lenta, en el parámetro de DBO se puede observar que disminuye lentamente ya que inicia con 51.97 y finaliza con 2.83.

Estos resultados tendrán relación con los de Pantoja et al. (2020) en su investigación trabajo con dos plantas macrófitas dentro de esos dos tipos menciona a la *Salvinia auriculata* mencionando que, si disminuye el DBO del agua residual, pero en un tiempo más largo y con un porcentaje menor que el de la otra macrófita estudiada, pero si es eficiente en fitorremediar el agua estudiada.

El tercer objetivo es comparar la eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando *Lemna minor* y *Salvinia spp.* Llegan al analizar los resultados de pH final es de 7.57 de la *Lemna minor* y de la *Salvinia spp* su pH es de 8.42, DBO final de la *Lemna minor* nos da 2.79 mgO²/L. y la *Salvinia* su DBO final es de 2.83 mgO²/L.

El trabajo de Abhayawardhana et al. (2019) apoya a nuestros resultados antes mencionados ya que el investigador hizo uso de estos dos tipos de planta para eliminar nutrientes y metales pesados de aguas residuales dándole como resultado de que la *Lemna minor* redujo en un 67% al DBO y los nutrientes del agua residual.

VI. CONCLUSIONES

1. Al analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la *Lemna minor* vemos que la planta se adapta fácilmente al entorno que este y es eficiente en la hora de hacer fitorremediación, pero como pasa los días tiende a reproducirse rápidamente haciendo que ocupe todo el espacio y producto de esto desfallezca y haga que los análisis se alteren en las últimas semanas.
2. En el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la *Salvinia spp.* podemos observar que la planta sufre en adaptarse a entorno producto de esto los resultados arrojados en la primera toma son un poco elevados, pero también cumple la función de tratar el agua residual industrial y luego a las últimas semanas la planta muere al no tener suficiente alimento liberando todos los nutrientes absorbidos.
3. En la comparación de la eficiencia de la fitorremediación de aguas residuales utilizando *Lemna minor* y *Salvinia spp* logramos ver que la planta más eficiente para fitorremediar las aguas residuales es la macrófitas llamada *Lemna minor* ya que su eficiencia para reducir y bajar la turbidez, pH y DBO fueron las más excelentes.

VII. RECOMENDACIONES

1. La Lemna minor es una planta eficiente para eliminar o reducir los diferentes tipos de nutrientes, pero debe tener espacio suficiente para reproducirse ya que su reproducción es espontánea y alimento necesario para que pueda desarrollarse y cumplir mejor al fitorremediar las aguas residuales
2. Lo que hemos podido darnos cuenta en nuestro trabajo la Salvinia spp. sí cumplió su función, pero sus resultados fueron bajos es por eso que se recomienda que se use, pero al tratar con aguas contaminadas con metales u otro tipo de contaminantes o alterando más su masa.
3. La comparación de estos tipos de plantas servirán para tener más detallada el ámbito donde más se desempeñan cada tipo de planta y haciendo que las aguas residuales industriales puedan ser menos dañinas al medio ambiente dando como opción la fitorremediación puesto que es eficiente y económico a la hora de trabajar con macrófitas.

REFERENCIAS

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Sampling Techniques on a Population Study. Morphol [en línea]. Julio 2017, vol. 35 n. °1. [Fecha de consulta 22 de noviembre] Disponible en:<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf> ISSN: 227-232

GALLARDO, Eliana. Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo [en línea]. 1° ed. Perú: Universidad Continental, 2017. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2022]. Disponible en:https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_U_C_EG_MAI_UC0584_2018.pdf ISBN: 978-612-4196

VARGAS, Zoila. Applied Research: A Way of Knowing Realities with Scientific Evidence. Education Magazine [en línea]. Julio 2016, n.° 1. [Fecha de consulta: 20 de noviembre 2022] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf> ISSN: 0379-7082

CASTILLO LORÍA, K., EMILIANI, J., BERGARA, C.D., HERRERO, M.S., SALVATIERRA, L.M. y PÉREZ, L.M., 2019. Effect of daily exposure to Pb-contaminated water on *Salvinia biloba* physiology and phytoremediation performance. Aquatic toxicology (Amsterdam, Netherlands) [en línea], vol. 210, ISSN 0166-445X. DOI 10.1016/j.aquatox.2019.02.019. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.02.019>.

DE LEÓN, M. en E.N.T.D., 2016. Población y Muestra. Core.ac.uk [en línea]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf>.

DELGADILLO-LÓPEZ, AE, GONZÁLEZ-RAMÍREZ, CA, PRIETO-GARCÍA, F., VILLAGÓMEZ-IBARRA, JR y ACEVEDO-SANDOVAL, O., 2011. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Agroecosistemas tropicales y subtropicales [en línea], vol. 14, núm. 2, [consulta: 29 octubre 2023]. ISSN 1870-0462. Disponible en:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002.

DE PAREDES, RG, 2016. Lenteja de agua (*Lemna minor*). Sierradebaza.org [en línea]. [consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://sierradebaza.org/fichas-tecnicas/fichas-flora-plantas/flora-jan/lemna-minor>.

Dhir, B. (2009). Salvinia: An aquatic fern with potential use in phytoremediation. Environment & We: An International Journal of Science and Technology, 4, 23-27

Fitorremediación. Conceptos generales. Depuradoras.es [en línea], [sin fecha]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: https://www.depuradoras.es/blog/263_fitorremediacion-conceptos-generales.

KUMAR, S. y DESWAL, S., 2020. Estimation of phosphorus reduction from wastewater by artificial neural network, random forest and M5P model tree approaches. Pollution [en línea], vol. 6, no. 2, [consulta: 27 octubre 2023]. ISSN 2383-451X. DOI 10.22059/poll.2020.293086.717. Disponible en: https://jpoll.ut.ac.ir/article_75230.html.

Lenteja de Agua (*Lemna minor*). iNaturalist Ecuador [en línea], [sin fecha]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/54518-Lemna-minor>.

MOHD NIZAM, N.U., MOHD HANAFIAH, M., MOHD NOOR, I. y ABD KARIM, H.I., 2020. Efficiency of five selected aquatic plants in phytoremediation of aquaculture wastewater. Applied sciences (Basel, Switzerland) [en línea], vol. 10, no. 8, ISSN 2076-3417. DOI 10.3390/app10082712. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/app10082712>.

Orejas de Ratón (género *Salvinia*). iNaturalist Ecuador [en línea], [sin fecha]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/72340-Salvinia>.

¿Qué son las aguas residuales? iAgua [en línea], 2019. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>.

Qué son las aguas residuales y cómo tratarlas. Ferrovial [en línea], [sin fecha]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.ferrovial.com/es/recursos/aguas-residuales/>.

QUISPE BENAVIDES, K.L. y AYALA AMARINGO, M.K., 2019. Utilización de la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de Nitrógeno y Fósforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP S.A - Ucayali 2018. S.I.: Universidad Nacional de Ucayali.

RACANCOJ-COYOY, A., TORRES-LÓPEZ, R. y TIRADO-CORBALÁ, R., 2019. POTENCIAL DE BUCHE DE POLLO (HETERANTHERA RENIFORMIS), LENTEJILLA (LEMNA L.) Y MALANGA (COLOCASIA ESCULENTA) PARATRATAR AGUAS RESIDUALES DE BENEFICIADOS DE CAFÉ. The journal of agriculture of the University of Puerto Rico [en línea], vol. 103, no. 1, ISSN 0041-994X. DOI 10.46429/jaupr.v103i1.17904. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.46429/jaupr.v103i1.17904>.

RACANCOJ-COYOY, A., TORRES-LÓPEZ, R. y TIRADO-CORBALÁ, R., [sin fecha]. Nota de Investigación. Upr.edu [en línea]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://revistas.upr.edu/images/jaupr/2019/v103n1/a7.pdf>.

RAZA, M., NOSHEEN, A., YASMIN, H., NAZ, R., USMAN SHAH, S.M., AMBREEN, J. y EL-SHEIKH, M.A., 2023. Application of aquatic plants alone as well as in combination for phytoremediation of household and industrial wastewater. Journal of King Saud University. Science [en línea], vol. 35, no. 7, ISSN 1018-3647. DOI 10.1016/j.jksus.2023.102805. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102805>.

REVISTA, 2008. Fitorremediación. Ecologistas en Acción [en línea]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/17857/fitorremediacion/>.

SCHWANTES, D., GONÇALVES, A.C., Jr, SCHILLER, A. da P., MANFRIN, J., CAMPAGNOLO, M.A. y VEIGA, T.G., 2019. *Salvinia auriculata* in post-treatment of dairy industry wastewater. *International journal of phytoremediation* [en línea], vol. 21, no. 13, ISSN 1522-6514. DOI 10.1080/15226514.2019.1633260. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/15226514.2019.1633260>.

SITARSKA, M., TRACZEWSKA, T., HOŁTRA, A., ZAMORSKA-WOJDYŁA, D., FILAROWSKA, W. y HANUS-LORENZ, B., 2023. Removal of mercury from water by phytoremediation process with *Salvinia natans*(L.) All. *Environmental science and pollution research international* [en línea], vol. 30, no. 36, ISSN 0944-1344. DOI 10.1007/s11356-023-27533-w. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-023-27533-w>.

SU F, LI Z, LI Y, XU L, LI Y, LI S, CHEN H, ZHUANG P, WANG F., 2019. Eliminación de nitrógeno y fósforo totales utilizando plantas acuáticas individuales o combinadas. *Nih.gov* [en línea]. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6926882/>.

TAVARES, L.H.S., 2008. Constructed wetland in wastewater treatment. *Acta scientiarum. Biological sciences* [en línea], vol. 30, no. 3, ISSN 1679-9283. DOI 10.4025/actasciobiolsci.v30i3.5002. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1871/187115876005.pdf>.

UTILIZACIÓN DE MACROFITAS. *Usal.es* [en línea], 2003. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/macrofita.PDF>.

VELÁZQUEZ, A., 2018. Investigación experimental: Qué es, tipos y cómo realizarla. QuestionPro [en línea]. [consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/>.

FERNÁNDEZ, P., VALLEJO, G., LIVACIC-ROJAS, P. y TUERO, E., 2014. Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. Anales de psicología [en línea], vol. 30, núm. 2, [consulta: 29 octubre 2023]. ISSN 0212-9728. DOI 10.6018/analesps.30.2.166911. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-97282014000200039

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente <i>Lemna minor</i>	La comúnmente llamada lenteja de agua, reconocida por su característico color verde y sus 2mm de tamaño, es repetidamente estudiada por su ayuda en el tratamiento de aguas residuales al absorber mediante sus raíces los distintos contaminantes (Paredes,2016). Los helechos de agua es uno de los géneros de especies vegetales estudiadas por su capacidad de remoción de metales pesados (Dhir,2009).	Son plantas macrófitas reconocidas y estudiadas por el aporte al tratamiento de aguas residuales gracias a que se alimentan de los contaminantes presentes en ellas.	Dosis	150 g de <i>Lemna minor</i> 150 g de <i>Salvinia spp</i>	Nominal
			Tiempo	3 días 6 días 9 días 12 días	Intervalo
Variable Dependiente fitorremediación de aguas residuales	La fitorremediación es el aprovechamiento de la capacidad de distintas plantas acuáticas para retener, acumular, metabolizar o estabilizar contaminantes presentes en el agua tales como metales pesados, radiactivos y compuestos orgánicos (Delgadillo,2011)	Se trata del uso de distintas plantas macrófitas para la recuperación de aguas residuales gracias a su poder de absorción de compuestos orgánicos y metales pesados.	parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	-DBO -pH -turbidez -SDT -oxígeno disuelto -temperatura -coliformes totales	intervalo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Técnica e Instrumento de recolección de datos



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis químico
USUARIO : Loconi Sampi Víctor Andre / Purizaca Vasquez Francklyn
N° DE MUESTRA : 01
TIPO DE MUESTRA : Agua residual (Agroindustrial) - Pomalca
FECHA DE EMISIÓN : 24 de Septiembre del 2022
RESULTADOS : Análisis físicos del agua

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
01	pH	7.49	pH	Multiparámetro
01	Oxígeno Disuelto	2.28	ppm	Multiparámetro
01	Sólidos Totales Disueltos	159	ppm	Multiparámetro
01	Temperatura	32.88	°C	Multiparámetro
01	Turbidez	41.2	NTU	Turbidímetro


CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
INGENIERO AMBIENTAL
REG CIP 255514

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO

CIP: 255514

UCV, licenciada para que
puedas salir adelante.



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis químico
USUARIO : Loconi Sampi Víctor Andre / Purizaca Vasquez Francklyn
N° DE MUESTRA : 01
TIPO DE MUESTRA : Agua residual (Agroindustrial) - Pomalca
FECHA DE EMISIÓN : 27 de Octubre del 2023
RESULTADOS : Análisis físicos del agua

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
M. GC	pH	5.35	pH	Multiparámetro
M. GC	Oxígeno Disuelto	3.03	ppm	Multiparámetro
M. GC	Solidos Totales Disueltos	161	ppm	Multiparámetro
M. GC	Temperatura	24.40	°C	Multiparámetro
M. GC	Turbidez	16.1	NTU	Turbidímetro
M. Lm	pH	5.25	pH	Multiparámetro
M. Lm	Oxígeno Disuelto	3.06	ppm	Multiparámetro
M. Lm	Solidos Totales Disueltos	189	ppm	Multiparámetro
M. Lm	Temperatura	24.25	°C	Multiparámetro
M. Lm	Turbidez	26.9	NTU	Turbidímetro
M. SS	pH	5.29	pH	Multiparámetro
M. SS	Oxígeno Disuelto	3.10	ppm	Multiparámetro
M. SS	Solidos Totales Disueltos	157	ppm	Multiparámetro
M. SS	Temperatura	24.27	°C	Multiparámetro
M. SS	Turbidez	13.9	NTU	Turbidímetro



CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
 INGENIERO AMBIENTAL
 REG ° CIP 255514

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO

CIP: 255514

UCV, licenciada para que
 puedas salir adelante.



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis químico
USUARIO : Loconi Sampi Victor Andre / Purizaca Vasquez Francklyn
N° DE MUESTRA : 01
TIPO DE MUESTRA : Agua residual (Agroindustrial) - Pomalca
FECHA DE EMISIÓN : 31 de Octubre del 2023
RESULTADOS : Análisis físicos del agua

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
M. GC	pH	7.7	pH	Multiparámetro
M. GC	Oxígeno Disuelto	3.18	ppm	Multiparámetro
M. GC	Solidos Totales Disueltos	155	ppm	Multiparámetro
M. GC	Temperatura	23.10	°C	Multiparámetro
M. GC	Turbidez	1.68	NTU	Turbidímetro
M. Lm	pH	5.72	pH	Multiparámetro
M. Lm	Oxígeno Disuelto	3.15	ppm	Multiparámetro
M. Lm	Solidos Totales Disueltos	158	ppm	Multiparámetro
M. Lm	Temperatura	22.02	°C	Multiparámetro
M. Lm	Turbidez	7.46	NTU	Turbidímetro
M. SS	pH	8.29	pH	Multiparámetro
M. SS	Oxígeno Disuelto	3.38	ppm	Multiparámetro
M. SS	Solidos Totales Disueltos	146	ppm	Multiparámetro
M. SS	Temperatura	22.24	°C	Multiparámetro
M. SS	Turbidez	2.71	NTU	Turbidímetro



CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
 INGENIERO AMBIENTAL
 REG CIP 255514

 LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO

UCV, licenciada para que
puedas salir adelante.



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis químico
USUARIO : Loconl Sampi Víctor Andre / Purizaca Vasquez Francklyn
N° DE MUESTRA : 03
TIPO DE MUESTRA : Agua residual (Agroindustrial) - Pomalca
FECHA DE EMISIÓN : 07 de Noviembre del 2023
RESULTADOS : Análisis físicos del agua

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
M. GC	pH	8.39	pH	Multiparámetro
M. GC	Oxígeno Disuelto	2.39	ppm	Multiparámetro
M. GC	Sólidos Totales Disueltos	103	ppm	Multiparámetro
M. GC	Temperatura	25.13	°C	Multiparámetro
M. GC	Turbidez	5.25	NTU	Turbidímetro
M. Lm	pH	7.67	pH	Multiparámetro
M. Lm	Oxígeno Disuelto	2.39	ppm	Multiparámetro
M. Lm	Sólidos Totales Disueltos	143	ppm	Multiparámetro
M. Lm	Temperatura	25.01	°C	Multiparámetro
M. Lm	Turbidez	6.66	NTU	Turbidímetro
M. SS	pH	8.87	pH	Multiparámetro
M. SS	Oxígeno Disuelto	2.40	ppm	Multiparámetro
M. SS	Sólidos Totales Disueltos	131	ppm	Multiparámetro
M. SS	Temperatura	24.99	°C	Multiparámetro
M. SS	Turbidez	2.61	NTU	Turbidímetro



CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
 INGENIERO AMBIENTAL
 REG CIP 255514

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA
 ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
 CIP: 255514

UCV, licenciada para que
 puedas salir adelante.



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis químico
USUARIO : Loconi Sampi Victor Andre / Purizaca Vasquez Francklyn
N° DE MUESTRA : 01
TIPO DE MUESTRA : Agua residual (Agroindustrial) - Pomalca
FECHA DE EMISIÓN : 13 de Noviembre del 2023
RESULTADOS : Análisis físicos del agua

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
M. GC	pH	8.65	pH	Multiparámetro
M. GC	Oxígeno Disuelto	2.27	ppm	Multiparámetro
M. GC	Solidos Totales Disueltos	145	ppm	Multiparámetro
M. GC	Temperatura	27.74	°C	Multiparámetro
M. GC	Turbidez	7.42	NTU	Turbidímetro
M. Lm	pH	7.57	pH	Multiparámetro
M. Lm	Oxígeno Disuelto	2.26	ppm	Multiparámetro
M. Lm	Solidos Totales Disueltos	193	ppm	Multiparámetro
M. Lm	Temperatura	28.01	°C	Multiparámetro
M. Lm	Turbidez	5.56	NTU	Turbidímetro
M. SS	pH	7.42	pH	Multiparámetro
M. SS	Oxígeno Disuelto	2.26	ppm	Multiparámetro
M. SS	Solidos Totales Disueltos	163	ppm	Multiparámetro
M. SS	Temperatura	28.01	°C	Multiparámetro
M. SS	Turbidez	1.4	NTU	Turbidímetro



CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
INGENIERO AMBIENTAL
REG CIP 255514

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO

CIP: 255514

UCV, licenciada para que
puedas salir adelante.

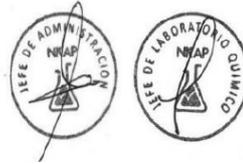


INFORME DE ENSAYO

T-2260-J223-VLS

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			T-2260-01
Código de Cliente			G.C. Cachaza
Item de Ensayo			Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo			19/10/2023
Hora de Muestreo			05:20
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	51.97



INFORME DE ENSAYO

T-2299-J223-LOCONI

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			T-2299-01
Código de Cliente			Grupo Control despues de 3 días
Item de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:46
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	50.48

Código de Laboratorio			T-2299-02
Código de Cliente			Agua Residual con Lemnaminor despues de 3 días
Item de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:46
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	6.48

Código de Laboratorio			T-2299-03
Código de Cliente			Agua Residual con Salvinia Spp despues de 3 días
Item de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:45
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	7.6



INFORME DE ENSAYO

T-2300-J223-LOCONI

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			T-2300-01
Código de Cliente			Grupo Control despues de 6 días
Ítem de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:46
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	49.3

Código de Laboratorio			T-2300-02
Código de Cliente			Agua Residual con Lemnaminor despues de 6 días
Ítem de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:46
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	5.98

Código de Laboratorio			T-2300-03
Código de Cliente			Agua Residual con Salvinia Spp despues de 6 días
Ítem de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:45
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	5.39



INFORME DE ENSAYO

T-2301-J223-LOCONI

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			T-2301-01
Código de Cliente			Grupo Control despues de 9 días
Item de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:46
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	48.36

Código de Laboratorio			T-2301-02
Código de Cliente			Agua Residual con Lemnaminor despues de 9 días
Item de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:46
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	4.71

Código de Laboratorio			T-2301-03
Código de Cliente			Agua Residual con Salvinia Spp despues de 9 días
Item de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			26/10/2023
Hora de Muestreo			02:45
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	4.94

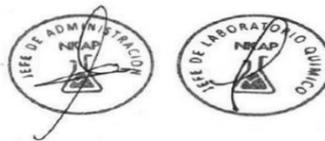


INFORME DE ENSAYO

T-2373-J223-LOCONI

Pág. 02 de 03

Código de Laboratorio		T-2373-01
Código de Cliente		Grupo Control después de 12 días
Item de Ensayo		Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo		2/11/2023
Hora de Muestreo		05:23
Parámetro	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	BOD5 mg/L	48.25
Código de Laboratorio		T-2373-02
Código de Cliente		Agua residual con <i>Lemna minor</i> después de 12 días
Item de Ensayo		Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo		2/11/2023
Hora de Muestreo		05:23
Parámetro	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	BOD5 mg/L	2.79
Código de Laboratorio		T-2373-03
Código de Cliente		Agua residual con <i>Salvinia spp.</i> después de 12 días
Item de Ensayo		Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo		2/11/2023
Hora de Muestreo		05:23
Parámetro	Unidad	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	BOD5 mg/L	2.83



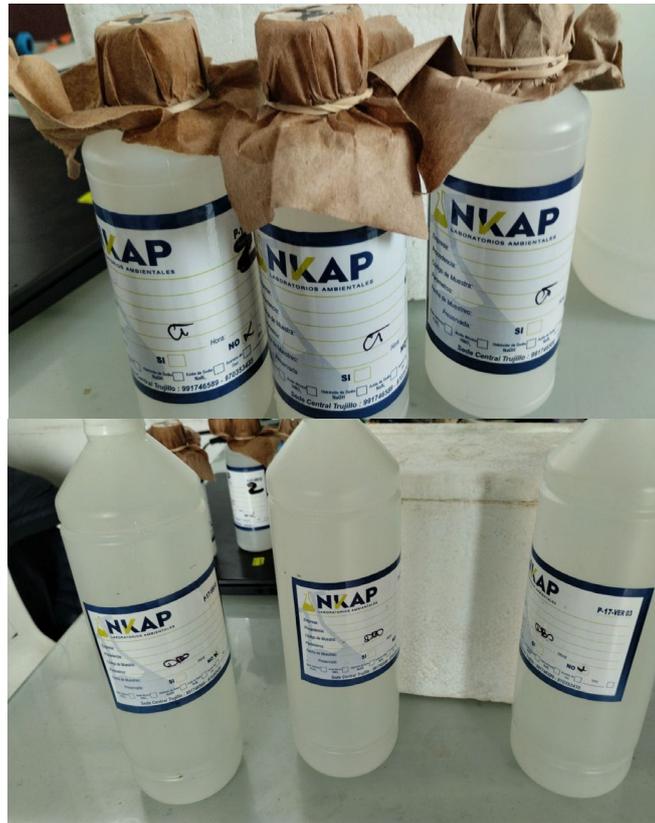
Anexo 3. Registro fotográfico



Midiendo los parámetros de la muestra



Midiendo la turbidez de la muestra



Pomos para mandar la muestra al laboratorio correspondido