



**Universidad César Vallejo**

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

Eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con  
*Alocasia Macrorrhiza* y *Scirpus Holoschoenus* en aguas residuales  
domésticas, Shanao

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Pinchi Flores, Víctor David ([orcid.org/0000-0002-6876-7086](https://orcid.org/0000-0002-6876-7086))

Tello Mozombite, Diana Alexandra ([orcid.org/0000-0002-0279-2211](https://orcid.org/0000-0002-0279-2211))

**ASESOR:**

Dr. Vallejos Torres, Geomar ([orcid.org/0000-0001-7084-977X](https://orcid.org/0000-0001-7084-977X))

**LÍNEA DE INVESTIGACION:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TARAPOTO – PERÚ**

**2024**

### Declaratoria de autenticidad del asesor

Yo, VALLEJOS TORRES GEOMAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao.", cuyos autores son TELLO MOZOMBITE DIANA ALEXANDRA, PINCHI FLORES VICTOR DAVID, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, 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.

TARAPOTO, 22 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
GEOMAR VALLEJOS TORRES DNI: 01162440 ORCID: 0000-0001-7084-977X	Firmado electrónicamente por: GVALLEJOST el 22- 07-2024 19:41:08

Código documento Trilce: TRI - 0830897

## Declaratoria de originalidad de los autores

Nosotros, TELLO MOZOMBITE DIANA ALEXANDRA, PINCHI FLORES VICTOR DAVID estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao.", 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 gradoacadémico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, nicopiados.

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
VICTOR DAVID PINCHI FLORES <b>DNI:</b> 71589669 <b>ORCID:</b> 7002323507-0000000202792	Firmado electrónicamente por: VPINCHIFL el 22-07- 2024 21:47:57
DIANA ALEXANDRA TELLO MOZOMBITE <b>DNI:</b> 73663855 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0279-2211	Firmado electrónicamente por: DTELLOMO el 22-07- 2024 19:53:16

Código documento Trilce: TRI - 0830896

## Dedicatoria

La presente tesis va dedica a mi querida madre Aydee Flores Tanchiva, la cual es mi motivo de inspiración y superación en mi vida. Asimismo, a mi abuelita Lidia Tanchiva Apagueño, mi tía Maribel Flores Tanchiva, mi hermana Lidia Arianne Vargas Flores y un gran amigo Augusto Martin Arias Barreto, lo cual estuvieron presente en toda mi formación profesional dándome el apoyo constante para lograr cumplir mi meta profesional.

***Pinchi Flores, Víctor David***

**A mi madre, Diana**, por ser mi apoyo incondicional en todas mis metas y sueños, eres la mujer más fuerte que conozco, gracias por confiar en mí. **A mi padre, Juan**, por estar presente en el desarrollo de esta tesis, por tu tiempo y dedicación. **A mi hermano menor, Iham**, por motivarme a mejorar cada día y veas en mi un ejemplo a seguir, este logro no es solo mío, sino también te todos ustedes, gracias infinitas.

***Tello Mozombite, Diana Alexandra***

## **Agradecimiento**

A Dios, por permitir cumplir una de mis metas trazadas en mi vida y de manera muy especial a mi familia por el apoyo incondicional dado en todo este trayecto profesional.

***Pinchi Flores, Víctor David***

A mis padres, por brindarme su apoyo en esta etapa, a mis familiares por sus consejos y a los profesionales que me apoyaron con el desarrollo de esta tesis, gracias.

***Tello Mozombite, Diana Alexandra***

## Índice de contenidos

Declaratoria de autenticidad del asesor .....	ii
Declaratoria de originalidad de los autores .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA .....	11
III. RESULTADOS .....	22
IV. DISCUSIÓN .....	37
V. CONCLUSIONES .....	39
VI. RECOMENDACIONES .....	40
REFERENCIAS .....	41
ANEXOS .....	47

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la temperatura del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	22
<b>Tabla 2.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la turbidez del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	23
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	25
<b>Tabla 4.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la densidad del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	26
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la DBO del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	27
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la DQO del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	28
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los nitritos del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	29
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción del pH del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	30
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los coliformes totales del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	32
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los coliformes fecales del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	33
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los coliformes termotolerantes del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	34
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la <i>Escherichia Coli</i> del agua residual doméstica con plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> .....	36

## Índice de figuras

Figura 1. Humedal artificial de flujo vertical .....	15
Figura 2. Componentes del lecho filtrante .....	15
Figura 3. Instalación de tubos de oxigenación en los humedales artificiales.....	16
Figura 4. Instalación del abastecimiento de las aguas .....	17
Figura 5. Incorporación de plantas <i>A. macrorrhiza</i> y <i>S. holoschoenus</i> a los humedales artificiales.....	18
Figura 6. Fase de muestreo final de aguas tratadas en los humedales artificiales ..	19
Figura 7. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la temperatura a 30 y 60 días de tratamiento .....	23
Figura 8. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la turbidez a 30 y 60 días de tratamiento. ....	24
Figura 9. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la conductividad eléctrica a 30 y 60 días de tratamiento .....	25
Figura 10. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la densidad a 30 y 60 días de tratamiento .....	26
Figura 11. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la DBO a 30 y 60 días de tratamiento.....	28
Figura 12. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la DQO a 30 y 60 días de tratamiento.....	29
Figura 13. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de los nitritos a 30 y 60 días de tratamiento .....	30
Figura 14. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción del pH a 30 y 60 días de tratamiento .....	31
Figura 15. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de los coliformes totales a 30 y 60 días de tratamiento .....	32
Figura 16. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de los coliformes fecales a 30 y 60 días de tratamiento. ....	34
Figura 17. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de los coliformes termotolerantes a 30 y 60 días de tratamiento. ....	35
Figura 18. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la <i>Escherichia Coli</i> a 30 y 60 días de tratamiento. ....	36

## Resumen

El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia del tiempo de la remoción física, química y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao. En la metodología el tipo de investigación aplicada, con enfoque cuantitativo y con diseño experimental de tipo cuasiexperimental. Los resultados mostrados determinaron la remoción física empleando *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao fue de 60 días, pues se evidenció una alta significancia además la combinación entre el tratamiento a los 30 y 60 días fue de 0.000\*\* menor a  $p < 0,05$ . asimismo, la remoción química con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao, se evidenció una alta significancia encontrando diferencias estadísticas al 1% para la fuente de variación: tratamiento a los 60 días con 0.000\*\* menor a  $p < 0,05$  obteniendo la mayor remoción de contaminantes y la remoción de los contaminantes microbiológicos empleando plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao fue a los 60 días, pues demostró tener una alta significancia además de contar con 0.000\*\* menor a  $p < 0.05$  obteniendo así la mayor remoción de los contaminantes. Se concluyó que los humedales artificiales con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* tuvieron la capacidad de remover los contaminantes a los 60 días de tratamiento.

Palabra clave: Agua, fisicoquímicos, microbiológicos, *Alocasia Macrorrhiza*, *Scirpus Holoschoenus*.

## Abstract

The objective of the research work was to determine the efficiency of the physical, chemical and microbiological removal time with *Alocasia macrorrhiza* and *Scirpus holoschoenus* in domestic wastewater, Shanao. In the methodology, the type of applied research, with a quantitative approach and with a quasi-experimental experimental design. The results shown determined that the physical removal using *Alocasia macrorrhiza* and *Scirpus holoschoenus* in domestic wastewater in the Shanao district was 60 days, since a high significance was evident, in addition the combination between the treatment at 30 and 60 days was 0.000 \*\* less than  $p < 0.05$ . Likewise, the chemical removal with *Alocasia macrorrhiza* and *Scirpus holoschoenus* in domestic wastewater in the Shanao district, showed a high significance finding statistical differences at 1% for the source of variation: treatment at 60 days with 0.000\*\* less than  $p < 0.05$  obtaining the highest removal of contaminants and the removal of microbiological contaminants using *Alocasia macrorrhiza* and *Scirpus holoschoenus* plants in domestic wastewater in the Shanao district was at 60 days, as it demonstrated to have a high significance in addition to having 0.000\*\* less than  $p < 0.05$  thus obtaining the highest removal of contaminants. It was concluded that artificial wetlands with *Alocasia macrorrhiza* and *Scirpus holoschoenus* plants had the capacity to remove contaminants at 60 days of treatment.

Keyword: Water, physicochemical, microbiological, *Alocasia Macrorrhiza*, *Scirpus holoschoenus*.

## I. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales domésticas constituyen desde hace muchos años uno de los mayores problemas a nivel internacional; No reciben el tratamiento adecuado, ya que sus contaminantes provocan graves daños a los ecosistemas acuáticos y terrestres. (Guadarrama et al., 2019). Además, las ciudades y zonas industriales, la hostelería, la minería, la agricultura y la ganadería carecen de instalaciones de tratamiento de aguas, lo que produce grandes cantidades de aguas residuales contaminadas, causando graves daños a nuestro medio ambiente (Mohamad et al., 2020). La mayor parte de esta agua ingresa a los ríos, lagos, océanos, campos abiertos o bajo tierra a través de los llamados tanques sépticos y vertederos (Bedriñana, 2023). Por esta razón, en las últimas décadas, una parte de la población ha tomado conciencia y está trabajando para solucionar los problemas asociados a la descontaminación de las aguas contaminadas, para que previo a la descontaminación pueda servir como abastecimiento de agua doméstica, comercial e industrial; A través de estudios, se está proponiendo la creación de humedales diseñados con plantas acuáticas, nativas entre otras, como una alternativa totalmente ecológica para contrarrestar la pérdida de vida acuática y la contaminación del agua en arroyos, lagos, ríos y lagunas con el propósito de reducir la carga de microorganismos como patógenos y nutrientes no benéficos para el agua (Quezada, 2019). Por las razones antes mencionadas, el estudio de caso, se desarrolló en el distrito de Shanao, provincia de Lamas, departamento de San Martín, el cual presenta problemas por el inadecuado el control de agua servidas de la población, afectando gravemente la biodiversidad existente en la zona, pues según el Plan Regional de Saneamiento de San Martín (2021), menciona que el distrito de Shanao se encuentra contaminado por aguas residuales municipales y domésticas, las cuales son vertidas al río Mayo, donde la planta piloto de tratar las aguas es la encargada de realizar el tratamiento correspondiente, la cual es responsabilidad de la Municipalidad Distrital de Shanao, pero que actualmente no se encuentra operativa, sin embargo, con la población emergente, este tratamiento es un tanto ineficiente, debido a que no se cuenta con un suministro de agua potable que tenga las condiciones óptimas para el consumo de los

pobladores del distrito, lo que trae efecto un incremento en la incidencia de enfermedades diarreicas, parasitarias y gastrointestinales, así como epidemias, afectando consecuentemente la salud de toda la población, por lo que necesita apoyarse en otro sistema que le ayude a realizar un adecuado tratamiento del agua. Por ello, las plantas que se utilizaron para este procedimiento fueron la *A. macrorrhiza* y la *S. holoschoenus*, conocidas por su potencial para absorber contaminantes en aguas residuales; La *A. macrorrhiza*, conocida como marquesa u oreja de elefante, es una planta tropical de hojas grandes y en forma de corazón, perfecta para decorar tanto el interior como el exterior del hogar; Una de las características de esta planta es que puede alcanzar una altura de 5 metros y sus hojas pueden medir hasta 1 metro de longitud. Además, tiene una gran capacidad para captar energía solar, esto se debe al ancho de sus hojas (Sedou et al., 2022). De esta manera la *S. holoschoenus* es una especie de la familia Cyperaceae cuyo nombre común es junco; Las plantas perennes tienen tallos redondeados sin hojas; se transforman en vainas en la base y dejan una red de fibras a medida que envejecen. Las Cyperaceae no tienen pétalos ni sépalos diferenciados, pero los estambres y el estilo, que están separados en la mayoría de las especies, están rodeados por una pequeña escama llamada gluma, que es importante para la identificación (Guadarrama et al., 2019). Se plantea el siguiente problema general: ¿Cuál es la eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas del distrito de Shanao?; Seguido de los problemas específicos: PE1: ¿Cuál es la eficiencia del tiempo en la remoción química con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao?; PE2: ¿Cuál es la eficiencia del tiempo en la remoción física con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao?; PE3: ¿Cuál es la eficiencia del tiempo en la remoción microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao?; Asimismo, se plantearon las justificaciones: La justificación social fue concientizar a la población para que optara por un tratamiento biológico consistente en utilizar un sistema de humedales artificiales utilizando plantas nativas llamadas *A. macrorrhiza* y *S.*

*holoschoenus* con el fin de reducir la carga de contaminantes que se encuentran en el agua usada por la población de Shanao. A través de este tratamiento, se redujeron las concentraciones fisicoquímicas y biológicas del agua. La justificación económica demostró que los tratamientos ecológicos con humedales artificiales incorporando plantas *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus* fueron eficientes en la reducción de la carga de contaminantes fisicoquímicos y biológicos que, si bien son comparables a los tratamientos convencionales, tienen un alto costo de operación que afecta económicamente a las autoridades. La justificación metodológica enfocada en el uso de artículos y revistas indexadas en las bases de datos ScienceDirect y Scopus, lo que estableció un nuevo diseño de tratamiento que ayudó a contribuir con los datos de investigaciones ya publicadas, así como orientar investigaciones futuras. La justificación ambiental se basó en el tratamiento ecológico utilizando plantas nativas *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus* incorporadas a los humedales artificiales como proceso de tratamiento de aguas domésticas y de esta manera no causar más daños a los componentes ambientales, ya que estas aguas son vertidas directamente a las cuencas del río Mayo. Se menciona el objetivo general: Determinar la eficiencia del tiempo de la remoción física, química y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao. Los objetivos específicos: OE1: Determinar la eficiencia del tiempo en la remoción química con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao. OE2: Determinar la eficiencia del tiempo en la remoción física con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao. OE3: Determinar la eficiencia del tiempo en la remoción microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao. Asimismo, se establecieron las hipótesis de investigación: Hipótesis general: Mediante la incorporación de las plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* permitirá la eficiencia del tiempo de la remoción física, química y microbiológica en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao. Seguimiento de las hipótesis específicas: HE1: Existirá eficiencia del tiempo en la remoción química con la incorporación de las plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao. HE2:

Existirá eficiencia del tiempo en la remoción física con la incorporación de las plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao. HE3: Existirá eficiencia del tiempo en la remoción microbiológica con la incorporación de las plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao. Posteriormente, con base en estudios de tratamiento de la calidad fisicoquímica y microbiológica de aguas residuales domésticas, se establecieron antecedentes de investigación de alcance internacional como lo menciona Sedou et al., (2022) realizaron la optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad de Karad utilizando pantanos artificiales, desarrollados en China, su objetivo fue estudiar la capacidad de purificación de las plantas en el tratamiento de aguas residuales domésticas, utilizaron un diseño experimental, en tratamiento triple batch en baldes con capacidad de 5 L y pozos artificiales de PVC de 2 cm. Los resultados del uso de plantas de *alocasia* fueron más efectivas en cargas orgánicas de 98%. Donde de las tres plantas utilizadas, *Alocasia sibiricum*, *Ixora chinensis* y *Alocasia alocasia*, Lograron remover las concentraciones de fósforo con *Alocasia alocasia* con 99.70%; *Alocasia sibiricum* de 99.61% e *Ixora chinensis* 23.58%. Concluyeron que, la remoción de fósforo con *alocasia* es mejor, tal como se evidencio en los porcentajes establecidos. Por otro lado, Mohamad et al., (2020) determinaron el proceso de remediación de níquel por la incorporación de plantas *Alocasia puber* empleando humedales artificiales, tiene como objetivo maximizar la eficacia de eliminación de Ni en agua utilizando la metodología de superficie de respuesta (RSM) a través de un diseño compuesto central (CCD), optimizando la concentración de metales pesados y el tiempo de exposición, utilizaron un diseño experimental, su población son las aguas obtenidas de Ni sintético y una muestra que aclimataron cuatro microcosmos CW durante 2 semanas antes de realizar los experimentos. Cada uno de los cuatro CW había plantado individualmente *A. puber* para generar un efecto significativo de las raíces en las plantas. Los autores mostraron los siguientes resultados, lograron una eliminación del 95.6% en la absorción de las plantas, con un alto coeficiente de correlación ( $R^2 = 0.97$ ) entre datos obtenidos del experimento y diseño estadístico, concluyendo que *Alocasia puber* plantado en un microcosmos de humedal

artificial pudo remediar las aguas residuales contaminadas con Ni. Seguidamente el autor Zaman y Wardhana, (2018) realizaron el potencial de producción de energía eléctrica a partir de pilas de combustible microbianas (MFC) en un reactor de evapotranspiración para el tratamiento de lixiviados utilizando la planta *A. macrorrhiza* y el pasto *E. indica*, tuvo como objetivo determinar el potencial de energía eléctrica procedente del tratamiento de lixiviados mediante reactor de evapotranspiración con el uso de *A. macrorrhiza*, y pasto local, utilizaron un diseño experimental, la población es la planta local y una muestra que utilizó MFC horizontal colocando los cátodos y ánodos en diferentes cámaras utilizando placas de carbono para material cátodo-ánodo con un tamaño de 40 cm x 10 cm x 1 cm. La producción de energía eléctrica se midió mediante un multímetro digital durante 30 días de funcionamiento del reactor, obteniendo el siguiente resultado que mediante la producción de energía eléctrica fluctuó, pero la del reactor que utiliza la planta de *A. macrorrhiza* alcanzó un promedio de 70  $\mu$ watty, concluyeron que el reactor que utiliza la planta *A. macrorrhiza* el potencial de energía eléctrica del reactor fue entre un 60 y un 95 % mayor que el que utiliza pasto *Eleusine Indica* en una operación a corto plazo (30 días). Asimismo en su investigación Syuhada et al., (2019) realizaron fitorremediación de metales pesados de aguas residuales mediante microcosmo de humedal construido plantado con *alocasia púber*, tuvo como objetivo tratamiento del microorganismo humedal artificial mediante el uso de *Alocasia púber*, utilizaron un diseño experimental , con una población que fue las aguas residuales sintéticas con metales pesados y una muestra de seis tiempos de retención hidráulica (TRH) diferentes (2, 4, 6, 8, 10 y 12 días), obteniendo los siguientes resultados que mostraron eficiencia para eliminación de metales pesados e >99% después del día 12 , el estudio concluyó que *alocasia púber* es muy efectiva para componente importante en humedales artificiales para aguas contaminadas con metales pesados. Seguidamente se estableció los estudios con índole de aguas residuales domésticas a nivel nacional según como indica Quispe y Casimiro, (2019) evaluaron la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros con plantas fitorremediadoras. La muestra estuvo compuesta por dos biofiltros: uno con las especies *Alocasia macrorrhiza*, *Eichhornia crassipes* (SB1) y *Cyperus papyrus* y otro con las especies *Eisenia foetida* y *Eichhornia crassipes* (SB2). Que

durante dos meses fueron registrados los parámetros, el nitrito (NO<sub>2</sub>), los Sólidos Suspendidos Totales (SST), la demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), los fosfatos (PO<sub>4</sub>-3), el nitrato (NO<sub>3</sub>), y las Coliformes Termotolerantes (CT). Los hallazgos indicaron que el sistema SB1 para la eliminación de DBO<sub>5</sub>, CT y SST fue más eficaz, con valores de 95.55%, 99.87% y 95.71%, correlativamente. Además, Sarco, Paredes y Mamani, (2018) desarrollaron la remoción de aguas residuales domésticas a través de flujos subsuperficiales utilizando *Alocasia* en el asentamiento, Lima, tuvieron como propósito comprobar la efectividad de la macrófita *Alocasia macrorrhizos* mediante un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal para reconocer los contaminantes microbiológicos y fisicoquímicos. Utilizaron un diseño experimental con una población de 8 macrófitas de *Alocasia macrorrhizos* y una muestra de 16 litros de aguas residuales domésticas. La muestra se almacenó durante 3 días y se monitoreó durante un mes. Los resultados mostraron que el humedal artificial subsuperficial con *Alocasia macrorrhizos* fue muy efectiva en la remoción de contaminantes, mediante un porcentaje de remoción del 60.72%. Para ello, según Vergara, (2021) realizó un diseño de biofiltros para el mejoramiento del manejo de aguas residuales domésticas en el Perú, presentó una propuesta de un sistema de biofiltros para la remoción de aguas residuales domésticas en Perú. Utilizó un diseño de tipo no experimental descriptivo, se basó en una revisión documental de 20 estudios. El autor mostró los siguientes resultados que el sistema de biofiltros con el uso de *Cyperus papyrus*, *Alocasia macrorrhizos* (Lombrifiltro) y *Eichhornia crassipes*, donde *Alocasia macrorrhizos* (Lombrifiltro) fue el más válido en la remoción de contaminantes. En particular, el estudio de Vergara (2021) reveló que el sistema de biofiltros propuesto es una solución prometedora para el tratamiento de aguas residuales en el Perú. Con una eficiencia de remoción superior al 90% para la mayoría de los contaminantes evaluados (DBO<sub>5</sub>, SST y Pt), este sistema se destaca por su alto rendimiento. Sumado a esto, presenta ventajas económicas y ambientales, lo que lo convierte en una alternativa atractiva para su implementación a gran escala. Por lo cual, en su estudio, Domínguez (2022) evaluó la viabilidad de utilizar humedales artificiales para tratar las aguas residuales de la zona baja de Belén, utilizó un diseño aplicado, no experimental de tipo descriptiva, con una población que fue sección del

cuerpo de agua Itaya (río) en la localidad de Iquitos, fueron considerados 8 muestras obtenidas en el río Itaya, como resultado mostró que los parámetros fisicoquímicos se determinó dentro de los límites establecidos por el MINAM y que las variables biológicas coliformes termotolerantes superan los límites mínimos permisibles desde 3300 NMP/100 ml hasta 79000 NMP/ml 100. Concluyó que el desempeño del humedal diseñado para el control de coliformes termotolerantes se estimó en la categoría de 33 a 790 NMP/100 ml, con resultados respecto al límite legal (2000 NMP/100 ml). Para ello, en el estudio de Muñoz (2023), determinó la capacidad de los jacintos de agua y microorganismos eficientes para reducir los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos en las aguas residuales de Ahuashiyacu. Los análisis previos al tratamiento revelaron una alta concentración de coliformes termotolerantes, excediendo los estándares establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) Al evaluar la eficiencia de ambos tratamientos, observó una reducción significativa de coliformes termotolerantes (99.95% y 99.96%), sólidos suspendidos totales (82% y 80.7%) y una mejora en el pH. Estos resultados demostraron la viabilidad de utilizar jacintos de agua y microorganismos eficientes para tratar las aguas residuales del sector acuícola, cumpliendo con los requisitos establecidos en el D.S. 010-2018 y la R.M 178-2014 del MINAM. Seguidamente, se establecieron las bases para el tratamiento de aguas residuales domésticas, estas aguas contienen sólidos suspendidos y disueltos, pueden ser orgánicas o inorgánicas. La composición de las aguas residuales es compleja y se divide en tres categorías. La primera incluye los contaminantes tradicionales, como sólidos, materia orgánica y microorganismos patógenos. La segunda categoría engloba sustancias más difíciles de tratar, como compuestos orgánicos persistentes y metales. Por último, los contaminantes emergentes, una categoría relativamente nueva, abarca una amplia gama de sustancias como fármacos, hormonas y productos químicos industriales. (Sobia et al., 2018). Para garantizar que las aguas residuales domésticas (ARD) tratadas sean seguras para su vertimiento o uso posterior, es necesario cuantificar los contaminantes presentes en ellas. Esto permitió seleccionar la tecnología de tratamiento adecuada, la cual minimizará el peligro a la salud pública y al ambiente (Ashraf et al., 2019). La *A. macrorrhiza*, una planta nativa de las Islas Salomón, Archipiélago de Bismarck,

Filipinas, Papúa Nueva Guinea, Queensland, Malasia peninsular y Borneo, puede alcanzar los 2 metros de altura. Su corno tiene un diámetro de hasta 20 cm, y sus pecíolos pueden llegar a medir 1.5 metros. Sus hojas, de forma cordada-ovalada, miden hasta 1 metro de largo y 90 centímetros de ancho. Son normalmente erguidos, con bordes ligeramente ondulados y un color verde intenso brillante (Sedou et al., 2022). Asimismo, *S. holoschoenuses* es una planta herbácea perenne, cespitosa, con un rizoma corto, sus tallos son delgados y cilíndricos, de entre 10 y 120 cm de altura. Las hojas están reducidas a vainas basales, de color marrón oscuro. La inflorescencia es un conjunto de glomérulos globosos, que pueden ser sésiles o pedunculados. Los glomérulos son pequeños y densos, de color marrón oscuro. La bráctea inferior es larga y cilíndrica y sus espiguillas son pequeñas y circulares (Syuhada et al., 2019). Estas especies vegetales tienen la capacidad para erradicar los olores de las aguas residuales. La caracterización de los olores es fundamental para comprender los procesos de descomposición orgánica, ya que estos son producidos por la liberación de gases. Debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno las aguas residuales tienen un olor característico, que es producido cuando los microorganismos reducen el sulfato a sulfuro. La caracterización y medición de una fragancia se basa en cuatro factores importantes: identidad, trazabilidad, sensación e intensidad (Bhat et al., 2018). Además, la temperatura es otra característica especial de las aguas residuales. Las aguas residuales suelen tener una temperatura más elevada que las aguas no contaminadas. Se debe a que las aguas residuales están más activas biológicamente, lo que genera calor (Bhat, 2018). La densidad, una propiedad física esencial para caracterizar las aguas residuales, se define como la relación entre masa y volumen de una sustancia, generalmente expresada en unidades de kilogramos por metro cúbico o gramos por centímetro cúbico. Es un valor sustituto derivado de la relación entre la densidad del agua permeada y la densidad del efluente (Chacón et al., 2022). La turbidez es una medida de la transparencia del agua y se determina cuantitativamente mediante métodos físicos que comparan la cantidad de luz dispersada por las partículas en suspensión en una muestra con la de una suspensión de referencia. (Llano et al., 2019). La conductividad eléctrica, mide la capacidad en una solución acuosa para de esta manera conducir la corriente eléctrica. Se necesita del número de

iones que están presentes en ese momento, para su movilidad, concentración, temperatura de medición y valencia (Vergara, 2021). Luego, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mide la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos al descomponer la materia orgánica biodegradable en la muestra de agua. No se refiere a los contaminantes químicos en sí, sino a la cantidad de oxígeno necesaria para eliminar dicha materia orgánica. Por ello, este parámetro es importante, el cual controla la condición o calidad del agua en lagos, ríos, arroyos o aguas residuales (Sedou et al., 2022). La cantidad de oxígeno que consume se hace de manera directa proporcionalmente a la cantidad de materia orgánica actual dentro de la muestra. Los microorganismos necesitan más oxígeno para oxidar y descomponerla (Mohamad et al., 2020). Por otro lado, en la DQO la demanda química de oxígeno, establece el porcentaje de oxígeno necesario para oxidar completamente la materia orgánica en el agua, considerando factores como la temperatura y el tipo de oxidante (Quispe y Casimiro, 2019). Los compuestos inorgánicos nitrito y nitrato son derivados del nitrógeno. En la atmósfera se encuentran principalmente en forma gaseosa (78% en volumen), y se encuentran en forma oxidada en el suelo y en la materia orgánica (tejidos animales o vegetales que contienen nitrógeno). Extraído de la atmósfera para el metabolismo (Bhat et al., 2018). Sin embargo, su cantidad en las rocas es muy pequeña. Como regla general, esto indica procesos biológicos activos en el agua, ya que se convierte fácil y rápidamente en nitratos (Domínguez, 2018). En cuanto a los nitritos tienen tres usos principales: Como inhibidores de corrosión: Es usado para proteger los metales de la corrosión en el agua de procesos industriales y en las torres de refrigeración, también como conservantes alimentarios, ya que, sus compuestos se utilizan para prevenir el crecimiento de bacterias en carnes curadas, como el jamón, la salchicha y el tocino, y como fertilizantes, por lo que muchos fertilizantes comerciales granulares contienen nitrógeno en forma de nitratos, que son absorbidos por las plantas para su crecimiento (Bedriñana, 2023). En cuanto al pH se comprende que se atribuye de establecer el nivel de acidez y la alcalinidad dentro del agua. Se basa en una escala del 0 al 14, donde 7 es neutro (Amaya et al., 2019). Finalmente, las propiedades biológicas de las aguas negras tratadas o no tratadas. Estos incluyen patógenos para la salud humana, como

las bacterias, en la mayor parte de los sucesos en virus y parásitos. También detectaremos indicadores de contaminación fecal, como *E. coli*, que se utilizaron para estabilizar el diseño. Además, las aguas residuales también contienen bacterias nitrificantes como Nitrobacter y Nitrosomonas, que convierten el amoníaco en nitratos. También se han encontrado bacterias oxidantes del azufre como *Thiobacillus ferrooxidans*. Otros géneros considerables incluyen *Nocardia*, *Sphaerotillus* y los ciliados, como los pedunculados y rotíferos (Romero et al., 2019). Los coliformes fecales, se definen como el subconjunto de coliformes totales que crecen y fermentan la lactosa a altas temperaturas de cultivo; por lo tanto, también se les llama *E. coli* termotolerantes (Zaman y Wardhana, 2018).

## II. METODOLOGÍA

### Tipo y diseño de investigación

Presente estudio de investigación se dio de tipo aplicada, según como lo menciona Vargas, (2019) un estudio de este tipo tiene como objetivo resolver un problema específico mediante la aplicación de conocimientos científicos. Estos conocimientos pueden aplicarse para elevar el nivel de vida de las personas y contribuir al avance de la sociedad en general. Asimismo, esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo de acuerdo como lo indica Tomayo (2007), que el enfoque cuantitativo procesa y analiza los datos obtenidos durante los tratamientos, llegando a resultados precisos de la eficiencia de un tratamiento propuesto.

Seguidamente se estableció un diseño experimental, cuasiexperimental dado que se realizó una acción deliberadamente de las variables, variable independiente las especies vegetales (*A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus*) y el tiempo de remoción (30 días y 60 días) con la variable dependiente (Remoción de concentraciones fisicoquímica y microbiológica), Además, requiere la realización de análisis estadísticos con el propósito de contrastar experimentalmente las hipótesis planteadas, siguiendo las recomendaciones de Velásquez (2018) la referencia a esto se basó en un estudio de los efectos de un tratamiento donde las muestras tomadas fueron elegidas de acuerdo a los investigadores.

### Variables y operacionalización

En esta tabla especifica los procesos de desarrollo del trabajo de investigación, como se muestra en (Anexo 1).

Asimismo, se describieron las variables: Variable independiente: Especies vegetales (*Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*) y tiempo de remoción. Definición conceptual: El método que utiliza de las plantas fitorremediadoras en disminuir los contaminantes y producir agua limpia y apta para la vida. (Guadarrama, et al. 2019). Definición operacional: Se construirá humedales artificiales (HA) con la incorporación de plantas *Alocasia*

*macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en disminuir la carga de los contaminantes de las aguas servidas de la población. Dimensiones: T1: HA1 Testigo, T2: HA2: *Alocasia macrorrhiza*, T3: HA3 con *Scirpus holoschoenus*, T4: HA4 con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* y tiempo de retención. Indicadores: *Alocasia macrorrhiza*, *Scirpus holoschoenus* y componentes del humedal artificial (HA) como arena gruesa, grava fina, grava gruesa y el 1% de pendiente; Toma de muestra, 30 días y 60 días. Escala: Razón

Posteriormente la variable dependiente: Remoción de concentraciones físicas, químicas y microbiológicas. Definición conceptual: Es un método de tratamiento que cambian estas propiedades (Biológicas, físicas y químicas) de los contaminantes del agua durante el tratamiento biológico o mecánico (Quispe y Casimiro 2019). Definición operacional: Esta es la efectividad de las especies vegetales *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* incorporadas en los sistemas de humedales artificiales, bajo la disminución de las concentraciones de los contaminantes químicos, físicos y biológicos. Dimensiones: Parámetros físicos, químicos, biológicos. Indicadores: Temperatura, turbidez, densidad, conductividad eléctrica, DBO, DQO, nitritos, pH, coliformes totales, fecales, termotolerantes y *Escherichia Coli*. Escala: Razón

### **Población, muestra y muestreo**

Se estableció que la población fue considerada por las aguas servidas que provienen de viviendas del distrito de Shanao, que actualmente tiene una población de 2 088 habitantes, sumando un total de 2 570 litros por día en promedio, según datos adjuntados por la Municipalidad Distrital de la Shanao. Con el objetivo de garantizar la validez de los resultados, se establecieron los siguientes criterios para la inclusión: fueron consideradas el agua contaminada de las viviendas de Shanao, provincia de Lamas, según Ramírez (2018), Los criterios de inclusión son las propiedades que deben cumplir las entidades cosmológicas para ser consideradas en el estudio, y, los criterios de exclusión: Los datos utilizados en este análisis no incluyeron a estas aguas negras domésticas provenientes de los demás distritos que conforman la provincia de

Lamas, según Fernández (2018), criterios de exclusión viene a ser peculiar que hacen que las unidades no sean elegibles para participar en un estudio. Seguidamente, se estableció a la muestra que quedó constituida por un total de 72 muestras divididas en dos tiempos. La primera toma será a los 30 días de tratamiento, distribuidas en 12 muestras para los parámetros físicos, 12 muestras para los parámetros químicos y 12 muestras para los parámetros microbiológicos, haciendo un total de 36 muestras; luego la segunda toma de muestra, se realizará a los 60 días del tratamiento que se distribuirá en 12 muestras para los parámetros físicos, 12 muestras para los parámetros químicos y 12 muestras para los parámetros microbiológicos haciendo un total de 36 muestras. Tomando como referencia lo que realizó Vergara, (2021) durante el trabajo de estudio del autor sobre el diseño de un biofiltro de tratamiento de aguas residuales domésticas, se recolectaron un total de 88 muestras de agua para la valoración de parámetros físicos, químicos y biológicos. Posteriormente, al muestreo que fue probabilístico completamente al Azar. Esto es un método de investigación que permite seleccionar una muestra representativa de una población y análisis de grupos específicos mediante un proceso aleatorio. Finalmente se consideró a la unidad de análisis a las 72 muestras se determinarán en base a 30 y 60 días de experimentación, donde los parámetros comprendidos en temperatura, pH y conductividad eléctrica serán evaluados por los propios investigadores y en cuanto para los parámetros turbidez, densidad, DBO, DQO, nitritos, coliformes totales, fecales, termotolerantes y *Escherichia coli* se extraerán muestras antes y después del tratamiento para ser evaluados en el laboratorio acreditado por el INACAL” ENVIRONMENTAL QUALITY SERVICES S.A”.

### **Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Se consideraron métodos de recolección de datos, análisis de documentos y recolección de información mediante este método que ayudo a implementar sistema de tratamiento con los biofiltros artificiales y el desarrollo de la síntesis de la investigación. Seguido de la observación que es una técnica que se usó

porque permitió observar el fenómeno con atención, registrar la información y analizarla posteriormente.

Nuestras herramientas de recolección de datos actúan como una base de datos, y para facilitar el desarrollo de nuestra investigación, utilizaremos las siguientes herramientas: Ficha 1: Instrumento de caracterización físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales domésticas sin tratamiento del distrito de Shanao (Anexo 2). Ficha 2: Instrumentos de características físicas en el agua residual doméstica tratadas del distrito de Shanao (Anexo 3). Ficha 3: Instrumentos de características químicas en el residual de agua doméstica tratadas del distrito de Shanao (Anexo 4) y Ficha 4: Instrumentos de características biológicas en el agua residual doméstica tratada del distrito de Shanao (Anexo 5).

La validez de la investigación consistió en el grado que los instrumentos realmente miden la variable que se pretende medir aceptados por los jueces expertos. Según Hernández-Sampieri y Mendoza, (2018). A través de una correcta validez se podrá tener una adecuada medición sobre nuestras variables. Además, de la confiabilidad nos permitió determinar La confiabilidad se aplicará mediante ANOVA con datos de  $p < 0,05$  obtenidos del análisis de agua.

## **Procedimiento**

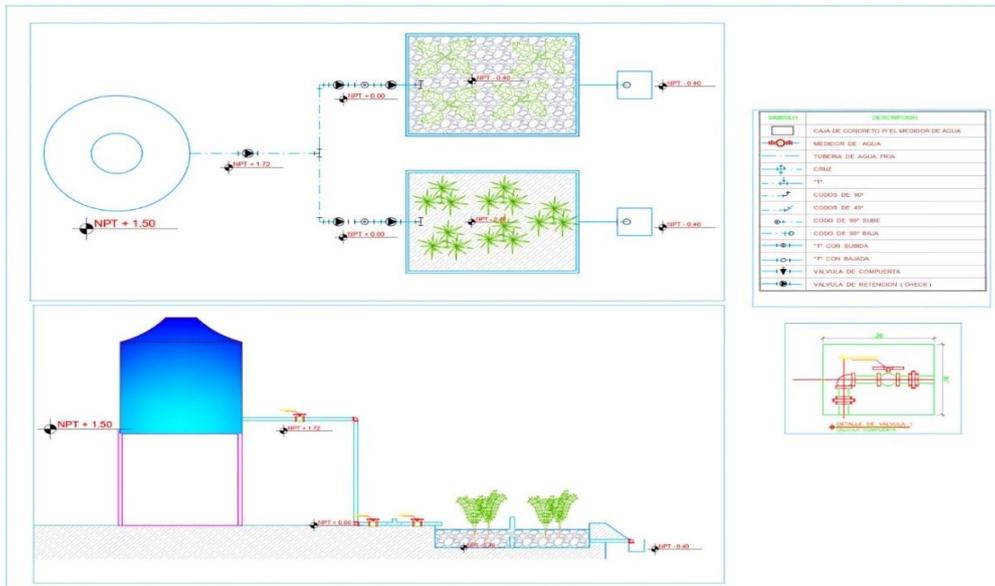
El procedimiento está fundamentado en 3 etapas, las cuales se explican a continuación:

### **Instalación del humedal artificial de flujo vertical (HAFV)**

El diseño comenzó con la instalación de humedales de flujo vertical (HAFV) donde se construyeron 12 humedales, cada uno con las siguientes dimensiones: Largo 1 m, ancho 0.70 m y fondo 0.50 m. Una vez que los humedales estén listos. A continuación, se procederá con el montaje de la cama filtrante de los humedales. Lo cual consistirá en agregar cuatro sustratos dentro de la capa inicial piedra triturada con medidas aproximada 40 mm de espesor, que tendrá una altura de 10 cm; luego en la capa media se agregó arena gruesa de 2 mm de espesor, que mantuvo una altura de 10 cm, así

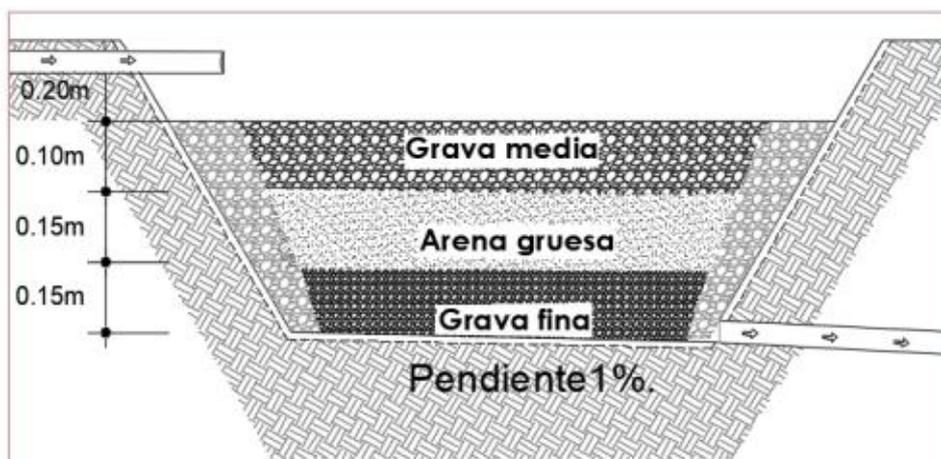
mismo en la tercera capa se adicionó arena fina de 2 mm de espesor, con una altura de 10 cm y finalmente en la capa superior estuvo la grava media de 5 mm de espesor y con 5 cm de altura. Este proceso estuvo alineado al estudio de Bedriñana (2023). Como referencia se observa en la (Figura 2).

Figura 1. Humedal artificial de flujo vertical



Fuente: Tomado del autor Bedriñana, (2023) de su trabajo de investigación titulado “Eficiencia en la remoción de los contaminantes de aguas residuales de un humedal artificial con Phragmites australis y Alocasia odora, anexo de Unión Mejorada Ayacucho 2023”. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112339>

Figura 2. Componentes del lecho filtrante



Fuente: Tomado del autor Bedriñana, (2023) de su trabajo de investigación “Eficiencia en la remoción de los contaminantes de aguas residuales de un humedal artificial con Phragmites australis y Alocasia odora, anexo de Unión Mejorada Ayacucho 2023”. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112339>

### Montaje de tubos de ventilación

Los 12 sistemas de tratamiento de humedales construidos recibieron oxígeno a través de tubos de ventilación que contaron con medidas de 4 cm espesor y 40 cm en altura. Los tubos fueron añadidos en el centro de cada humedal artificial, con el propósito de generar una mejor circulación de aire en nuestros humedales, para su correcta ventilación. (Quispe y Casimiro 2019).



Figura 3. Instalación de tubos de oxigenación en los humedales artificiales

**Nota:** (A). Instalación de tubos de PVC para la oxigenación del humedal artificial. (B). Instalación de tubos de PVC para la oxigenación en las unidades experimentales.

### Ubicación del sistema de abastecimiento del agua residual doméstica

Con ayuda de los trabajadores de la municipalidad distrital de Shanao nos permitieron las instalaciones del sistema de tubería de PVC hacia los humedales con el propósito que el agua circule a cada tratamiento especificado así como se muestra de T1: HA1 Testigo, T2: HA2: *A. macrorrhiza*, T3: HA3: *S. holoschoenus* y T4: HA4: *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus*. Al igual que un trabajo de investigación de De Olivera et al., (2019).

Figura 4. Instalación del abastecimiento de las aguas



**Nota:** (A). Sistema de circulación y abastecimiento de las aguas residuales domésticas a los humedales artificiales. (B). Acondicionamiento de las tuberías para la distribución del agua dentro del humedal.

### **Siembra y preparación de especies *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*.**

Las plantas que fueron empleadas en los tratamientos, lo primero que se realizó fue la obtención de las semillas de *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus*. La semilla de la especie *S. holoschoenus* fueron adquiridas del humedal Andiviela, que se encuentra localizado en el distrito de Morales y las semillas de *A. macrorrhiza* fueron obtenidas de los viveros ornamentales del distrito del mismo nombre. Dichas semillas pasaron a ser colocadas en semilleros con tierra esterilizada en autoclave a 121 °C por un periodo de 15 a 30 minutos, posterior a ello en un tiempo determinado de 25 días de germinación las plántulas tuvieron una altura aproximada de 20 cm para que después puedan ser trasplantados a los sistemas de humedales en el agua del distrito de Shanao, procedimiento seguido de la investigación de (Sarco, et al. 2018).



Figura 5. Incorporación de plantas *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus* a los humedales artificiales

**Nota:** (A). Plantas *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus* para la incorporación a los humedales artificiales. (B). Siembra de las plantas *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus* a los humedales artificiales.

### Prueba hidráulica

Una vez que se hayan implementado los 12 humedales artificiales, esta prueba comprobó la cantidad de agua que fluye por el humedal, así como la eficacia de las plantas de *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus* que sirvieron para nuestro tratamiento de las aguas de uso doméstico y mediante esto conocer su eficacia en purificación. Asimismo, la cantidad de cada especie a sembrar en cada (HAFV) se basó de las dimensiones del humedal, las plantas se colocaron en 3 hileras, cada planta tuvo una separación de 25 cm entre sí, dejando un espacio de 10 cm entre el humedal, en total se colocaron 7 plantas en cada fila. Al finalizar el tratamiento de las plantas también se calculó la altura de cada planta (Zaman y Wardhana 2018).

## Etapa de Campo

### Recolección de las aguas residuales

Contamos con una cubeta, que tuvo la capacidad de 20 L para recolectar aguas residuales domésticas que fueron tratadas desde el sistema de distribución a los 12 humedales artificiales, seguido de la adecuación de las plantas de *A. macrorrhiza* y *S. holoschoenus*, luego se puso en funcionamiento el suministro de agua en los sistemas de tratamiento por un período de 30 y 60 días, esta metodología fue basada en el estudio realizado por Quispe y Casimiro (2019).

### Muestreo y análisis de laboratorio

El avance del muestreo se realizó según protocolos establecidos. La exploración perteneciente se realizó en un lab. acreditado por INACAL "ENVIRONMENTAL QUALITY SERVICES S.A.", las concentraciones analizadas se muestran en el Anexo N°6.

Los datos para la evaluados en el laboratorio se realizaron mediante la determinación de dos pruebas de monitoreo post tratamiento a los 30 y 60 días. Dichos tiempos fueron adaptados de la investigación de Méndez y Severino (2022) que emplearon un tiempo de 30 días para remover contaminantes de aguas residuales.



Figura 6. Fase de muestreo final de aguas tratadas en los humedales artificiales

**Nota:** (A). Toma de muestras de agua tratada de los humedales artificiales.  
(B). Rotulación y presentación de las muestras de agua.

### **Eficiencia de depuración**

Para determinar la temperatura se empleó un termómetro digital cada 30 días, en cada repetición de cada tratamiento. Se empleó el método turbidimétrico para el análisis correspondiente de turbidez, esto basado en el estudio de (Castro, et al. 2018). La conductividad eléctrica (CE) será medido empleando la metodología de (Vargas 2021) que uso el método de conductimetría. La densidad fue evaluada mediante el método de convención con un volumen de líquidos y gases a menudo, el cual fue analizado en base al estudio de (Quispe y Casimiro 2019). En tanto, para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) las muestras de agua para análisis fueron evaluadas mediante incubación con una temperatura de 20 °C por un periodo de 5 días. Después de esto se realizó con medición oxígeno a través del método potenciométrico, ambos parámetros de DBO y OD fueron evaluados empleando la metodología de (Méndez y Severino 2022).

En cuanto a los parámetros biológicos que comprenden coliformes y *Escherichia Coli*, estos también fueron analizados mediante el método de filtración por membrana/ tubos múltiples los cuales fueron realizados en el laboratorio, este método fue replicado del estudio de (Quispe y Casimiro 2019). La eficiencia de disminución de los contaminantes del agua, se calcularon en porcentaje utilizando la fórmula tomada por los investigadores (Quispe y Casimiro 2019) a continuación se describe:

$$EF(\%) = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100\%$$

Donde:

Ef= Eficiencia de remoción (%)

Ci= concentración inicial del parámetro

Cf= Concentración final del parámetro

### **Método de análisis de datos**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA). Los datos recolectados fueron introducidos en el software estadístico SPSS (versión 25) para su posterior análisis. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5% ( $p \geq 0,05$ ). Además, la prueba de Tukey también se utilizó para comparaciones múltiples de medias grupales.

### **Aspectos éticos**

La presente investigación se fundamenta en una sólida base documental, cuyos elementos fueron citados y referenciados siguiendo estrictamente las normas ISO 690. Asimismo, se adhirió a los principios éticos establecidos en la Resolución de Norma N° 081-2024-VI-UCV, garantizando así la integridad académica del estudio. Finalmente, para asegurar la originalidad del trabajo, tuvo lugar un análisis de similitud a través de la plataforma Turnitin, propiedad de la Universidad César Vallejo.

### III. RESULTADOS

De los procesos de ejecución del trabajo de investigación sobre el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao con humedales artificiales con la incorporación de plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, se llegaron a los siguientes resultados:

#### 3.1. Eficiencia del tiempo en la remoción físicos con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao.

Del análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de temperatura en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, Los datos obtenidos mediante el procedimiento estadístico de  $R^2$  no mostraron diferencia por exposición a la temperatura natural (Cuadro 1).

**Tabla 1.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la temperatura del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,000 <sup>a</sup>	5	0,400	1,600	0,211ns
Fator A: Tiempo	0,167	1	0,167	0,667	0,425ns
Fator B: Plantas	0,750	2	0,375	1,500	0,250ns
Tiempo * Plantas	1,083	2	0,542	2,167	0,144ns
Error	4,500	18	0,250		
Total	16544,000	24			

a.  $R^2 = 0,308$

C. V: 5,89%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

También se muestra la desviación estándar de los índices de temperatura en las aguas tratadas del distrito de Shanao. A continuación, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de la unidad preliminar, manifestando pequeñas diferencias con la prueba de Tukey, valor de  $p < 0,05$  (Figura 7).

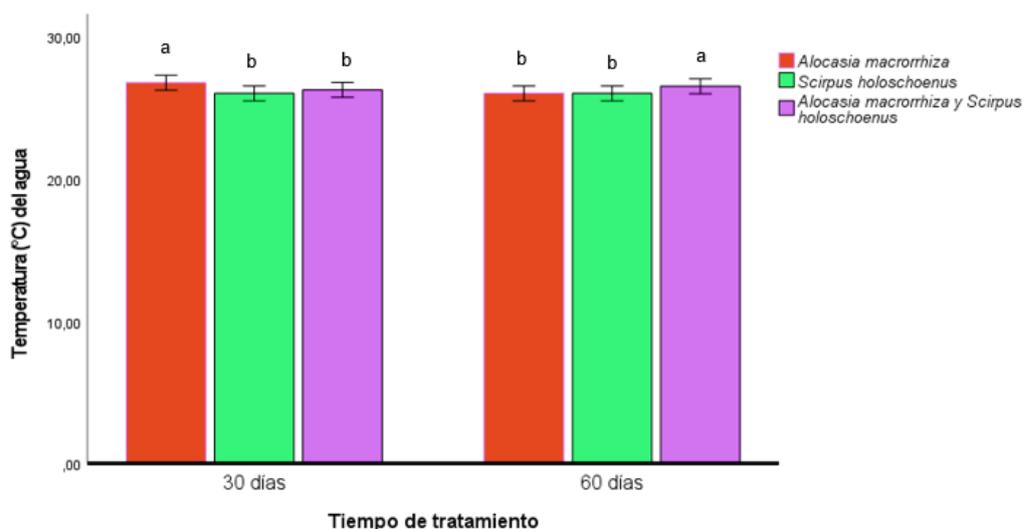


Figura 7. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la temperatura a 30 y 60 días de tratamiento

Asimismo, de los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de la turbidez en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, Los datos obtenidos con base en el procedimiento estadístico R2 de X muestran una diferencia altamente significativa en el factor determinado como factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y el cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento (Tabla 2).

**Tabla 2.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la turbidez del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	11078,902	5	2215,780	36,626	0,000**
Fator A: Tiempo	6765,698	1	6765,698	111,834	0,000**
Fator B: Plantas	2885,274	2	1442,637	23,846	0,000**
Tiempo * Plantas	1427,929	2	713,965	11,802	0,001**
Error	1088,956	18	60,498		
Total	103116,602	24			

a.  $R^2 = 0,911$

C. V: 4,72%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

De tal manera, la desviación estándar de las concentraciones de la turbidez en estas aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes se analizaron muestras de unidades experimentales que mostraron diferencias significativas mediante la prueba de Tukey,  $p < 0.05$  (Figura 8).

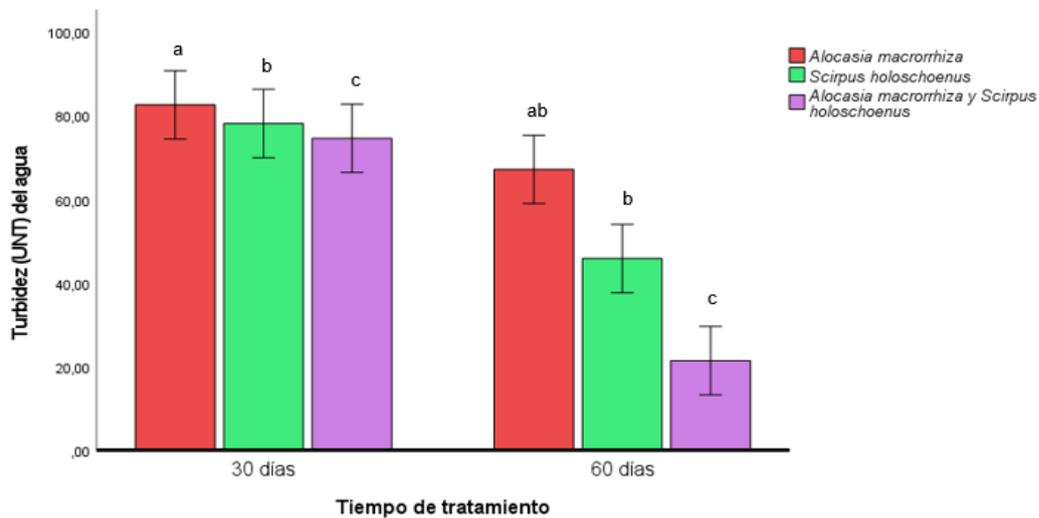


Figura 8. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la turbidez a 30 y 60 días de tratamiento.

De este modo, los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de la conductividad eléctrica en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos según el procedimiento estadístico X R2, datos que muestran diferencias altamente significativas en los factores identificados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y el cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que evidenció que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento de las sales disueltas en las aguas.

**Tabla 3.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la conductividad eléctrica del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2083321,749	5	416664,350	215,317	0,000**
Fator A: Tiempo	1899512,027	1	1899512,027	981,599	0,000**
Fator B: Plantas	150372,984	2	75186,492	38,854	0,000**
Tiempo * Plantas	33436,738	2	16718,369	8,639	0,002**
Error	34832,152	18	1935,120		
Total	9392075,568	24			

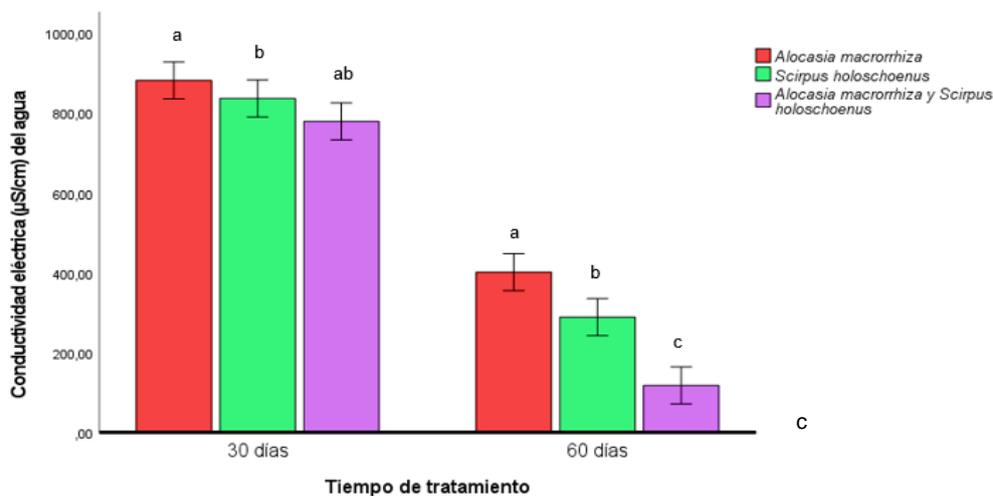
a.  $R^2 = 0,984$

C. V: 6,63%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

Seguidamente, la desviación estándar de las concentraciones de la conductividad eléctrica en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 9).



**Figura 9.** Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la conductividad eléctrica a 30 y 60 días de tratamiento

De igual manera, los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de la densidad en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y no presenta

significancia en el cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento de las sales disueltas en las aguas, considerando que en cruce no se presentó significancia (Tabla 4).

**Tabla 4.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la densidad del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,202	5	,240	26,491	0,000**
Fator A: Tiempo	0,459	1	0,459	50,592	0,000**
Fator B: Plantas	0,741	2	0,370	40,792	0,000**
Tiempo * Plantas	0,003	2	0,001	0,138	0,872ns
Error	0,163	18	0,009		
Total	141,436	24			

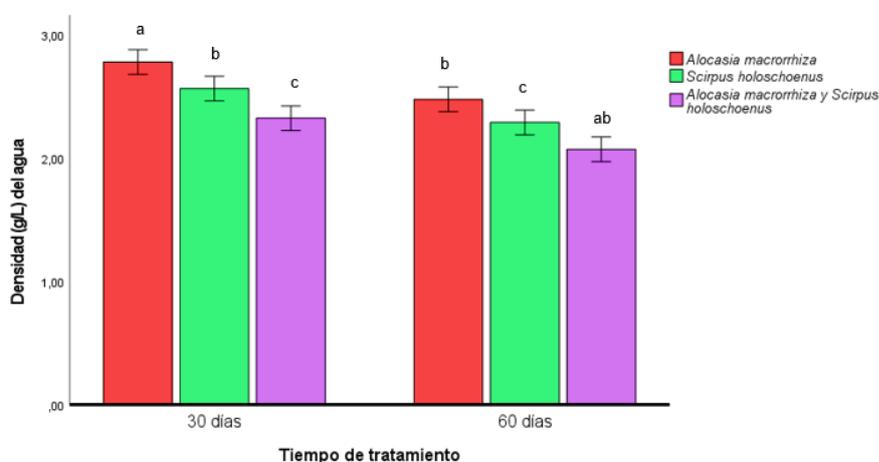
a.  $R^2 = 0,880$

C. V: 2,74%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

De esta forma, la desviación estándar de las concentraciones de la densidad en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 10).



**Figura 10.** Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la densidad a 30 y 60 días de tratamiento

### 3.2. Eficiencia del tiempo en la remoción químicos con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao.

Seguidamente, los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de la DBO en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento (Tabla 5).

**Tabla 5.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la DBO del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	34,744	5	6,949	120,826	0,000**
Fator A: Tiempo	26,924	1	26,924	468,153	0,000**
Fator B: Plantas	4,975	2	2,488	43,255	0,000**
Tiempo * Plantas	2,845	2	1,422	24,733	0,000**
Error	1,035	18	0,058		
Total	239,130	24			

a.  $R^2 = 0,971$

C. V: 6,45%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

Seguidamente, la desviación estándar de las concentraciones de la DBO en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 11).

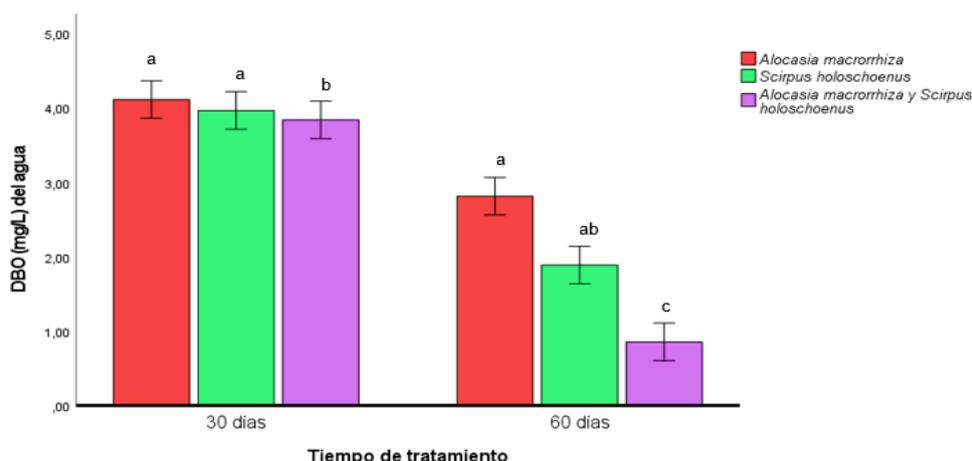


Figura 11. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la DBO a 30 y 60 días de tratamiento

Seguidamente, los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de la DBO en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la DQO del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	621,423	5	124,285	79,502	0,000**
Fator A: Tiempo	470,998	1	470,998	301,288	0,000**
Fator B: Plantas	106,779	2	53,390	34,152	0,000**
Tiempo * Plantas	43,646	2	21,823	13,960	0,000**
Error	28,139	18	1,563		
Total	4492,632	24			

a.  $R^2 = 0,957$

C. V: 7,27%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

Seguidamente, la desviación estándar de las concentraciones de la DQO en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras

de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 12).

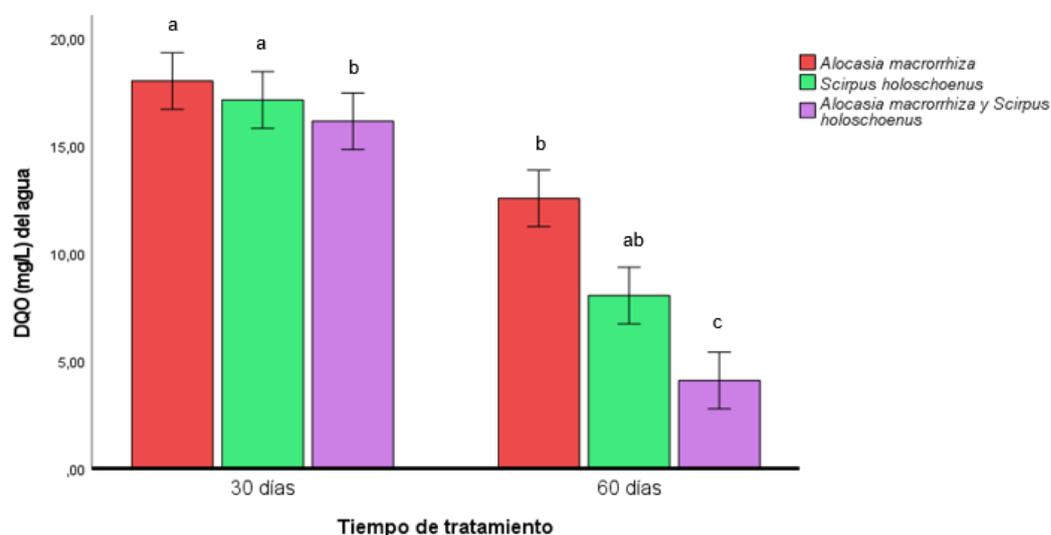


Figura 12. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la DQO a 30 y 60 días de tratamiento

Posteriormente, los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de la DQO en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los nitritos del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	21,757	5	4,351	242,064	0,000**
Fator A: Tiempo	20,295	1	20,295	1128,992	0,000**
Fator B: Plantas	1,155	2	0,578	32,135	0,000**
Tiempo * Plantas	0,307	2	0,153	8,529	0,002**
Error	0,324	18	0,018		
Total	80,956	24			

a.  $R^2 = 0,985$

C. V: 4,24%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

Inmediatamente, la desviación estándar de las concentraciones de los nitritos en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 13).

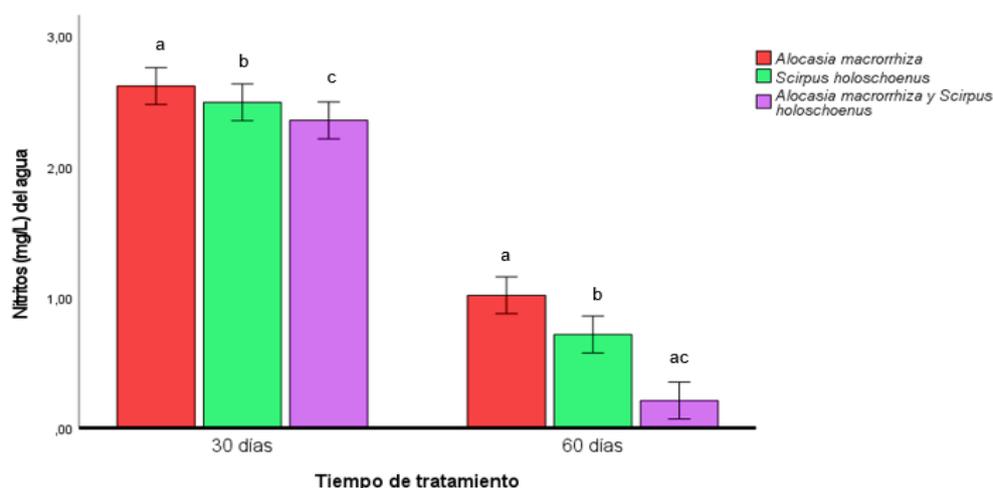


Figura 13. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de los nitritos a 30 y 60 días de tratamiento

A continuación, los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones del pH en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza de la eficiencia de remoción del pH del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	7,284	5	1,457	32,793	0,000**
Fator A: Tiempo	4,717	1	4,717	106,174	0,000**
Fator B: Plantas	1,923	2	0,962	21,642	0,000**
Tiempo * Plantas	0,644	2	0,322	7,252	0,005**
Error	0,800	18	0,044		

Total	1029,899	24
-------	----------	----

a.  $R^2 = 0,901$

C. V: 4,24%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

De seguida, la desviación estándar de las concentraciones del pH en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 14).

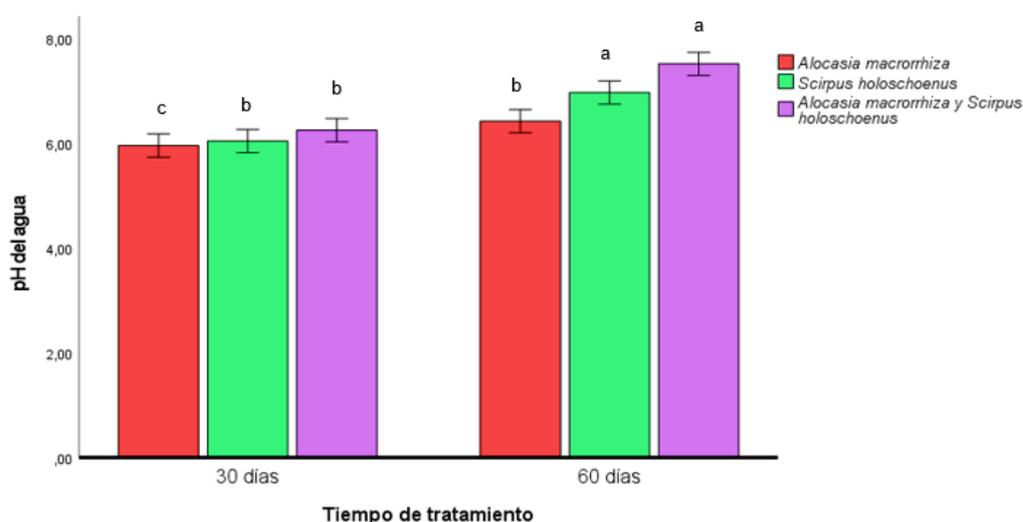


Figura 14. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción del pH a 30 y 60 días de tratamiento

### 3.3. Eficiencia del tiempo en la remoción microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao

A continuidad, los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de las coliformes totales en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento (Tabla 9).

**Tabla 9.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los coliformes totales del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	357,208	5	71,442	65,111	0,000**
Fator A: Tiempo	287,042	1	287,042	261,608	0,000**
Fator B: Plantas	56,583	2	28,292	25,785	0,000**
Tiempo * Plantas	13,583	2	6,792	6,190	0,009**
Error	19,750	18	1,097		
Total	2339,000	24			

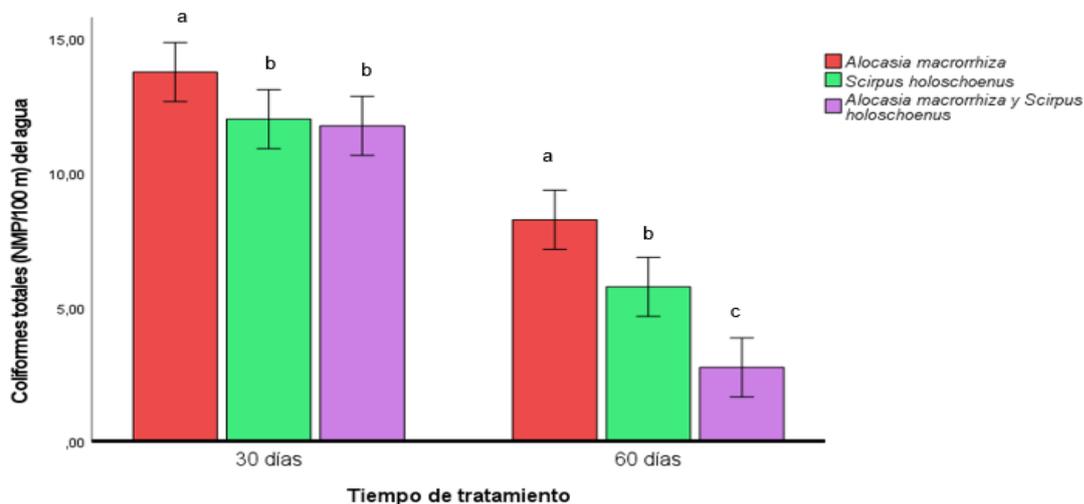
a.  $R^2 = 0,948$

C. V: 3,98%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

Posteriormente, la desviación estándar de las concentraciones de los coliformes totales en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 15).



**Figura 15.** Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de los coliformes totales a 30 y 60 días de tratamiento

Seguidamente, de los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de los coliformes fecales en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos

estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y no presentan significancia en el cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento y teniendo en cuenta que en la relación del tiempo y plantas no presentaron significancia (Tabla 10).

**Tabla 10.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los coliformes fecales del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	100,333	5	20,067	32,836	0,000**
Fator A: Tiempo	8,167	1	8,167	13,364	0,002**
Fator B: Plantas	91,583	2	45,792	74,932	0,000**
Tiempo * Plantas	0,583	2	0,292	0,477	0,628ns
Error	11,000	18	0,611		
Total	672,000	24			

a.  $R^2 = 0,901$

C. V: 3,05%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

Ulteriormente, la desviación estándar de las concentraciones de los coliformes fecales en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 16).

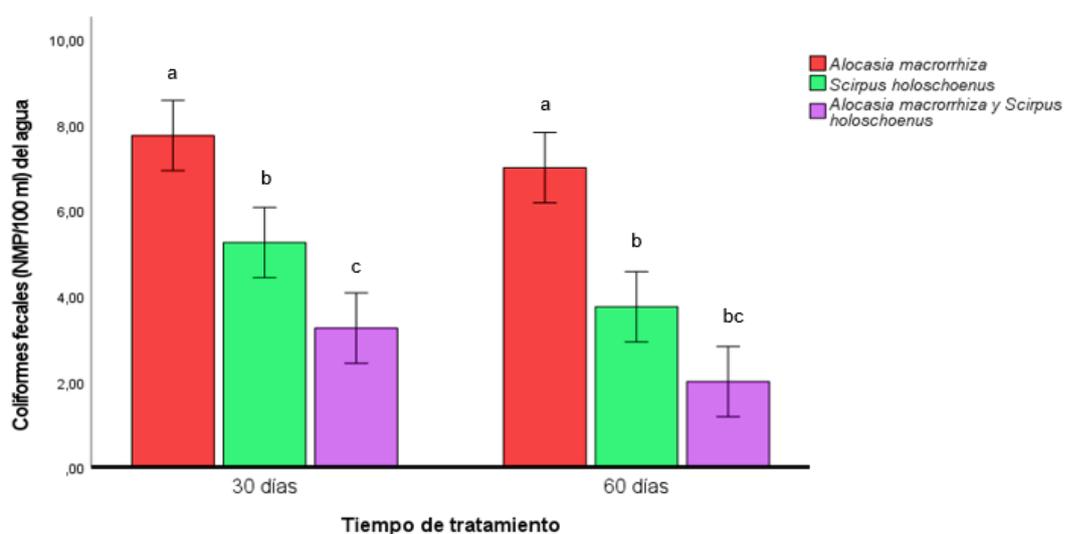


Figura 16. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de los coliformes fecales a 30 y 60 días de tratamiento.

Posteriormente, de los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de las coliformes termotolerantes en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo, Factor B: Plantas y no presentan significancia en el cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento y teniendo en cuenta que en la relación del tiempo y plantas no presentaron significancia (Tabla 11).

**Tabla 11.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de los coliformes termotolerantes del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	56475,875	5	11295,175	206,672	0,000**
Fator A: Tiempo	52173,375	1	52173,375	954,634	0,000**
Fator B: Plantas	4290,250	2	2145,125	39,250	0,000**
Tiempo * Plantas	12,250	2	6,125	0,112	0,895ns
Error	983,750	18	54,653		
Total	220315,000	24			

a.  $R^2 = 0,983$

C. V: 8,63%

ns: no significativo  
\*\*: significancia alta

A continuación, la desviación estándar de las concentraciones de los coliformes termotolerantes en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Al mismo tiempo, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 17).

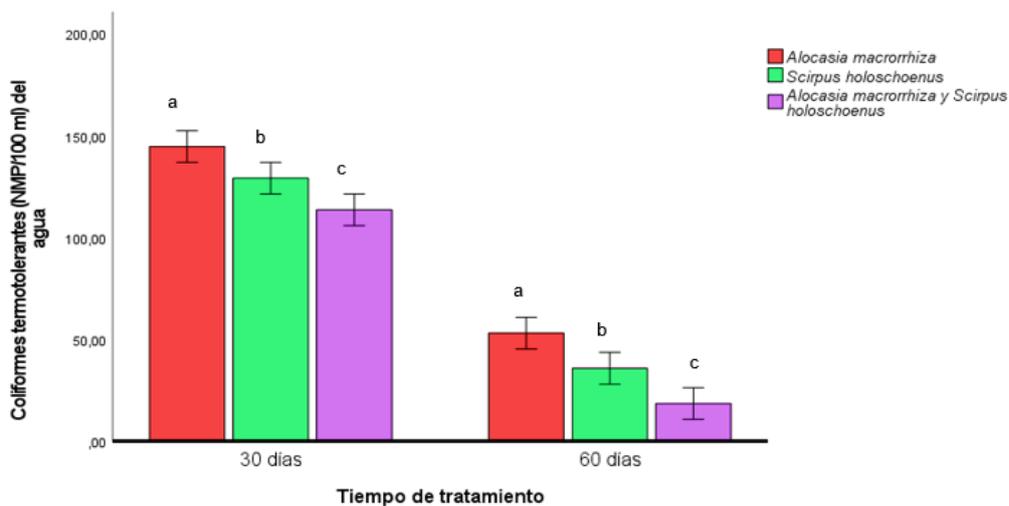


Figura 17. Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de los coliformes termotolerantes a 30 y 60 días de tratamiento.

Posteriormente, de los análisis de varianza (ANOVA) de las concentraciones de la *Escherichia Coli* en el tratamiento de los cuatro humedales artificiales con plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*, datos obtenidos bajo los procesos estadísticos de  $R^2$  de X los datos muestran diferencias significativas altas en los factores determinados como Factor A: Tiempo y no presentan significancia en Factor B: Plantas y el cruce de los factores Tiempo\*Plantas, lo que demostró que en los tratamientos hubo influencia de las plantas en base a los 60 días de tratamiento y teniendo en cuenta que en la relación del Factor B: Plantas y tiempo y plantas no presentaron significancia (Tabla 12).

**Tabla 12.** Análisis de varianza de la eficiencia de remoción de la *Escherichia Coli* del agua residual doméstica con plantas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,001 <sup>a</sup>	5	0,000	5,971	0,002**
Fator A: Tiempo	0,001	1	0,001	24,143	0,000**
Fator B: Plantas	5,833	2	2,917	1,000	0,387ns
Tiempo * Plantas	0,000	2	5,417	1,857	0,185ns
Error	0,001	18	2,917		
Total	0,003	24			

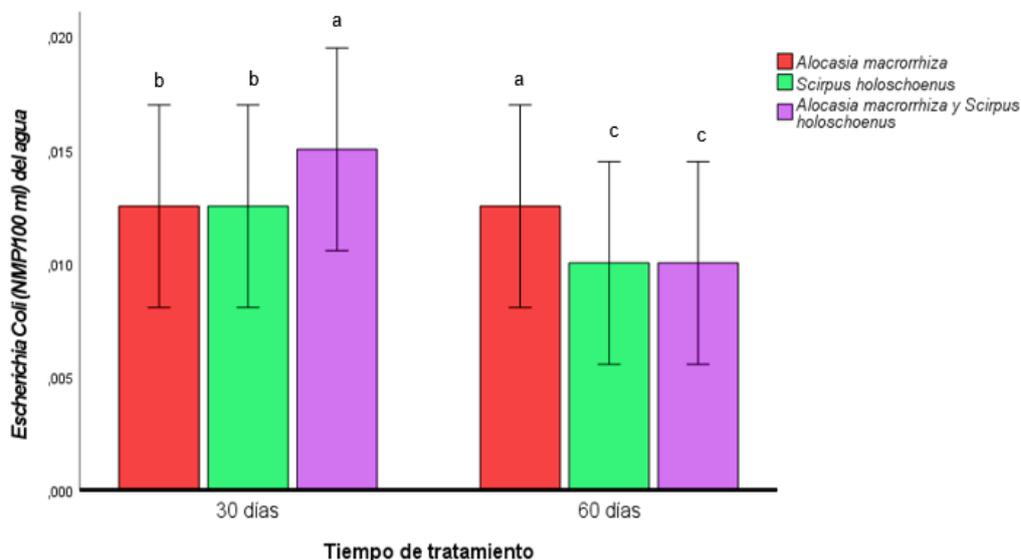
a.  $R^2 = 0,624$

C. V: 2,78%

ns: no significativo

\*\* : significancia alta

Finalmente, la desviación estándar de las concentraciones de la bacteria *Escherichia Coli* en las aguas tratadas del distrito de Shanao. Además, se presentan los promedios con las letras de las diferentes muestras analizadas de las unidades experimentales, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$  (Figura 18).



**Figura 18.** Análisis de medias en Tukey de la efectividad de remoción de la *Escherichia Coli* a 30 y 60 días de tratamiento.

#### IV. DISCUSIÓN

En cuanto a la eficiencia del tiempo de remoción física con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domesticas en el distrito de Shanao se determinó que la temperatura tuvo diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$ . A comparación del estudio de Cruzatt y Carmona (2023) que en un tratamiento de 45 días logró una temperatura de  $18.38^{\circ}\text{C}$  y a los 60 días  $13.71^{\circ}\text{C}$ , determinando que los datos presentan distribución normal ( $p > 0.05$ ). También en la presente investigación se muestra que las concentraciones de turbidez fueron bajas después del tratamiento de 60 días, mostrando diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$ , a diferencias de la investigación de Ayala et al., (2018) que después de un tratamiento de 15 días logró pasar de 300 UNT a 33 UNT. En cuanto a la remoción de conductividad eléctrica, se determinó que obtuvo mejores resultados a los 60 días de tratamiento, mostrando diferencias significativas con la prueba de Tukey con un valor de  $p < 0,05$ , en comparación con la investigación de López (2020) quien redujo la concentración de conductividad eléctrica en un tiempo determinado de 24 horas con un valor de 230 us/cm mostrando mediante el análisis de varianza que  $F < 0,05$  lo que significa que si hay efecto del tratamiento sobre la conductividad eléctrica. Por otro lado, también se muestra la remoción de concentración de densidad en base a un tratamiento de 60 días, lo que muestra que existe diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$ . A comparación de Céspedes (2021), quien logró reducir la concentración de densidad en un tiempo determinado de 2 días.

De acuerdo a la eficiencia en la remoción química con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domesticas en el distrito de Shanao, se determinó que las concentraciones de DBO se redujeron después de 60 días de tratamiento lo que muestra que existen diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$ . A comparación del estudio realizado por Aviles y López (2019) la concentración de DBO bajó en un tratamiento de 6 horas logrando un valor de 128,50 mg/L a 29,62 mg/L. En cuanto al DQO mostró una reducción después de 60 días de tratamiento con una diferencia significativa de  $p < 0,05$ , a diferencia de la investigación de Cárdenas et al., (2023) que después de un tratamiento de 5 semanas lograron una reducción de la concentración de DQO

de 121.7 mg/L a 79,8 mg/L, también se muestra que las concentraciones de nitrito se redujeron después de un tratamiento de 60 días con diferencias significativas de valor  $p < 0,05$ , en comparación con la investigación de Jacome et al., (2021) que logró una reducción de la concentración de nitritos superiores a 90% en un tiempo determinado de 4 semanas. En cuanto a las concentraciones de pH se redujeron en un tratamiento de 60 días demostrando diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$ , en tanto la investigación de Fragoso et al., (2020) menciona que obtuvo un valor de pH de 7.38 ( $p = 0,02$ ) en un tratamiento de 15 días.

De acuerdo a la eficiencia del tiempo de remoción microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domesticas en el distrito de Shanao, se determinó que las concentraciones de coliformes totales tuvieron una reducción a los 60 días de tratamiento mostrando diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$ . A diferencia de la investigación de Sica et al., (2019) quienes determinaron que la concentración de coliformes totales se redujeron en un tiempo de 72 horas. En cuanto a la concentración de coliformes fecales menciona que se redujeron en un tiempo de 60 días con diferencias significativas de  $p < 0,05$ , en comparación con la investigación de Hernández et al., (2022), quienes mencionan que obtuvieron una reducción de coliformes fecales de 9200 a  $>16000$  NMP/100 mL, en un tratamiento de 30 días. Asimismo, las concentraciones de coliformes termotolerantes se redujeron en un tiempo determinado de 60 días con una diferencia significativa de  $p < 0,05$ , comparando con la investigación de Curasma y Sandoval (2019) quienes determinaron que la concentración de coliformes termotolerantes fue de 67 % en un tratamiento de 5 días. En cuanto a las concentraciones de *Escherichia Coli* menciona que en el tratamiento de 60 días no mostraron significancias, sin embargo, en el estudio realizado por León et al., (2018) quienes mencionan que lograron una reducción de *Escherichia Coli* de hasta un 99% en un tratamiento de 7 días.

## V. CONCLUSIONES

Se determinó que el mejor tiempo de remoción física empleando *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao fue de 60 días, pues se evidenció una alta significancia además la combinación entre el tratamiento a los 30 y 60 días fue de 0.000\*\* menor a  $p < 0,05$ .

De acuerdo a la eficiencia de remoción química con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao, se evidenció una alta significancia encontrando diferencias estadísticas al 1% para la fuente de variación: tratamiento a los 60 días con 0.000\*\* menor a  $p < 0,05$  obteniendo la mayor remoción de contaminantes.

Se determinó que el mejor tiempo de remoción de los contaminantes microbiológicos empleando plantas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas en el distrito de Shanao fue a los 60 días, pues demostró tener una alta significancia además de contar con 0.000\*\* menor a  $p < 0,05$  obteniendo así la mayor remoción de los contaminantes.

## VI. RECOMENDACIONES

Para futuros investigadores que deseen realizar la remoción física se les recomienda realizar el análisis de los parámetros físicos después de entrar a experimentación de 10, 30 y 60 días, mediante los resultados se podrá evidenciar en que tiempo se logró disminuir la concentración de parámetros físicos.

A los estudiantes que deseen replicar esta investigación y quieran determinar la eficiencia del tiempo de remoción química se les recomienda realizar el análisis de cada parámetro de acuerdo a la especie empleada en un transcurso de 30 y 60 días, de esta manera se podrá comparar y establecer cuál es el tiempo adecuado en la reducción de concentraciones de parámetros químicos presentes en aguas residuales domésticas.

A los futuros colegas que deseen conocer cómo realizar la remoción microbiológica se les recomienda identificar mediante análisis de laboratorio cual tiempo de 30 o 60 días y especie fueron los más eficientes en la reducción de concentración de Coliformes totales, Coliformes fecales, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

## REFERENCIAS

- ASHRAF, Sana et al., 2019. Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and Environmental*, [en línea] Pakistán: Sciencedirect, vol.174, pp. 714–727 [Fecha de consulta: 12 de setiembre del 2023]. ISSN 0147-6513. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.068>
- ASHRAF, Sobia et al., 2020. Unveiling the Potential of Novel Macrophytes for the Treatment of Tannery Effluent in Vertical Flow Pilot Constructed Wetlands. *Water* [en línea] China: MDPI, vol.12 (2), 549 [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2023]. ISSN 2073-4441. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w12020549>
- AVILES, Areli y LOPEZ, Erick, 2019. Remoción de Cr+6 mediante una planta macrófita (*Azolla caroliniana*) en un proceso in situ offside de fitorremediación. 7° Encuentro de Jóvenes Investigadores [en línea] Mexico: Vol. 6 [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/download/3175/2664/10527>
- AYALA, Rosmery et al., 2018. Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. *Rev. de investig. agroproducción sustentable* [en línea] Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Vol. 2, no. 3, pp.47-53. [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/403/558>
- BEDRIÑANA, Diana, 2023. *Eficiencia en la remoción de los contaminantes de aguas residuales de un humedal artificial con Phragmites australis y Alocasia odora, anexo de Unión Mejorada Ayacucho 2023*. [en línea] Tesis para obtener el grado de Ingeniero Ambiental. Ayacucho: Universidad Cesar Vallejo. [Fecha de consulta: 14 de setiembre del 2023] Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/112339>
- CARDENAS, Elsa et al. Estudio de la capacidad depuradora de *Pistia stratiotes L.* en el tratamiento de aguas residuales generados en el Laboratorio de Efluentes de FACEN-UNA. *Rep. cient. FACEN* [en línea] Paraguay: Scielo, vol.14, n.1,

pp.70-77 [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024], Disponible en: <https://doi.org/10.18004/rcfacen.2023.14.1.70>

CASTRO, Diana, CRUZ, Yobana y FLOREZ, Michael, 2018. Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante humedales subsuperficiales con macrófita *Alocasia macrorrhizos* (orejas de elefante) en la urbanización los tulipanes – Chosica, Lima. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo* [en línea] Perú: Universidad Peruana Unión, vol. 2 [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.17162/rictd.v3i2.659>

CESPEDES, Rosa, 2021. *Análisis del uso de humedales artificiales empleando plantas macrofitas para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac 2021*. [en línea] Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil. Lima. Universidad Cesar Vallejo. [Fecha de consulta: 21 de junio del 2024] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/478662132.pdf>

CORREA, Sandra et al.,2023. Eficiencia de aplicación de *Chrysopogon zizanioides* en un sistema de agua residual domestica rural con pretratamiento de pozo séptico. *Información Tecnológica* [en línea] Chile: Scielo, Vol. 34, nº. 5, pp.1-10 [Fecha de consulta: 21 de junio del 2024]. Disponible en : <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642023000500001>

CRUZATT, Aldo y CARMONA, Flor, 2023. *Eficiencia del sistema mixto por fitorremediación y biorremediación para el tratamiento de aguas residuales de las curtiembres de Río Seco - Arequipa, 2021*. [en línea] Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental – Universidad Continental [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13100/3/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Cruzatt\\_Carmona\\_2023.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13100/3/IV_FIN_107_TE_Cruzatt_Carmona_2023.pdf)

CURASMA, Marco y SANDOVAL, Estefani, 2019. *Evaluación de la eficiencia de un sistema integrado de biopelículas y fitorremediación con *Nasturtium officinale* (Berro) para el tratamiento de agua residual municipal en Huancavelica*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Universidad Nacional de Huancavelica. [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e9f5061a-cc92-49a9-8e09-d9e1320574ae/content>

- DE OLIVERA et al., 2019. Ibuprofen and caffeine removal in vertical flow and free-floating macrophyte constructed wetlands with *Heliconia rostrata* and *Eichornia crassipes*. *Chemical Engineering Journal* [en línea] Brasil: Sciencedirect, vol. 373, pp. 458 – 467. [Fecha de consulta: 23 de setiembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.05.064>
- DOMÍNGUEZ, Orlando 2022. *Los humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la zona baja de belén de la ciudad de Iquitos*, [en línea] Tesis doctoral en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Iquitos: Universidad Nacional Federico Villarreal [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/6759>.
- FRAGOSO-CASTILLA, Pedro, 2021. Análisis de variables físico-químicas en el proceso de remoción de coliformes en el sistema de lagunas de oxidación, Salguero, Valledupar (Colombia). *CIT Informacion Tecnologica*, [en línea] Chile: Scielo, Vol. 32, no. 1, pp.113–122. [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0718-07642021000100113>
- GUADARRAMA, Oscar et al., 2019. Recent advances in constructed wetland-microbial fuel cells for simultaneous bioelectricity production and wastewater treatment: A review. *Int J Energy Res* [en línea] Mexico: *Wiley Online Library*, vol. 43, pp. 5106–5127. [Fecha de consulta: 12 de setiembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1002/er.4496>
- HAMID Dar, Gowhar y BHAT, Rouf, 2019. *Macrophytes, the Natural Cleaners of Toxic and Heavy Metal Pollution from Aquatic Ecosystems*. *Pollution* [en línea] Sri Lanka: Sciencedirect, vol. 2. [Fecha de consulta: 12 de setiembre del 2023] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/354447717\\_Macrophytes\\_the\\_Natural\\_Cleaners\\_of\\_Toxic\\_and\\_Heavy\\_Metal\\_Pollution\\_from\\_Aquatic\\_Ecosystems](https://www.researchgate.net/publication/354447717_Macrophytes_the_Natural_Cleaners_of_Toxic_and_Heavy_Metal_Pollution_from_Aquatic_Ecosystems)
- HERNÁNDEZ, María et al., 2022. Fitorremediación de agua residual urbana de la ciudad de Maracaibo empleando *Eicchornia crassipes*. *Revista Tecnocientífica URU*, [en línea] Venezuela: Universidad Rafael Urdaneta Vol. 23, pp. 67–77. [Fecha de consulta: 23 de agosto del 2023] Disponible en: <https://ojs2.uru.edu/index.php/tecnocientificauru/article/view/426>

HUMANANTE, Juan. J et al., 2022. Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena. *Manglar* [en línea] Ecuador: Scielo, vol.19, n.2 pp.177-187. [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2023], ISSN 1816-7667. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.022>.

JÁCOME-PILCO, Carlos et al., 2021. Microalgas en el tratamiento de aguas residuales generadas en industrias de curtiembres. *Ciencia y tecnología*, [en línea] Ecuador: Dialnet, vol. 14, no. 2, pp. 47–55. [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i2.502>

LEÓN, R.,2018. Potencial de plantas acuáticas para la remoción de coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas negras. *Enfoque UTE* [en línea] Ecuador: Redalyc, Vol. 9, no. 4, pp.131–144. [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.286>

LOPEZ, Izumi, 2020. *Consortio fitorremediador integrado con sistema mixto para depurar los efluentes residuales domésticos del río Chillón – Lima 2020*. [en línea] Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental – Universidad Cesar Vallejo. [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71329/L%C3%B3pez\\_GJ-SD.pdf](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71329/L%C3%B3pez_GJ-SD.pdf)

MÉNDEZ, Jimmy y SEVERINO Dennys. 2022. *Remoción de Contaminantes de Aguas Residuales por la Influencia del Área del Biofiltro Subsuperficial de Flujo Vertical en el Servicentro Very Wash, San Juan de Lurigancho, 2020*. [en línea] Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Lima: Universidad Nacional del Callao. [Fecha de consulta: 15 de setiembre del 2023] Disponible en: [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7559/TESIS\\_MENDEZ%20SEVERINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7559/TESIS_MENDEZ%20SEVERINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MOHAMAD, Najaa et al., 2020. Optimization of phytoremediation of nickel by *Alocasia puber* using response surface methodology. *Water*, [en línea] Malasia: MDPI,

vol.12(10), pp.2707 [Fecha de consulta: 13 de setiembre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w12102707>

PLAN REGIONAL DE SANEAMIENTO DE SAN MARTÍN 2021 – 2025. <https://www.regionsanmartin.gob.pe/OriArc.pdf?id=121088>

QUEZADA, Daniel, 2019. *Eficiencia de remoción de contaminantes en el agua, por medio de vegetación hidrófita disponible en el estado de Michoacán (Typha domingensis y Eleocharis densa)*. [en línea] Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2023] Disponible en: [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/4635](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/4635)

QUISPE, Andrea y CASIMIRO, Williams, 2019. Evaluación de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la localidad de Carapongo, Lurigancho-Chosica. [en línea] Lima: *Cátedra Villarreal*, vol. 7(1). [Fecha de consulta: 23 de setiembre del 2023]. ISSN 2311-2212. Disponible en: <https://doi.org/10.24039/cv201971325>

RAMIREZ, Karol y PAREDES, Marie, 2019. *Evaluación de dos especies macrófitas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018*. [en línea] Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Tarapoto. Universidad Cesar Vallejo. [Fecha de consulta 21 de junio del 2024] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39476>

SANCHEZ, Karen, 2020. *Implementación de Fitorremediador con especies Macrófitas (Scirpus Holoschoenus Y Cyperus Papyrus) en aguas contaminadas con mercurio y cianuro, provenientes de actividades mineras en la vereda La Paila, Municipio de Buenos Aires (Cauca)*. [en línea] Trabajo de grado en modalidad investigación para optar al título de Ingeniera Ambiental y Sanitaria. Corporación Universitaria Autónoma Del Cauca [Fecha de consulta: 21 de junio del 2024] Disponible en: <https://repositorio.uniautonomia.edu.co/bitstream/handle/123456789/343/T%20IA-M%20104%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- SEDOU, Moudassirou et al., 2022. Optimization of Domestic Wastewater Treatment in Kara City by Artificial Swamp. *Journal of Environment Pollution and Human Health* [en línea] Togo: ScieEP, vol. 9, no. 1, pp. 22-26. [Fecha de consulta: 12 de setiembre del 2023] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.12691/jephh-9-1-4>
- SICA, María et al., 2019. Calidad microbiológica del agua durante un ensayo a campo de fitorremediación de arsénico. *Actas de las I Jornadas de Agua del Sudoeste Bonaerense (JASOB 2019)*. [en línea] Argentina: Repositorio Institucional CONICET, pp.117-120 [Fecha de consulta: 02 de julio del 2024] Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/231267/CONICET\\_Digital\\_Nro.cd46fa35-707d-4893-b4b3-e48e11ca146a\\_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/231267/CONICET_Digital_Nro.cd46fa35-707d-4893-b4b3-e48e11ca146a_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- SOBIA, Ashraf, et al. 2018. Enhanced remediation of tannery effluent in constructed wetlands augmented with endophytic bacteria. [en línea] Pakistán: *Desalination and Water Treatment*, vol. 102, pp. 93-100. Fecha de consulta: 2 de octubre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1337072>
- SYUHADA, Najaa et al., 2019. Phytoremediation Of Heavy Metals From Wastewater By Constructed Wetland Microcosm Planted With *Alocasia Puber*. *Jurnal Teknologi*, [en línea] Malasia: Universiti Teknologi Malaysia, vol. 81. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.11113/jt.v81.13613>
- VERGARA, Rosa Magaly, 2021. *Diseño de biofiltros para mejorar el manejo de aguas residuales domésticas*, [en línea] Tesis de licenciatura. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/28629>.
- ZAMAN, Badrus y WARDHANA, Irawan. 2018. Potential of Electric Power Production from Microbial Fuel Cell (MFC) in Evapotranspiration Reactor for Leachate Treatment Using *Alocasia macrorrhiza* Plant and *Eleusine indica* Grass. [en línea] Indonesia: E3S Web of Conferences [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183102010>

## ANEXOS

Anexo1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN DEL CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>Independiente:</b>  Especies ( <i>Alocasia macrorrhiza</i> , <i>Scirpus holoschoenus</i> ) y tiempo de remoción.	Uno de los métodos para aprovechar la capacidad que tienen algunas plantas para absorber contaminantes y dar como resultado agua limpia y apta para la vida. (Guadarrama et, al. 2019)	Se construirá humedales artificiales (HA) con la incorporación de plantas <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> con la finalidad de la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>T1: HA1 Testigo</li> <li>T2: HA2: <i>Alocasia macrorrhiza</i></li> <li>T3: HA3 con <i>Scirpus holoschoenus</i></li> <li>T4: HA4 con <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Componentes del HA como grava media, arena gruesa, grava fina y Pendiente 1%</li> </ul>	Nominal
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de retención</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>30 días</li> <li>60 días</li> </ul>	Nominal
<b>Dependiente:</b>  Remoción de parámetros físicos, químicos y microbiológicos	Es un tratamiento que modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas de los contaminantes que se encuentran presentes en las aguas bajo un proceso de tratamiento biológicos o mecánico (Quispe y Casimiro 2019).	Es la eficiencia de las especies vegetales <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> incorporadas en los sistemas de humedales artificiales, bajo la disminución de las concentraciones de los contaminantes químicos, físicos y biológicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parámetros físicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura</li> <li>Turbidez</li> <li>Conductividad eléctrica</li> <li>Densidad</li> </ul>	Intervalo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Parámetros químicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DBO</li> <li>DQO</li> <li>Nitritos</li> <li>pH</li> </ul>	Intervalo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Parámetros Biológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coliformes totales</li> <li>Coliformes fecales</li> <li>Coliformes termotolerantes</li> <li><i>Escherichia Coli</i></li> </ul>	Intervalo



**CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO**

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Señor (a)

Henry Giovanni Jave Concepción

Presente

Asunto: Validación de instrumento

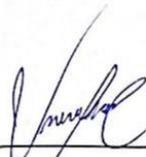
Es grato de dirigirme a usted, para para expresarle mi cordial saludo; así mismo, manifestarle que, estamos desarrollando nuestra tesis titulada: "**Eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao**", para optar el título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estamos desarrollando un estudio; en el cual, se incluye la recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito sus buenos oficios en la validación de los respectivos instrumentos que se adjunta, para cubrir con el requisito de "Juicio de expertos".

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Victor David Pinchi Flores  
DNI: 71589669

  
\_\_\_\_\_  
Diana Alexandra Tello Mozombite  
DNI: 73663855



CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Señor (a)

..... Caycho Hidalgo Enzo Martín .....

Presente

Asunto: Validación de instrumento

Es grato de dirigirme a usted, para para expresarle mi cordial saludo; así mismo, manifestarle que, estamos desarrollando nuestra tesis titulada: **"Eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao"**, para optar el título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estamos desarrollando un estudio; en el cual, se incluye la recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito sus buenos oficios en la validación de los respectivos instrumentos que se adjunta, para cubrir con el requisito de "Juicio de expertos".

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

Víctor David Pinchi Flores

DNI: 71589669

Diana Alexandra Tello Mozombite

DNI: 73663855

## Anexo 4: Carta de presentación a expertos



### CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Señor (a)

Dr. (Msc.) Henry Carbajal Mogoilón

Presente

Asunto: Validación de instrumento

Es grato de dirigirme a usted, para para expresarle mi cordial saludo; así mismo, manifestarle que, estamos desarrollando nuestra tesis titulada: **"Eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao"**, para optar el título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estamos desarrollando un estudio; en el cual, se incluye la recolección de datos por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito sus buenos oficios en la validación de los respectivos instrumentos que se adjunta, para cubrir con el requisito de "Juicio de expertos".

- Matriz de consistencia de variables
- Ficha de evaluación
- Instrumento de recolección de datos

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Victor David Pinchi Flores  
DNI: 71589669

  
\_\_\_\_\_  
Diana Alexandra Tello Mozombite  
DNI: 73663855

CONSTANCIA

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación, para ser utilizados en el desarrollo de la tesis: **“Eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con *Alócasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao”**, de los autores Victor David Pinchi Flores y Diana Alexandra Tello Mozombite, estudiantes de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto. Las observaciones fueron levantadas por los autores; quedando finalmente con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Atentamente,



.....  
Henry Giovan Jave Concepción  
BLGO. - MBLGO.  
C.B.P. 8963

Nombre y apellido:

Dr.

CONSTANCIA

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación, para ser utilizados en el desarrollo de la tesis: **“Eficiencia del tiempo de la remoción fisicoquímica y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao”**, de los autores Víctor David Pinchi Flores y Diana Alexandra Tello Mozombite, estudiantes de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto. Las observaciones fueron levantadas por los autores; quedando finalmente con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Atentamente,  
  
  
Enzo María  
INGENIERO AMBIENTAL  
CIP. N° 217335

---

Nombre y apellido:

Dr.

CONSTANCIA

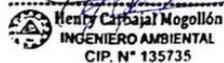
**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación, para ser utilizados en el desarrollo de la tesis: **“Eficiencia del tiempo de la remoción físicoquímica y microbiológica con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus* en aguas residuales domésticas, Shanao”**, de los autores Víctor David Pinchi Flores y Diana Alexandra Tello Mozombite, estudiantes de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto. Las observaciones fueron levantadas por los autores; quedando finalmente con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Atentamente,

Henry Carbajal Mogollón  
INGENIERO AMBIENTAL  
CIP. N° 135735

---

Nombre y apellido:

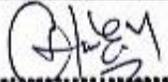
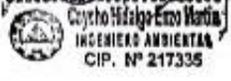
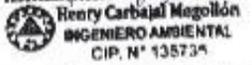
Dr.

Anexo 8: Instrumentos de observación en la disminución de las características físicas de agua residual doméstica tratadas con humedades artificiales.



Validación de la matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN DEL CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>Independiente:</b> Especies vegetales (Alocasia macrorrhiza, Scirpus holoschoenus) y tiempo de retención.	Uno de los métodos para aprovechar la capacidad que tienen algunas plantas para absorber contaminantes y dar como resultado agua limpia y apta para la vida. (Guadarrama et. al. 2019)	Se construirá humedales artificiales (HA) con la incorporación de plantas Alocasia macrorrhiza y Scirpus holoschoenus con la finalidad de la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>T1: HA1 Testigo</li> <li>T2: HA2: Alocasia macrorrhiza</li> <li>T3: HA3 con Scirpus holoschoenus</li> <li>T4: HA4 con Alocasia macrorrhiza y Scirpus holoschoenus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de la planta</li> <li>Color de hojas</li> <li>Componentes del HA como grava media, arena gruesa, grava fina y Pendiente 1%</li> </ul>	Razón
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de retención</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>30 días</li> <li>60 días</li> </ul>	Razón
<b>Dependiente:</b> Remoción de concentraciones físicas, químicas y microbiológica	Es un tratamiento que modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas de los contaminantes que se encuentran presentes en las aguas bajo un proceso de tratamiento biológicos o mecánico (Quispe y Casimiro 2019).	Es la eficiencia de las especies vegetales Alocasia macrorrhiza y Scirpus holoschoenus incorporadas en los sistemas de humedales artificiales, bajo la disminución de las concentraciones de los contaminantes químicos, físicos y biológicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parámetros físicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura</li> <li>Turbidez</li> <li>Conductividad eléctrica</li> <li>Densidad</li> </ul>	Razón
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Parámetros químicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DBO</li> <li>DOO</li> <li>Nitritos</li> <li>pH</li> </ul>	Razón
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Parámetros Biológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coliformes totales</li> <li>Coliformes fecales</li> <li>Coliformes termotolerantes</li> <li>Escherichia Coli</li> </ul>	Razón

Firma:  Henry Gigante de Concepción BLGO. MBLGO. C.B.P. 8963	Firma:   Caycho Hidalgo Enno Martín INGENIERO AMBIENTAL CIP. N° 217335	Firma:   Henry Carbajal Megollón INGENIERO AMBIENTAL CIP. N° 135734
--	--	---

Anexo 9: Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Caycho Hidalgo Enzo Martín
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Especialista ambiental - CONSORCIO TARAPOTO
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión y evaluación de Impacto Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Matriz de Operacionalización
- 1.5. Autor (A) de instrumento: Tello Mozambique Dana Alexandara  
Pinchi Flores Victor David

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

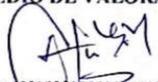
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

  
 Enzo Hidalgo Enzo Martín  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 CIP. N° 217235

Tarapoto, 13 de mayo de 2024.

Anexo 10: Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Henry Carbajal Mogollón
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Proyecto de Catastro, Titulación y Registro de tierras rurales. (ARE)
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión y Evaluación de Impacto Ambiental.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Matriz de variables
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Tello Hozombite Diana Alexandra  
Pinchi Flores Victor David

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

  
 Henry Carbajal Mogollón  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 CIP. N° 135735

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Anexo 11: Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jave Concepción Henry Giovanni
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Universidad Nacional de San Martín
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Microbiólogo
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Matriz de Operalización
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Tello Mozambique Diana Alexandra  
Pinchi Flores Victor David.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

94.5

  
 Henry Giovanni Jave Concepción  
 BLGO. - MBLGO.  
 C.B.P. 8963

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

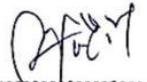
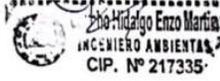
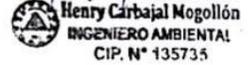
Anexo 12: Instrumentos de observación en la disminución de las características físicas de agua residual doméstica tratadas con humedades artificiales.

LUGAR DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

<b>TITULO: "Eficiencia del tiempo en la remoción fisicoquímica y microbiológica con <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> en aguas residuales domésticas, Shanao"</b>							
N° Tratamiento	Ubicación UTM		Muestras	Parámetros físicos			
	Este	Norte		Temperatura	Turbidez	Conductividad eléctrica	Densidad
<b>MUESTREO A 30 DÍAS</b>							
Tratamiento 1 (T1)			M1				
			M2				
			M3				
Tratamiento 2 (T2)			M4				
			M5				
			M6				
Tratamiento 3 (T3)			M7				
			M8				
			M9				
Tratamiento 4 (T4)			M10				
			M11				
			M12				
<b>MUESTREO A 60 DÍAS</b>							
Tratamiento 1 (T1)			M1				
			M2				
			M3				

			M3			
Tratamiento 2 (T2)			M4			
			M5			
			M6			
			M7			
Tratamiento 3 (T3)			M8			
			M9			
			M10			
Tratamiento 4 (T4)			M11			
			M12			

<p>Firma:</p>  <p>Henry Giovanni Jave Concepción BLGO. - MBLGO. C.B.P. 8963</p>	<p>Firma:</p>   <p>Enzo Martín INGENIERO AMBIENTAL CIP. N° 217335</p>	<p>Firma:</p>   <p>Henry Carbajal Mogollón INGENIERO AMBIENTAL CIP. N° 135735</p>
--	--	---

Anexo 13: Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Caycho Hidalgo Enzo Martín
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Especialista Ambiental - Consorcio Tarapoto
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión Y Evaluación de Impacto Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos de recolección de datos
- 1.5. Autor (A) de instrumento: Tello Mozombite Diana Alexandra

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN Pinchi Flores Victor David

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados. para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

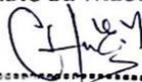
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

  
 Enzo Martín  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 CIP. N° 217335

Tarapoto, 13 de mayo de 2024.

Anexo 14: Matriz de ponderación por los expertos



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jave Concepción Henry Giovanni
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Universidad Nacional de San Martín
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Microbiólogo
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Evaluación
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Tello Mozombite Diana Alexandara  
Pinani Flores Victor David

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

94.5

  
 Henry Giovanni Jave Concepción  
 B.L.G.O. - M.B.L.G.O.  
 C.B.P. 8963

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Anexo 15: Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Henry Carbajal Mogollón
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Proyecto de Catastro, Titulación y Registro de tierras rurales.
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Gestión y Evaluación de Impacto Ambiental.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos de recolección de datos
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Tello Horombite Diana Alexandra  
Pinchi Flores Victor David

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X	

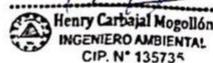
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

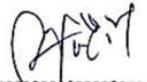
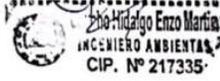
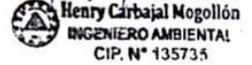
Anexo 16: Instrumentos de observación en la disminución de las características químicas de agua residual doméstica tratadas con humedades artificiales

LUGAR DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

<b>TITULO: "Eficiencia del tiempo en la remoción fisicoquímica y microbiológica con <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> en aguas residuales domésticas, Shanao"</b>							
Tratamientos	Ubicación UTM		Repeticiones	Parámetros químicos			
	Este	Norte		DBO	DQO	Nitritos	pH
<b>MUESTREO A 30 DÍAS</b>							
Tratamiento 1 (T1)			M1				
			M2				
			M3				
Tratamiento 2 (T2)			M4				
			M5				
			M6				
Tratamiento 3 (T3)			M7				
			M8				
			M9				
Tratamiento 4 (T4)			M10				
			M11				
			M12				
<b>MUESTREO A 60 DÍAS</b>							
Tratamiento 1 (T1)			M1				
			M2				
			M3				
Tratamiento 2 (T2)			M4				
			M5				

			M3			
Tratamiento 2 (T2)			M4			
			M5			
			M6			
			M7			
Tratamiento 3 (T3)			M8			
			M9			
			M10			
Tratamiento 4 (T4)			M11			
			M12			

<p>Firma:</p>  <p>Henry Giovanni Jave Concepción BLGO. - MBLGO. C.B.P. 8963</p>	<p>Firma:</p>   <p>Enzo Martín INGENIERO AMBIENTAL CIP. N° 217335</p>	<p>Firma:</p>   <p>Henry Carbajal Mogollón INGENIERO AMBIENTAL CIP. N° 135735</p>
--	--	---

Anexo 17: Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Caycho Hidalgo Enzo Martín
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Especialista Ambiental - Consorcio Tarapoto
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión y Evaluación de Impacto Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de recolección de datos
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Tello Mozombite Diana Alexandra  
Pirchi Flores Víctor David

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

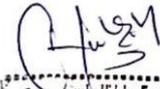
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90.

  
 Enzo Martín  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 CIP. N° 217335

Tarapoto, 13 de mayo de 2024.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jave Concepción Henry Giovanni
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Universidad Nacional de San Martín
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Microbiólogo
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos de recolección de datos
- 1.5. Autor (A) de instrumento: Tello Mozombite Diana Alexandra

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN** Pinchi Flores Victor David

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

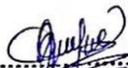
**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

94.5

  
 .....  
 Henry Giovanni Jave Concepción  
 BLGO. - MBLGO.  
 C.B.P. 1963

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Anexo 19: Matriz de ponderación por los expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Henry Carbajal Mogollón
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Proyecto de Catastro, Titulación y Registro de tierras rurales.
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Gestión y Evaluación de Impacto Ambiental.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos de recolección de datos
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Tello Mozombite Diana Alexandra  
Pinchi Flores Victor David

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE      (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE      (3) ACEPTABLE

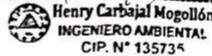
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
90

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Tarapoto, 13 de mayo de 2024

Anexo 20: Instrumentos de observación en la disminución de las características biológicas de agua residual doméstica tratadas con humedades artificiales.

LUGAR DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

<b>TITULO: “Eficiencia del tiempo en la remoción fisicoquímica y microbiológica con <i>Alocasia macrorrhiza</i> y <i>Scirpus holoschoenus</i> en aguas residuales domésticas, Shanao”</b>							
Tratamientos	Ubicación UTM		Repeticiones	Parámetros biológicos			
	Este	Norte		Coliformes totales	Coliformes fecales	Coliformes Termotolerantes	<i>Escherichia Coli</i>
<b>MUESTREO A 30 DÍAS</b>							
Tratamiento 1 (T1)			M1				
			M2				
			M3				
Tratamiento 2 (T2)			M4				
			M5				
			M6				
Tratamiento 3 (T3)			M7				
			M8				
			M9				
Tratamiento 4 (T4)			M10				
			M11				
			M12				
<b>MUESTREO A 60 DÍAS</b>							
Tratamiento 1 (T1)			M1				
			M2				
			M3				
Tratamiento 2 (T2)			M4				

			M3				
Tratamiento 2 (T2)			M4				
			M5				
			M6				
			M7				
Tratamiento 3 (T3)			M8				
			M9				
			M10				
Tratamiento 4 (T4)			M11				
			M12				

<p>Firma:</p>  <p>.....  <b>Henry Giovanni Jave Concepción</b>  <b>BLGO. - MBLGO.</b>  <b>C.B.P. 8963</b></p>	<p>Firma:</p>  <p>.....  <b>Enzo Hidalgo Enzo Marín</b>  <b>INGENIERO AMBIENTAL</b>  <b>CIP. N° 217335</b></p>	<p>Firma:</p>  <p>.....  <b>Henry Carbajal Nogollón</b>  <b>INGENIERO AMBIENTAL</b>  <b>CIP. N° 135735</b></p>
--	---	---

Anexo 21: Procesos analíticos de los indicadores fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas tratadas.

Ítem	Parámetros	Método analítico
1	Temperatura	Termómetro digital
2	Turbidez	Método turbidimétrico
3	Conductividad eléctrica	Conductimetría
4	Densidad	Convención, el volumen de líquidos y gases a menudo
5	DBO	Incubación a 20 °C por 5 días, luego medida de oxígeno por método potenciométrico
6	DQO	Reflujo cerrado, método titulométrico
7	Nitritos	Cromatografía iónica
8	pH	PH- metro
9	Coliformes totales	Filtración por membrana / Tubos múltiples
10	Coliformes fecales	Filtración por membrana / Tubos múltiples
11	Coliformes termotolerantes	Filtración por membrana / Tubos múltiples
12	<i>Escherichia Coli</i>	Filtración por membrana / Tubos múltiples

Anexo 22: Autorización por parte de la municipalidad distrital de Shanao para el ingreso y utilización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SHANAO**  
**PROVINCIA DE LAMAS-REGION SAN MARTIN**  
*Certificada con Gestión Ambiental Local para el Desarrollo Sostenible - GALS I: 2008 - 2014*  
*"Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y Hombres"*  
*"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"*

Shanao 30 de noviembre del 2023

**CARTA N° 043-2023-MDSH/A**

**SEÑORES : DIANA A. TELLO MOZOMBITE - VICTOR D. FLORES PINCHI**  
**CIUDAD : FILIAL TARAPOTO**  
**ASUNTO : AUTORIZO UTILIZAR LAS INSTALACIONES (PTAR)**

Por el presente me dirijo a ustedes para saludar cordialmente a nombre de la Municipalidad Distrital de Shanao, asimismo, **AUTORIZO** realizar la ejecución de sus tesis titulada **"EFICIENCIA DEL TIEMPO EN LA REMOCIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA CON ALOCACIA MICRORRHIZA Y SCIRPUS HOLOSCHONUS EN AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS, SHANAO"**, a los siguientes estudiantes, Diana Alexandra Tello Mozombite, Víctor David Flores Pinchi, estudiantes del IX ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Filial Tarapoto, de la Universidad Cesar Vallejo.

Sin otra particular, me suscribo de ustedes no sin antes reiterarles las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



MUNICIPALIDAD DISTRITAL  
SHANAO

Paul López Soria  
ALCALDE



Anexo 23: A). Acondicionamiento de los terminadores de las plántulas *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*. (B). Siembra de las semillas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*.



Anexo 24: A). Acondicionamiento de los filtros. (B). Estructura de funcionamiento de filtros con *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*.



Anexo 25: A). Acondicionamiento de los filtros para la siembra de las plántulas de *Alocasia macrorrhiza* y *Scirpus holoschoenus*.



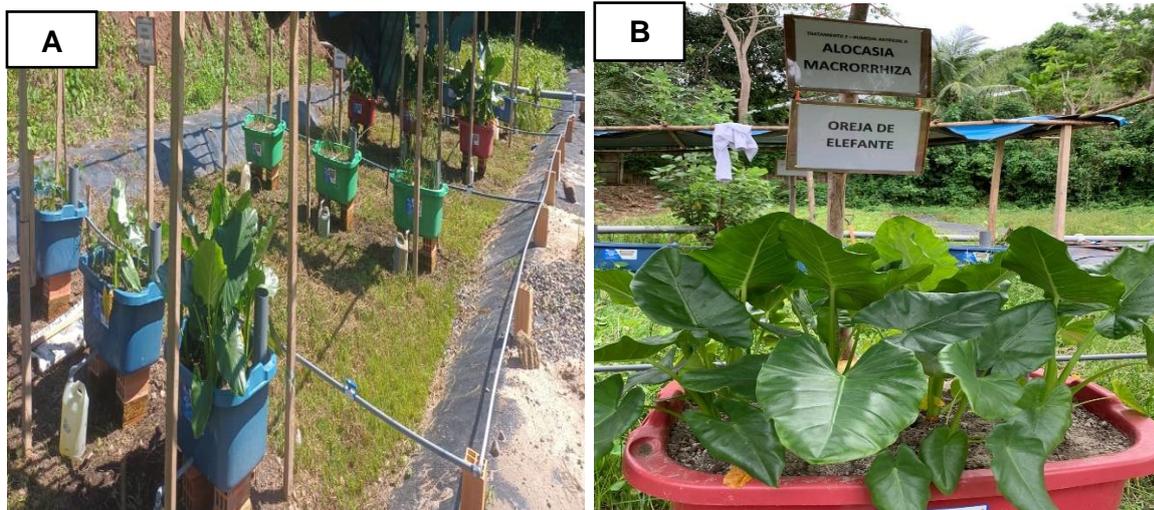
Anexo 26: (A). Siembra de las plantas de *Scirpus holoschoenus*. (B). Siembra de las plantas de *Alocasia macrorrhiza*.



Anexo 27: (A). Sistema de tratamiento. (B). Desarrollo de las plantas *Scirpus holoschoenus* y *Alocasia macrorrhiza* en los filtros



Anexo 28: (A). Manejo de las plantas. (B). Desarrollo de las plantas *Alocasia macrorrhiza* en los filtros



Anexo 29: (A). Proceso de muestreo de las aguas tratadas a 30 días. (B). Toma de muestras de agua.



Anexo 30: (A). Toma de muestras de aguas. (B). Rotulación de las muestras de agua.

