



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**Tratamiento de aguas residuales mediante humedales
artificiales de flujo libre superficial (FLS) utilizando lirio
acuático (*Eichhornia crassipes*)**

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

AUTORAS:

Cruz Palacios, Greyly Rosita (orcid.org/0009-0000-6035-6146)
Juarez Garcia, Keyli Yudith (orcid.org/0000-0002-2874-5173)

ASESOR:

Mg. Montalvo Morales, Kenny Ruben (orcid.org/0000-0003-4403-4360)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria

De: Juárez García, Keyli Yudith

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, gracias a mis padres y hermanos por ser quienes fueron mi principal fuente de apoyo y siempre están ahí para todo lo que necesite.

De: Cruz Palacios, Greyly Rosita

Dedico esta tesis primero a Dios, ´por ser mi guía espiritual y ayudarme a cumplir esta gran meta, a mis abuelitos que desde el cielo me están cuidando, sé que siguen y guían mis pasos desde arriba.

A mi madre, mi heroína de capa larga, quien con su fortaleza, sabiduría y amor incondicional me ha guiado en cada paso de mi vida.

Y a mi novio por estar a mi lado durante todo este proceso. También quiero darle las gracias por todas las noches que me diste un abrazo cuando me sentía abrumada y por ser mi mejor amigo. Estoy muy orgullosa de ti y te amo con todo mi corazón.

Agradecimiento

A la Universidad César Vallejo por permitirnos llevar a cabo el proyecto de investigación con la finalidad de titularnos como ingenieras ambientales y de la misma forma agradecerle por el staff de profesionales con el que cuenta la universidad quienes en el transcurso del planteamiento y desarrollo de esta investigación nos forjaron a llevarla a cabo con éxito



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MONTALVO MORALES KENNY RUBEN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO LIBRE SUPERFICIAL (FLS) UTILIZANDO LIRIO ACUÁTICO(EICHHORNIA CRASSIPES).", cuyos autores son JUAREZ GARCIA KEYLI YUDITH, CRUZ PALACIOS GREYLY ROSITA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, 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.

LIMA, 21 de Mayo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
KENNY RUBEN MONTALVO MORALES DNI: 43713929 ORCID: 0000-0003-4403-4360	Firmado electrónicamente por: KRMONTALVO el 24- 07-2024 09:12:51

Código documento Trilce: TRI - 0752168





Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CRUZ PALACIOS GREYLY ROSITA, JUAREZ GARCIA KEYLI YUDITH estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO LIBRE SUPERFICIAL (FLS) UTILIZANDO LIRIO ACUÁTICO(EICHHORNIA CRASSIPES).", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
JUAREZ GARCIA KEYLI YUDITH DNI: 71034650 ORCID: 0000-0002-2874-5173	Firmado electrónicamente por: KYJUAREZ el 25-07- 2024 18:23:12
CRUZ PALACIOS GREYLY ROSITA DNI: 74592474 ORCID: 0009-0000-6035-6146	Firmado electrónicamente por: GRCRUZ el 25-07-2024 18:23:28

Código documento Trilce: INV - 1653276

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2 Variables y operacionalización.....	15
3.3 Población, muestra, muestreo.....	16
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.4 Procedimientos.....	17
3.5 Método de análisis de datos.....	17
3.6 Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	38
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS.....	43
ANEXOS.....	53

Índice de tablas

Tabla 1. Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)	18
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del agua contaminada.....	22
Tabla 3. Contenido de DBO (ml/L) para cada tratamiento	22
Tabla 4. Resultados del parámetro DQO (ml/L) por cada tratamiento	24
Tabla 5. Resultados del contenido de sólidos suspendidos totales (mg/L) por cada tratamiento	25
Tabla 6. Resultados del pH del por cada tratamiento	27
Tabla 7. Resultados de la turbidez por cada tratamiento	28
Tabla 8. Resultados de la densidad (g/L) por cada tratamiento.....	30
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos del agua tratada.....	30
Tabla 10. Análisis de varianza para el contenido de DBO (ml/L).....	32
Tabla 11. Anova para DQO (mg/L) por tratamiento	32
Tabla 12. Anova para sólidos suspendidos (mg/L) por tratamiento	33
Tabla 13. para el pH por cada tratamiento	34
Tabla 14. Prueba Tukey para el pH con las diferentes cantidades de lirio.....	34
Tabla 15. Anova para turbidez por cada tratamiento	35
Tabla 16. Prueba Tukey para turbidez con las diferentes cantidades de lirio	35
Tabla 17. Resultados de medias del contenido de DBO (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contacto	62
Tabla 18. Resultados de medias del contenido de DQO (mg/L) con las diferentes cantidades lirio y tiempos de contacto	63
Tabla 19. Resultados de medias del contenido de sólidos suspendido totales (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contacto.....	63
Tabla 20. Resultados de medias del pH con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contacto	64
Tabla 21. Resultados de medias de la Turbidez (NTU) con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contact.....	64

Índice de figuras

Figura 1. Contenido de DBO (mg/l) con las diferentes cantidades de lirio	23
Figura 2. Gráfico de medias del contenido de DBO (mg/L) durante los diferentes tiempos de conta.....	23
Figura 3. Gráfico de medias del contenido de DQO (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio	24
Figura 4. Gráfico de Medias del contenido de DQO (mg/L) durante los diferentes tiempos de contacto	25
Figura 5. Gráfico de Medias del contenido de sólidos suspendidos (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio.....	26
Figura 6. Gráfico de Medias del contenido de sólidos suspendidos (mg/L) durante los diferentes tiempos de contacto.....	26
Figura 7. Gráfico de Medias del pH con las diferentes cantidades de lirio	27
Figura 8. Gráfico de Medias del pH durante los diferentes tiempos de contacto	28
Figura 9. Gráfico de Medias de la Turbidez con las diferentes cantidades de lirio.....	29
Figura 10. Gráfico de Medias de turbidez durante los diferentes tiempos de contacto	29

Resumen

Esta investigación evaluó la eficiencia de los humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) usando lirio (*Eichhornia crassipes*) para tratar aguas residuales del río Yapatera de Chulucanas, Morropón, Piura. La investigación fue aplicada, descriptiva-explicativa, de enfoque cuantitativo. La población de estudio estuvo conformada por diferentes tramos del río Yapatera, mientras que la muestra comprendió 150 litros de agua residual del río. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) evaluando tres cantidades de lirio acuático (40, 60 y 80) con tiempos de exposición de 7, 15 y 24 días. Los datos se analizaron mediante un ANOVA al 95% de nivel de confianza. Inicialmente, se midieron los parámetros: DBO (31.3 mg/L), DQO (70.76 mg/L), sólidos suspendidos totales (SST; 13.3 mg/L), densidad (<1000 g/L), pH (7.16) y turbidez (19.92 NTU). Los tratamientos redujeron significativamente la DBO, DQO, SST y turbidez del agua residual hasta el día 15. El tratamiento más eficiente fue con 40 lirios por 15 días, logrando menores niveles de DBO (14.5 mg/L), DQO (41.7 mg/L), turbidez (0.9 NTU), SST (<5 mg/L) y un pH de 7.79. Se concluyó que el tratamiento fue significativamente eficiente logrando la remoción del 53.67% de DBQ y el 41.06% de DQO.

Palabras clave: Aguas residuales, humedales artificiales, lirio acuático

Abstract

This research evaluated the efficiency of surface free-flow artificial wetlands (FLS) using lily (*Eichhornia crassipes*) to treat wastewater from the Yapatera River of Chulucanas, Morropón, Piura. Applied research, descriptive-explanatory, with a quantitative approach. The study population was made up of different sections of the Yapatera River, while the sample included 150 liters of wastewater from the river. A completely randomized block experimental design (DBCA) was used evaluating three quantities of water lily (40, 60 and 80) with exposure times of 7, 15 and 24 days. The data were analyzed using an ANOVA at the 95% confidence level. Initially, the parameters were measured: BOD (31.3 mg/L), COD (70.76 mg/L), total suspended solids (TSS; 13.3 mg/L), density (<1000 g/L), pH (7.16) and turbidity. (19.92 NTU). The treatments significantly reduced the BOD, COD, TSS and turbidity of the wastewater until day 15. The most efficient treatment was with 40 lilies for 15 days, achieving lower levels of BOD (14.5 mg/L), COD (41.7 mg/L), turbidity (0.9 NTU), TSS (<5 mg/L) and a pH of 7.79. It was concluded that the treatment was significantly efficient, achieving the removal of 53.67% of DBQ and 41.06% of COD.

Keywords: Sewage water; artificial wetlands, water lily

I. INTRODUCCIÓN

Con la expansión de la urbanización, las ciudades ahora enfrentan grandes desafíos ambientales, ya que la cantidad de descarga de aguas sobrantes urbanas aumenta, sin embargo, la condición de contaminación del agua se vuelve más severa (Sun et al., 2021, p. 2). En este contexto, se ha reportado más del 80 % de las aguas residuales del mundo vuelven al medio ambiente sin ser tratadas ni reutilizadas, mientras que, otras investigaciones alertan que solo el 30% de los efluentes residuales a nivel mundial reciben un tratamiento adecuado (Malpartida, 2020, p. 4). Además, se estima que estos efluentes agregan anualmente aproximadamente 6,2 millones de toneladas de nitrógeno a las aguas costeras de todo el universo (Berger et al. 2022, p3; Tuholske, 2021, p.1). Sin embargo, el bosquejo defectuoso y la carencia de responsabilidad para sostener la infraestructura que llevan a una polución masiva debido a que anualmente, más de $4,54 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ de aguas residuales sin tratar fluyen hacia los ríos de los Estados Unidos, mientras que, en Nueva York se descarga casi $102 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en las aguas superficiales (Wear et al, 2021, p. 1). Por otro lado, en el territorio nacional, se estima que se producen un aproximado de $2 \cdot 217 \cdot 946 \text{ m}^3$ por día de aguas sobrantes que estas tienen disposición final en una red de alcantarillado o lagunas de oxidación, de las cuales solo el 32% del agua residual tiene un tratamiento adecuado (Villacencio, 2021, p.7).

Además, las aguas residuales que producen en el sector rural andino se caracterizan por un contenido de nitrógeno amoniacal doméstico y afluentes mínimos que proceden de las parcelas agrícolas aldeanas a la red de alcantarillado sanitario (Celi et al, 2021, p.4298).

El río Yapatera del distrito de Chulucanas, provincia de Morropón y departamento de Piura, se forma por la confluencia de las quebradas Pariguanos, Challegrande y Panaña-Liza. Sus aguas provienen de las precipitaciones en las zonas altas de la región, recolectando además el flujo de varios afluentes menores a lo largo de su trayecto antes de desembocar en el río Piura. Las aguas residuales que desembocan en el río Yapatera provienen principalmente de actividades agrícolas, urbanas y domésticas de la zona de Chulucanas y sus alrededores (Masias et al., 2021, p.9).

El distrito de Chulucanas, como centro poblado importante, contribuye con

desechos domésticos y urbanos que incluyen aguas servidas sin un tratamiento adecuado afectando su calidad y la salud del ecosistema acuático, y en consecuencia, la salud de las personas. La contaminación del río Yapatera representa un serio riesgo para la salud pública, ya que puede favorecer la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, como gastroenteritis, hepatitis y enfermedades dermatológicas (Ramos, 2021, p.623).

Ante esta problemática, se están buscando soluciones para resolver el problema de las aguas residuales en el río Yapatera. Esta investigación surge con la necesidad de reducir los impactos negativos de los desechos domésticos vertidos sin tratamiento al río. Una solución viable puede ser el uso de humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) que incorporan el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Este enfoque se fundamenta en la capacidad comprobada del lirio acuático para eliminar nutrientes y otros contaminantes del agua, ofreciendo un método efectivo y sostenible para tratar las aguas residuales (Castañeda, p. 209-216).

La viabilidad de esta investigación se sustenta en varios factores clave, tales como la disponibilidad de recursos locales, así como la simplicidad y durabilidad de los equipos y materiales necesarios (Matovelle et al.,2024, p.2). Utilizar *Eichhornia crassipes* en sistemas de humedales artificiales para tratar aguas residuales ofrece una solución tanto ambientalmente sostenible como económicamente viable. Esta planta, que se encuentra comúnmente en las áreas acuáticas de Piura, puede ser recolectada localmente, lo que permite reducir costos (Rodríguez et al.,2022, p.1-4).

Esta investigación profundiza en el uso de *Eichhornia crassipes* en tratamientos biológicos para aguas residuales, destacando su capacidad para absorber nutrientes y contaminantes. Al integrar esta planta en humedales artificiales, se expande el conocimiento sobre la fitoremediación y su aplicabilidad en diversos entornos. El método empleado promueve soluciones económicas y sostenibles para mejorar la calidad del agua en zonas contaminadas, reduciendo así la contaminación del agua y previniendo enfermedades, lo que beneficia tanto al medio ambiente como a la salud pública (Quevedo, 2021, p.133-148).

La originalidad de este estudio radica en aplicar hipótesis o perspectivas teóricas a objetos o preguntas que no hayan sido aún indagados, realizar estudios de caso novedosos, discutir a partir de la investigación propia ciertas hipótesis o cierta perspectiva teórica. Además, los resultados de este estudio son válidos y

confiables, ya que los análisis han sido realizados por laboratorio certificados.

En este sentido, se plantea el siguiente problema general: ¿Cuál es la eficiencia del tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) utilizando lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), 2023?; para lo cual se establecieron como problemas específicos **PE1**: ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas antes del tratamiento con lirio acuático? **PE2**: ¿Cuál es el efecto del tiempo de exposición del lirio acuático en el sistema de tratamiento del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales? **PE3**: ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas después del tratamiento con lirio acuático? El motivo que induce a realizar la actual pesquisa, se sustenta en la eliminación de nitrógeno de las aguas residuales para proteger los recursos hídricos, especialmente en las regiones que enfrentan escasez de agua, por lo cual, resulta importante tratar a los efluentes domésticos (Cao et al. 2020, párr.4). Además, con los requisitos cada vez más estrictos para la protección del ambiente, se han realizado a muchos esfuerzos para disminuir la contaminación de las aguas residuales (Zhao y Chen, 2019, párr.2). Bajo este enfoque, la justificación económica se relaciona con el tratamiento de efluentes mediante un método de fitorremediación que es rentable y requiere requisitos mínimos de energía (Nur et al, 2020, párr.3).

De esta manera, el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) tiene capacidad para acumular grandes cantidades de nutrientes y minerales en su masa corporal y mostrar altas tasas de crecimiento en condiciones severas (Iqbal et.al., 2019, p. párr. 3; Rodriguez et al.,2022, p.1- 4). Mientras que, la justificación social se relaciona con el diseño de sistemas de rociado artificiales de flujo libre superficial utilizando plantas macrófita que permite salvaguardar la salud humana al reducir la carga contaminante en las aguas residuales domésticas. Esto debido a que los compuestos de nitrógeno son perjudiciales para la salud y producen metahemoglobina que favorece el transporte de oxígeno a nivel celular (Nur et al,

2020, párr.4).

Además, la justificación ambiental se enfoca en las utilidades del manejo del método de fitorremediación que es un sistema autótrofo que utiliza energía solar por lo que su gestión es sencilla, y sus costos de mantenimiento e instalación son muy bajos, por lo que es económicamente viable; la contaminación en el ecosistema y el medio ambiente se puede reducir, por lo que es ecológico; la fitorremediación se puede aplicar a gran escala y se puede eliminar fácilmente, la estabilidad de los metales pesados aumenta al reducir la lixiviación de metales, por lo tanto, se reduce la propagación de contaminantes (Jacob et al, 2018, p. 60; Hayyat et al, 2023, párr.3).

El objetivo general del estudio fue: Evaluar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) utilizando lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), 2023; esto se sustenta bajo los siguientes objetivos específicos **OE1:** Determinar los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas antes del tratamiento con lirio acuático **OE2:** Analizar las características fisicoquímicas en el sistema de tratamiento del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas domésticas, durante el tiempo de exposición de diferentes cantidades de lirio acuático. **OE3:** Determinar los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas después del tratamiento con lirio acuático.

Del mismo modo las hipótesis de la presente investigación serán las siguientes: Hipótesis general: La eficiencia del tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) utilizando lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), es significativa; asimismo las hipótesis específicas se establecieron **HE1:** Los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas antes del tratamiento con lirio acuático son contaminantes. **HE2:** El tiempo de exposición y la cantidad del lirio acuático tiene influencia significativa en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas provenientes del río Yapatera Chulucanas durante su tratamiento con humedales artificiales. **HE3:** Los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas después del tratamiento con lirio acuático no son contaminantes.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes internacionales

Romero y Tanaí (2023) evaluaron la calidad del agua mediante el uso de humedales artificiales de flujo subsuperficial extendido, en Ecuador. La investigación aplicada, con un enfoque cuantitativo, utilizó un diseño experimental Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos distintos y un grupo control. Para los experimentos, se empleó un sustrato uniforme variando únicamente las especies vegetales: *Medicago sativa* (alfalfa), *Zantedeschia aethiopica* (cartucho) y *Canna indica* (achira), utilizando agua residual doméstica de un pozo contaminado. La efectividad de estos sistemas se midió por la remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y *E. coli*, durante periodos de retención hidráulica de 7 y 15 días. Los resultados mostraron que la remoción de contaminantes varió entre el 50% y el 90%, siendo más efectiva a los 15 días. Las especies *Medicago sativa* y *Zantedeschia aethiopica* resultaron ser las más eficientes, con tasas de remoción entre el 80% y el 90%. Este estudio destaca la alta capacidad de diferentes especies para eliminar contaminantes y sugiere que tiempos de retención más prolongados (15 días) mejoran significativamente la depuración, ofreciendo una base comparativa para la investigación con lirio acuático (pp.1-94).

Castañeda (2022) evaluó siete métodos de tratamiento para aguas residuales domésticas que incluyeron humedales artificiales (HA) en Michoacán y Jalisco, México. El estudio fue aplicado y exploratorio, con un enfoque cuantitativo. Las zonas de estudio fueron dos localizaciones que contaban con sistemas de tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales. La localidad de Jalisco comprendió 2 poblaciones, cuyos sistemas de tratamientos con HA estuvieron conformados por puso de tezontle (1 a 2 cm, porosidad 60 %) como sustrato y principalmente lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Se analizó parámetros como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la conductividad específica, el nitrógeno total y el fósforo total. Este sistema mostró una remoción de DBO del 85% y Fósforo total de 80%. Se concluyó que el uso de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas es una opción económicamente viable y ambientalmente sostenible. Este antecedente proporciona datos cuantitativos sobre

la capacidad de humedales artificiales utilizando lirio acuático para reducir la DBO con tasas de remoción del 85%; esta evidencia puede servir como base para justificar la utilización de humedales artificiales con lirio acuático (pp. 209-217).

Atariguana & Urvina (2020) Diseñaron un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en Ecuador. El tipo de investigación fue aplicada, de enfoque cuantitativo. Se diseñó un humedal subsuperficial de flujo vertical que operaba con cargas de 40-60 g DBO/m² por día, alcanzando una eficiencia del 75%. La profundidad del lecho granular, compuesto de grava y arena, varió entre 50 y 80 cm, con un resguardo de 10 cm en la superficie. Se utilizó la especie fitodepuradora *Scirpus Californicus*, originaria de la laguna de Busa, lo cual redujo significativamente los costos de adquisición. El sistema logró reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) a 41,25 mg/l, cumpliendo así con la normativa ecuatoriana (TULSMA). Se determinó que *Scirpus Californicus* fue adecuada para este tipo de sistemas debido a su disponibilidad local y efectividad en la depuración. El estudio ofrece un referente útil para el uso de lirio acuático en humedales de flujo libre superficial (FLS), logrando un 75% de eficiencia en la reducción de DBO₅ con *Scirpus Californicus*. Su diseño del humedal, incluyendo la profundidad del lecho granular y materiales específicos, puede orientar mejoras en los sistemas de FLS para optimizar la interacción entre el agua y la biomasa. (pp. 21-104).

2.2. Antecedentes Nacionales

Damián & Mancha (2021) analizaron los efectos del humedal artificial en aguas residuales de un barrio de Huancavelica, Perú. La investigación fue de tipo aplicada y se empleó un diseño cuasiexperimental. Se utilizó una población de 40 litros de aguas residuales del barrio de Santa Ana, seleccionando una muestra de 29 litros para el estudio. La investigación implementó un sistema piloto con un tiempo de retención de 5.6 horas; este sistema consistió en dos tanques de almacenamiento de 20 litros cada uno, que también funcionaron como sedimentadores, situados a 0.5 metros del humedal artificial Waylla Ichu (*calamagrostis rigida*). Este humedal, construido de vidrio, de 1 m de largo, 0.70 m de ancho y 0.20 m de alto, estaba relleno con grava y arena fina como capa impermeabilizante. Se incluyó una válvula flotante para regular la entrada de aguas residuales. Los resultados mostraron que el pH no disminuyó significativamente; pero se alcanzaron altas tasas de remoción, con un 85% para sólidos suspendidos (SST), un 92% para DQO y un 84% para

DBO₅. Se concluyó que el humedal artificial fue altamente eficiente en el tratamiento de las aguas residuales. Esta investigación demuestra la efectividad de los humedales artificiales para tratar aguas residuales, logrando la remoción de contaminantes. Además, el diseño detallado del humedal, que incluye dimensiones y materiales como vidrio, grava y arena fina, junto con el sistema de retención y sedimentación, ofrece una guía práctica para el diseño y construcción de un sistema similar empleando lirio acuático (pp. 21-47).

Rubio & Montenegro (2018) evaluaron la eficiencia de un humedal artificial utilizando la especie Juncos para tratar aguas residuales domésticas en Moyobamba, Perú. La investigación fue de tipo aplicada y la metodología empleada fue experimental. El estudio analizó el flujo diario de 2 metros cúbicos de agua en el humedal artificial, recolectando un total de 4 litros a través de ocho muestras de 500 ml cada una. Se construyó el humedal artificial siguiendo especificaciones de dimensiones y métodos constructivos; dicho sistema incluyó filtros de grava en el fondo para optimizar la función del humedal superficial. Los resultados mostraron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos dentro de los límites normativos peruanos, con turbidez de 7.24 UNT, pH: 6.8, temperatura de 24.8°C, sólidos totales suspendidos de 237.9 ppm, DBO₅ de 12 mg/IT, y coliformes fecales de 1432 UFC/100 ML. Se concluyó que este tratamiento cumplió con las normativas peruanas. El estudio demostró que el humedal artificial con Juncos mantuvo los parámetros de calidad del agua dentro de los límites normativos, indicando que métodos similares podrían ser aplicables a otras especies como el lirio acuático. Los cálculos hidráulicos y los filtros de grava utilizados proporcionan un modelo adaptable para diseñar humedales eficaces con *Eichhornia crassipes* (pp. 49).

Incio & Quinteros (2020), presentaron como objetivo principal evaluar la eficiencia de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el procedimiento de las aguas sobrantes domésticas. Su enfoque fue cuantitativo, con un nivel descriptivo y de diseño no experimental. Se evaluaron diecisiete estudios sobre el tratamiento de aguas residuales en humedales artificiales con macrófitas emergentes, centrados en aguas domésticas con características físicas, químicas y biológicas alteradas.

También, se revisaron investigaciones que replicaron las condiciones operativas de humedales naturales en entornos controlados. La metodología más efectiva en la depuración de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de

macrófitas emergentes incluyó un tratamiento preliminar, como un tanque de sedimentación o fosa séptica, seguido de un humedal de flujo subsuperficial que utiliza sustratos como arena y grava. Los resultados mostraron que los valores más representativos de la eficiencia de remoción para la DBO fueron de 93%, DQO de 92% y SST con 81%. Se logró concluir que los humedales artificiales de macrófitas emergentes son eficientes para el tratamiento de las aguas sobrantes domésticas. Este antecedente proporciona una estructura sólida y resultados prometedores que pueden guiar la implementación y optimización de humedales de FLS con lirio acuático, potenciando su aplicación en el tratamiento eficiente de aguas residuales domésticas (pp. 14-70).

Escajadillo (2021) se propuso como objetivo principal evaluar diversos modelos de humedales artificiales para el tratamiento de aguas grises. La metodología adoptada fue cualitativa, con un enfoque narrativo y tópico, y de carácter aplicado. La recopilación de datos se realizó mediante análisis documental, y los datos recopilados fueron analizados utilizando una matriz de categorización apriorística. Los resultados revelaron que la especie *Typha dominguensis* logra una descontaminación significativa, con porcentajes entre el 93% y el 97%; mientras que otras especies, como *Chrysopogon zizanioides* de 88% a 90%, *Juncus* sp de 70% a 80%, *Phragmites australis* de 68% a 89%, *Cyperus papyrus* de 50% a 55%. Además, se encontraron diferencias significativas entre los modelos más comunes de humedales artificiales. La investigación concluyó que los sistemas de flujo subsuperficial, tanto horizontal como vertical, son eficientes en la reducción de varios parámetros contaminantes en aguas residuales. También, se identificaron las especies de plantas más efectivas para el tratamiento de estas aguas. Este antecedente destaca la eficiencia de descontaminación (93% y el 97%) de especies como *Typha dominguensis*. Esta información es útil para comparar y mejorar el uso del lirio acuático en tratamientos similares, sirviendo los resultados de *Typha* como referencia para optimizar las técnicas aplicadas al lirio acuático (pp. 13-37).

2.3. Bases teóricas

Siguiendo con las teorías relacionadas a la variable de estudio, se expone la teoría de la gestión de aguas residuales; pues el incremento de los habitantes y la gradual demanda de agua en las zonas urbanas han generado desafíos para el tratamiento

de aguas sobrantes, principalmente en los estados en crecimiento (Beleño *et al*, 2022, párr. 3). En este sentido, las aguas sobrantes están cobrando potencia como un motivo alternativo confiable de agua, cambiando el método de tratamiento y descarga a reutilización, reciclaje y restauración de las técnicas. En muchos estados, se ha realizado activamente la implementación del procedimiento de aguas sobrantes domésticas y la reutilización de esta agua tratada para superar la escasez del suministro de agua (Correa *et al*, 2023, p.4).

Según, Vargas *et al* (2020) refiere que las aguas residuales surgen por acciones de las personas respecto a uso del líquido natural, sea por consumo doméstico, industrial, entre otros; afectando y poniendo en peligro el medio ambiente (p. 317). Según Guijarro (2019), las aguas negras como también son referidas, son resultado de actividades donde se le da utilidad al agua sea para consumo personal para fábrica, minas, etc. Es consecuencia de empleó detergentes, aceites, arrojar desechos orgánicos, industriales, químicos, entre otros (p. 4).

Asimismo, Ibaña *et al* (2021) explica los principales inconvenientes de las aguas residuales; cuando los gérmenes se liberan al medio ambiente sin haber sido tratados previamente, contaminan las fuentes debido a la existencia de sustancias químicas nocivas. Muchos de estos químicos exhiben propiedades desconocidas en los seres vivos, como por ejemplo: a) Malos olores y sabores, refiere que de la variedad de sustancias en el agua que, al descomponerse y liberar gases especialmente durante el tratamiento anaeróbico, la producen, es decir a esto también podemos agregar el aumento de microbios que producen sabores y aromas de forma natural; asimismo; la acción tóxica, refiere que es una consecuencia de la descarga de aguas residuales al medio ambiente que no han sido tratadas lo que afecta a la fauna que allí habita y se extiende a los humanos que consumen la fauna contaminada y utilizada el agua para regar sus fincas, la ingesta de sus sustancias peligrosas supone un riesgo (p. 10).

Camacho *et al* (2020) argumenta que los diferentes contaminantes surgen según la actividad humana; se encuentran los contaminantes orgánicos, que es producto de las heces, o desechos de alimentos que originan malos olores y son biodegradables; los carbohidratos, que también incluyen fibras celulares y azúcares; aceites y grasas, que rigen del procesamiento de alimentos en las industrias de ese contexto. También se tiene los contaminantes inorgánicos, que

surgen de óxidos, sales, ácidos, presentes en industrias generando el agua residual (p. 365).

La composición de las aguas residuales es altamente variable debido a diversos factores. En términos generales, estas consisten en aproximadamente un 99,9% de agua, con el resto compuesto por materia sólida. Los sólidos comprenden materia mineral de subproductos rechazados durante actividades cotidianas y la calidad del suministro, mientras que los materiales orgánicos provienen exclusivamente de actividades humanas, incluyendo carbono, proteínas y grasas (Apezteguía y Recalde, 2023).

Las aguas residuales refieren de ser utilizadas con anterioridad para fines domésticos, industriales, ganadería, etc., dejando grandes concentraciones de sustancias que se descargan en el medio ambiente, generando un efecto negativo en el medio natural (Alazaiza et al, 2023, p.5). Entonces, estas aguas provocan riesgo en la salud humana por su relevancia en materias contaminantes, viendo la necesidad de ser tratadas para controlar los sólidos suspendidos, compuestos orgánicos, metales pesados, etc (Carrillo et al, 2021, p. 229).

Los humedales artificiales de superficie de agua libre se desarrollaron por primera vez en Hungría en 1968 y pueden tratar varios tipos de aguas sobrantes, como aguas sobrantes domésticas y aguas sobrantes municipales (Flores y Ocaña, 2023, p. 28). Se ha demostrado que los procedimientos humedales artificiales son tecnologías sostenibles, respetuosas con el medio ambiente y de bajo costo en comparación con muchas otras tecnologías de tratamiento de aguas sobrantes, ya que el procedimiento está diseñado para imitar los procesos de tratamiento natural en un entorno controlado con las ventajas de un uso bajo o nulo de energía (El-Wakil et al, 2022, p. 6060).

Presenta mecanismos de eliminación de contaminantes, que incluye procesos físicos, y bioquímicos para eliminar la materia orgánica. El desarrollo físico comprende la sedimentación de las partículas en suspensión presentes de las aguas sobrantes que conduce a la eliminación de contaminantes. Cuanto mayor sea el tiempo de retención de las aguas residuales mayor será la sedimentación. El desarrollo de sedimentación es un establecimiento de los átomos que depende de la gravedad y estas partículas se depositan en el fondo del tanque. El proceso de

sedimentación no solo reduce la materia orgánica, sino que también elimina las bacterias coliformes (Shukla et al, 2022, p. 12751).

Respecto a las definiciones, Pérez et al. (2022), explica que las aguas sobrantes son las que han sido utilizadas en ambientes domésticos y urbanos, o en las industrias y la ganadería, además también las aguas naturales que, por accidente o mala praxis se hayan combinado con las anteriores. Asimismo, Jaimesy Vera (2020), manifiesta que las aguas sobrantes son cualquier tipo de agua, cuya calidad se ha visto afectada negativamente por la actividad antrópica, sin embargo, agua que no puede utilizarse inmediatamente para el deseo para el que fue creada debido a su calidad, cantidad o disponibilidad (p.4-8). Cusiche y Miranda (2020), explica que las aguas residuales se definen como aguas que contienen contaminantes originarios de fuentes de vertido de diverso origen, principalmente domiciliario e industrial, por lo que las aguas sobrantes pueden comprender sustancias contaminantes provenientes de desechos urbanos o industriales (p. 1434).

Referente a las dimensiones Lamaro *et al* (2019), explica que las alteraciones físicas del agua es la polución del agua donde el cambio física y química de la estructura del agua y sus factores, van convirtiendo sus propiedades y ocasionando perjuicios a los seres vivos que de ella necesitan para subsistir (p. 173). Asimismo, Velásquez *et al* (2022), manifiesta que son sustancias naturales presentes en ella que les proporciona diferentes tonalidades de olor y color compuestos químicos como fenoles, cloro o materiales en descomposición (p. 9). Meza *et al* (2021), refiere que las alteraciones físicas del agua; es cuando el hecho de que el agua generalmente no está infectada y tiene colores rojizos, marrones, amarillos o verdoso tenues, causados principalmente por mezclas húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas; sin embargo, es difícil distinguir claramente entre el color del agua y el tipo de contaminación (p.20).

Por otro lado, Rodríguez (2019), explica referente a la segunda dimensión; los cambios del agua se deben principalmente a la presencia de desechos humano y animales y a menudo, están relacionados con la rápida urbanización y la falta de método del agua contaminada (p. 14). Asimismo, Moreno *et al* (2021), explica que específicamente el cambio en la mineralogía ocurre cuando el mineral entra en contacto con una solución acuosa que desencadena una serie de reacciones

químicas, estos procesos químicos sugieren un cambio en la mineralogía de la roca original (p.72). Toledo et al. (2019), explica que las aguas visibles limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es primordial para la vida, es decir si el nivel de aire o disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida (p.75).

Por otro lado, Muñoz y Horacio (2022), refiere que la tercera dimensión Alteraciones biológicas del agua, es la contaminación biológica de aguas, que es causada básicamente por la presencia de excrementos humanos y es habitualmente asociada a la rápida urbanización y la falta de tratamientos de las aguas verdes. Asimismo, Galindo et al. (2020), manifiesta que, en las aguas con contaminación biológica, rica en materia orgánica de origen patógenos con amplitud de ocasionar diferentes alteraciones incluyendo alergias, diarrea, tífus, colera, entre otras, además son otros organismos que, aunque no se los organiza como patógenos, probablemente pueden producir enfermedades en personas con los sistemas de defensa (p.110).

Por otro lado, Fernández Y Guardado (2021), explica que las alteraciones biológicas del agua, es el agua impurificada y la limpieza deficiente, que están vinculados con el contagio de enfermedades como la cólera, otras diarreas, la disentería, hepatitis A y la fiebre tifoidea y la poliomielitis, además los dos contaminantes biológicos del agua son las bacterias, los pozos y los hongos (p. 114).

2.3. Marco conceptual

- **Aguas residuales.** Son aquellas aguas que han sido utilizadas y que contienen residuos producto de actividades humanas. Estas aguas incluyen una gran variedad de contaminantes, como materia orgánica, bacterias, virus, nutrientes (como nitrógeno y fósforo), metales pesados y compuestos químicos, entre otros (Guijarro, 2019, p.4).
- **Humedales.** Son ecosistemas con una biodiversidad extremadamente alta, que funcionan como sistemas naturales de retención de agua, purificación y reciclaje de nutrientes. Estos pueden ser de origen natural o artificial (Flores y Ocaña, 2023, p. 28).
- **Lirio acuático.** *Eichhornia crassipes*, comúnmente conocida como jacinto de agua,

es una planta flotante nativa de la cuenca del Amazonas y conocida por su capacidad para crecer rápidamente y cubrir grandes áreas de cuerpos de agua (Rodríguez et al.,2022, p.1-2).

- **Parámetros.** Son variables que se utilizan para definir o configurar información específica necesaria en un contexto determinado. Los parámetros permiten la personalización y el control de funciones, modelos, experimentos y procesos (Villacencio, 2021, p.9).
- **Tratamiento.** En general, se refiere al proceso de manejar, intervenir o modificar una situación, condición o sustancia con el objetivo de cambiarla, mejorarla o resolver un problema (Villacencio, 2021, p.8).
- **Eficiencia.** Es la capacidad de lograr un objetivo deseado o realizar una tarea con el mínimo gasto de tiempo y recursos. Se trata de una medida de la efectividad con la que se convierten los insumos en resultados útiles (Rubio & Montenegro, 2018, p.45).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, por tener punto de referencia en teorías fundamentadas en el conocimiento científico, a fin de poder arrojar resultados veraces y dar respuesta a los supuestos científicos en un estudio (Ñaupas et al. 2018, p.136). Su enfoque fue cuantitativo, que rige generar métrica y estadísticas que ayuden al cumplimiento de los objetivos (Hernández y Mendoza, 2018, p.47). También fue descriptiva explicativa, centrada en conocer y caracterizar las variables para luego conocer la causa efecto.

El estudio se llevó a cabo mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar (**DBCA**), que se estructuró de acuerdo con la siguiente ecuación estadística y su arreglo correspondiente:

$$Y_{ij} = U + A_i + b_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij}: representa la medición de las variables dependientes (DBO, Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO, pH, turbidez y densidad).

U: media global del experimento.

A_i: efecto de la cantidad de lirio acuático (40, 60 y 80 lirios).

b_j: variable bloque: tiempo de contacto del lirio con el agua residual (días).

E_{ij}: efecto del error experimental

Tabla 1. *Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)*

		Tiempo de contacto (días)			
		0	7	15	24
Cantidad de lirio acuático	40	$Y_{1,1,1}$	$Y_{1,2,1}$	$Y_{1,3,1}$	$Y_{1,4,1}$
		$Y_{1,1,2}$	$Y_{1,2,2}$	$Y_{1,3,2}$	$Y_{1,4,2}$
		$Y_{1,1,3}$	$Y_{1,2,3}$	$Y_{1,3,3}$	$Y_{1,4,3}$
	60	$Y_{2,1,1}$	$Y_{2,2,1}$	$Y_{2,3,1}$	$Y_{2,4,1}$
		$Y_{2,1,2}$	$Y_{2,2,2}$	$Y_{2,3,2}$	$Y_{2,4,2}$
		$Y_{2,1,3}$	$Y_{2,2,3}$	$Y_{2,3,3}$	$Y_{2,4,3}$
	80	$Y_{2,1,1}$	$Y_{2,2,1}$	$Y_{2,3,1}$	$Y_{2,4,1}$
		$Y_{2,1,2}$	$Y_{2,2,2}$	$Y_{2,3,2}$	$Y_{2,4,2}$
		$Y_{2,1,3}$	$Y_{2,2,3}$	$Y_{2,3,3}$	$Y_{2,4,3}$

3.2. Variables y operacionalización

Variable dependiente: Tratamiento de aguas residuales

Definición conceptual: Vargas et al. (2020) refiere que las aguas residuales surgen por acciones de las personas respecto a uso del líquido natural, sea por consumo doméstico, industrial, entre otros; afectando y poniendo en peligro el medio ambiente (p.316).

Definición operacional: Mide como es tratada el agua residual evaluando sus características físico-químicas y el tiempo de exposición; siendo analizado en un laboratorio para diagnóstico de pH, DQO, DBO, etc.

Indicadores: DQO, DBO, Sólidos suspendidos totales, pH, turbidez, Densidad

Escala de medición: Razón.

Variable independiente: Humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS).

Definición conceptual: Se ha demostrado que los procedimientos humedales artificiales son tecnologías sostenibles, respetuosas con el medio ambiente y de bajo costo en comparación con muchas otras tecnologías de tratamiento de aguas sobrantes, ya que el procedimiento está diseñado para imitar los procesos de tratamiento natural en un entorno controlado con las ventajas de un uso bajo o nulo de energía (El-Wakil et al., 2022, p.6061).

Definición operacional: Presenta mecanismos de eliminación de contaminantes, que incluye procesos físicos, y bioquímicos para eliminar la materia orgánica

Indicadores: Sedimentación, tiempo de retención, contaminantes, fondo de tanque, bacterias coliformes.

Escala: Razón

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de Análisis

Población: La población estuvo formada por diferentes tramos (Coordenadas: N:5.105006 E:80.164283; N:5.106387 E:80.163185; N:5.106155 E:80.163492) del río Yapatera de Chulucanas, proveniente de Morropón en Piura, donde se desemboca todas las aguas residuales de las viviendas.

Criterios de inclusión para la población:

- Área accesible del río para tomar la muestra de agua.
- Agua circulante visiblemente contaminada

Criterios de exclusión

- Área del río, inaccesible para tomar la muestra de agua
- Agua del río sin circulación, visiblemente no contaminada

Muestra: estuvo formado por 150 litros de agua residuales extraídas del río Yapatera de Chulucanas, proveniente de Morropón en Piura

Muestreo: fue probabilístico, donde se tomaron cada muestra de forma aleatoria del río.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica fue la observación directa, donde al construir el humedal artificial se implementará el monitoreo efluente de humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) utilizando lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), para determinar la eficiencia del tratamiento a las aguas residuales.

Entre los instrumentos utilizados tenemos la ficha que evalúa la caracterización del agua inicial, ficha de los resultados de depuración, un plano que ocasiona la construcción de humedales artificiales, un protocolo de monitoreo siguiendo la normativa del decreto N° 003-2010-MINAM.

Los instrumentos pasaron por un proceso de validez mediante jueces expertos en el tema.

3.5. Procedimientos

Para llegar al cumplimiento investigativo, se localizará el río Yapatera de Chulucanas, proveniente de Morropón en Piura, por siguiente, se verificaron los materiales que se dispondrán para la toma de muestra en aguas residuales. Se hará la toma de muestra de aguas residuales y se enviarán al laboratorio para conocer las concentraciones iniciales. En el campo se hizo un reconocimiento donde se construyeron los humedales artificiales, se realizó un diseño mediante AutoCAD, para su fácil construcción. Se instalarán los tanques de almacenamiento y se realizará una prueba hidráulica. Luego de ello, se volverá a tomar muestra de aguas, obtener información de ellas para su procesamiento e interpretación de información

3.6. Método de análisis de datos

Los datos obtenidos fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANOVA)

con un nivel de confianza de 95%, lo cual indicará si al menos un par de tratamientos estudiados con el diseño factorial presentan diferencias significativas. De haber diferencias se realizará una prueba de Tukey (HSD) para determinar la diferencia existente entre pares de tratamientos. Para realizar estos análisis con los datos obtenidos se utilizará el Software STATGRAPHICS Centurión XVI.I. También se consideró los ECA tercera categoría del decreto N° 003-2010-MINAM y el N° 004-2017-MINAM.

3.7. Aspectos éticos

La investigación seguirá el comité de ética de la UCV en su resolución RCU-N°-128-2023, que expresa la justicia, por existir respeto investigativo, se seguirán los protocolos del procedimiento; también se expresará la beneficencia, por brindar resultados consistentes sin alterar ni modificar resultados a conveniencia del estudio; seguido de la no maleficencia, donde se evitará ocasionar daños en el contexto de estudio. También se seguirán la normativa de citación y referencias ISO, sin incurrir al plagio.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua contaminada antes del tratamiento

En la tabla 2 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua proveniente del río Yapatera de Chulucanas, antes de su tratamiento con las humedades superficiales.

Tabla 2. *Parámetros fisicoquímicos del agua contaminada*

Parámetro	Resultado
Demandabioquímica de oxígeno	31,3 mg/L
Densidad	<1000 g/L
pH	7,16
Turbidez	19,92 NTU
Sólidos suspendidos totales	13,3mg/L
Demanda Química de oxígeno	70,76 mg/L

4.2. Parámetros fisicoquímicos del agua contaminada durante el tiempo de exposición de diferentes cantidades de lirio acuático.

4.2.1. Resultados del DBO

En la tabla 3 se muestran los resultados del contenido de DBO (ml/L) del agua contaminada adicionando diferentes cantidades de lirio acuático y a diferentes tiempos de contacto en los humedales artificiales.

Tabla 3. *Contenido de DBO (ml/L) para cada tratamiento*

Cantidad de lirio (plantas)	Tiempo de contacto (días)			
	0	7	15	24
40	31.3	18.2	14.6	21.8

60	32.4	16.3	14.4	22.1
80	30.2	17.1	14.9	24.5

En la figura 1 del gráfico de medias, se puede comprobar la no existencia de diferencia significativa en el contenido de DBO en el agua contaminada al adicionar diferentes cantidades de lirio.

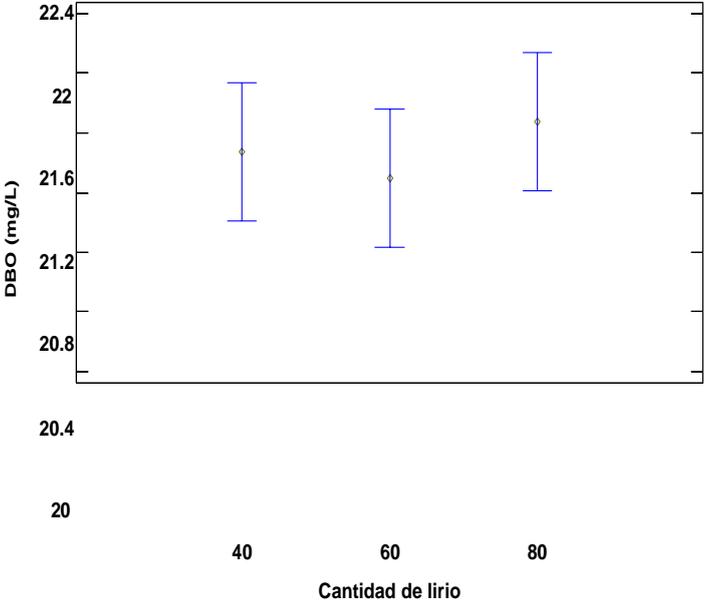
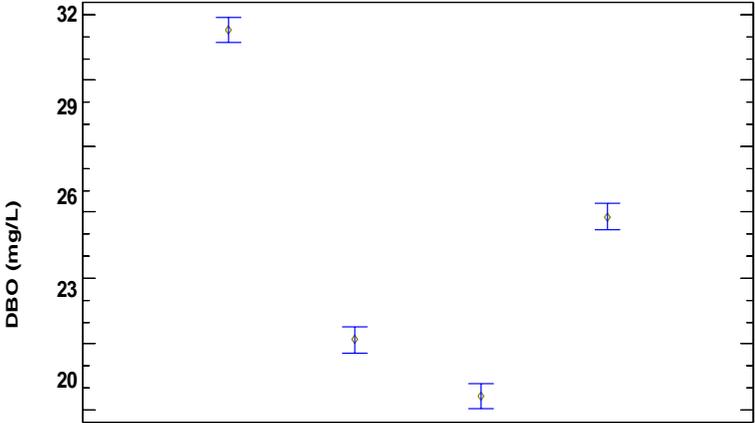


Figura 1. Contenido de DBO (mg/l) con las diferentes cantidades de lirio

En la figura 2 se puede observar que a medida que pasa el tiempo el contenido de DBO en al agua contaminada disminuye hasta el día 15. En el día 0 el contenido de DBO fue de 31.3 mg/L luego en el día 7 disminuyó a 17.2 mg/L y en el día 15 bajo hasta un 14.63 mg/L (Ver anexo I).



0 7 15 24
Tiempo de contacto (días)

Figura 2. Gráfico de medias del contenido de DBO (mg/L) durante los diferentes tiempos de contacto.

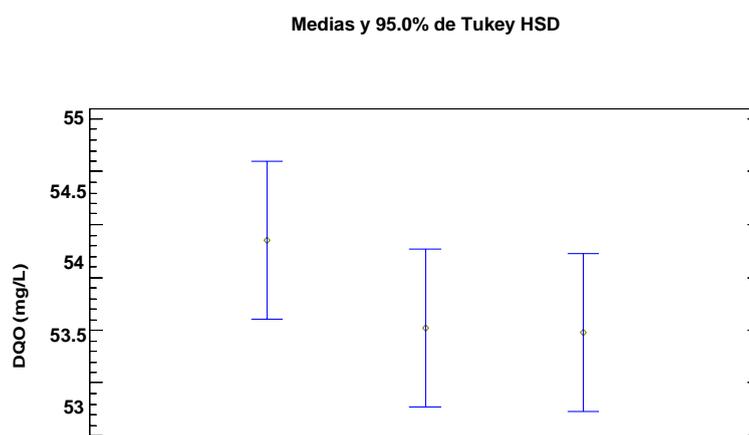
4.2.2. Resultados del DQO

En la tabla 4 se muestra los resultados del contenido de DQO (mg/L) del agua contaminada adicionando diferentes cantidades de lirio acuático y a diferentes tiempos de contacto en los humedales artificiales.

Tabla 4. Resultados del parámetro DQO (mg/L) por cada tratamiento

Cantidad de lirio	Tiempo de contacto			
	0	7	15	24
40	70.7	45.1	41.7	57.9
60	73.4	42.2	39.9	56.6
80	68.2	42.6	42.2	58.9

En la figura 3, se puede comprobar la no existencia de diferencia significativa en el contenido de DQO en el agua contaminada al adicionar diferentes cantidades de lirio.



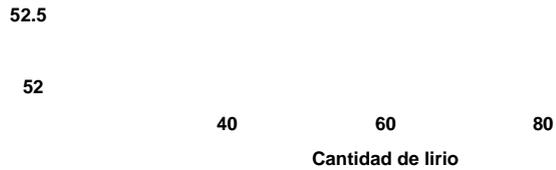


Figura 3. Gráfico de medias del contenido de DQO (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio.

En el gráfico 4 se puede observar que a medida que pasa el tiempo el contenido de DQO en el agua contaminada disminuye hasta el día 15. En el día 0 el contenido de DQO fue de 70.7 mg/L, luego en el día 7 disminuyó a 43.3 mg/L y en el día 15 bajó hasta un 41.2 mg/L (Ver anexo I).

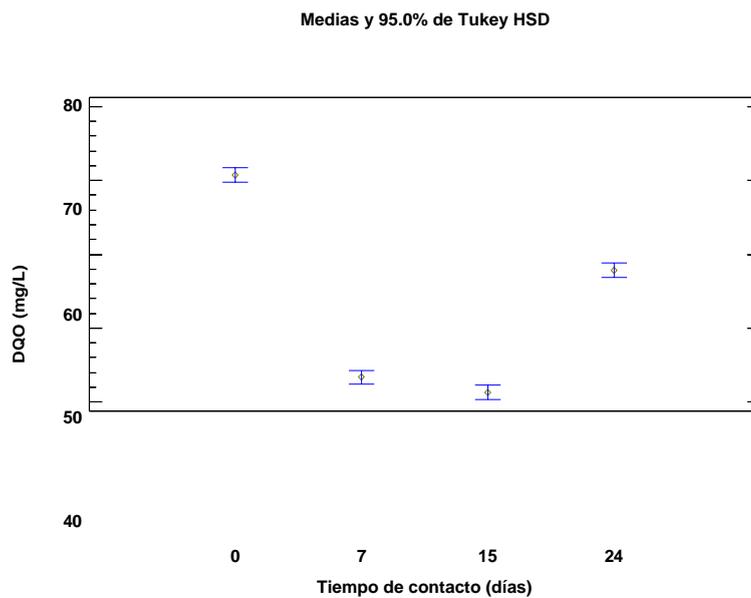


Figura 4. Gráfico de Medias del contenido de DQO (mg/L) durante los diferentes tiempos de contacto

4.2.3. Resultados de sólidos suspendidos totales (SST)

En la tabla 5 se muestran los resultados del contenido de sólidos suspendidos (mg/L) del agua contaminada adicionando diferentes cantidades de lirio acuático y a diferentes tiempos de contacto en los humedales artificiales.

Tabla 5. Resultados del contenido de sólidos suspendidos totales (mg/L) por cada tratamiento

Cantidad de lirio –	Tiempo de contacto			
	0	7	15	24
40	14	<5	<5	6.8
60	15.3	<5	<5	6
80	10.7	<5	<5	9.4

En la figura 5 del gráfico de medias, se puede comprobar la no existencia de diferencia significativa en el contenido de sólidos suspendidos en el agua contaminada al adicionar diferentes cantidades de lirio.

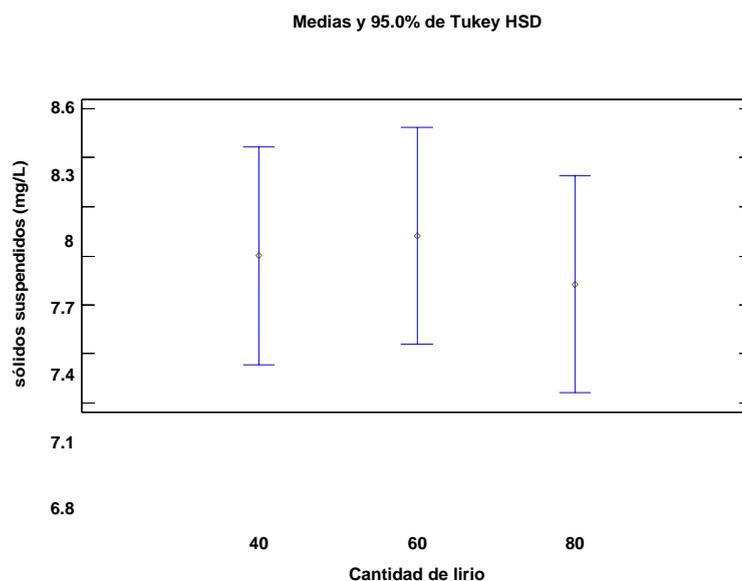


Figura 5. Gráfico de Medias del contenido de sólidos suspendidos (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio

En la figura 6 se puede observar que a medida que pasa el tiempo el contenido de sólidos suspendido en al agua contaminada disminuye hasta el día 15. En el día 0 el contenido de sólidos suspendidos fue de 13.3 mg/L luego en el día 7 disminuyó a <5 mg/L y en el día 15 se mantuvo en <5 mg/L (Ver anexo I).

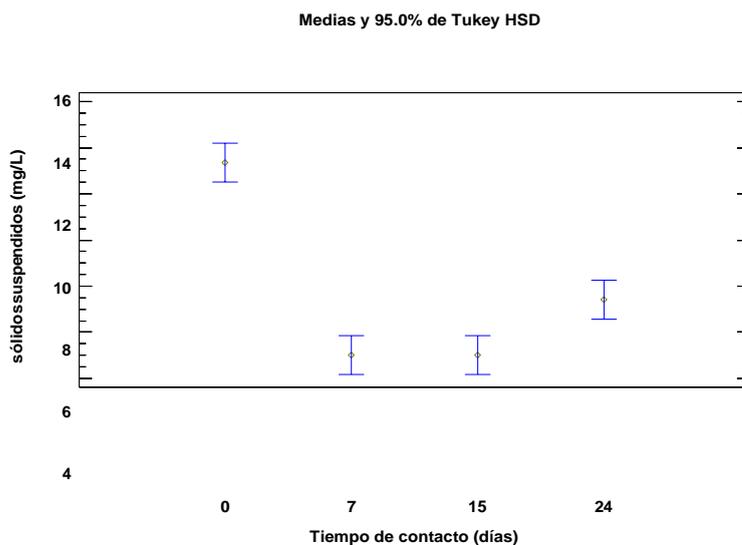


Figura 6. Gráfico de Medias del contenido de sólidos suspendidos (mg/L) durante los diferentes tiempos de contacto.

4.2.4. Resultados del pH

En la tabla 6 se muestran los resultados del pH del agua contaminada para cada tratamiento con las diferentes cantidades de lirio acuático durante los diferentes tiempos de contacto.

Tabla 6. Resultados del pH del por cada tratamiento

Cantidad de lirio —	Tiempo de contacto			
	0	7	15	24
40	7.2	7.94	7.79	7.86
60	7.14	7.86	7.93	7.95

80

7.14

7.96

8.2

7.96

En la figura 7 se puede observar que con el aumento de la cantidad de lirio es mayor el pH en al agua contaminada. Es decir, es mayor con la cantidad de 80 plantas de lirio acuático (pH de 7,8) (Ver anexo I).

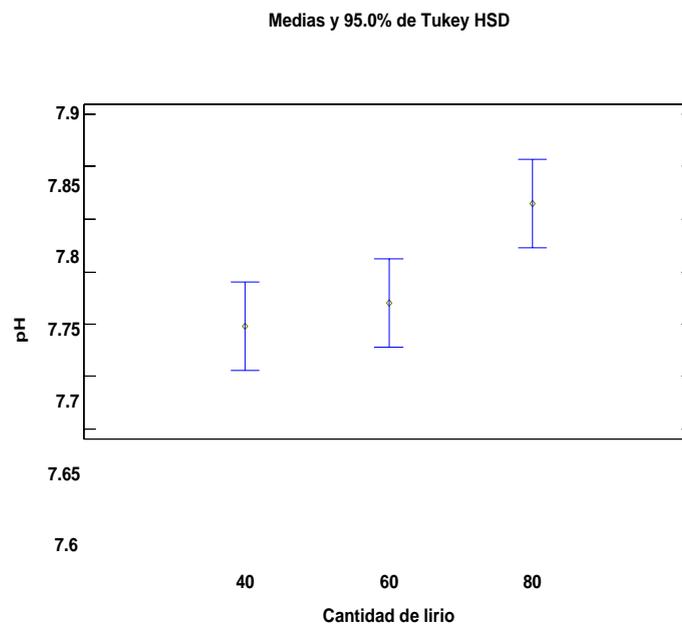


Figura 7. Gráfico de Medias del pH con las diferentes cantidades de lirio

En la figura 8 se puede observar que a medida que pasa el tiempo el pH enal agua contaminada aumenta. En el día 0 el pH fue de 7,16, aumentando hasta el día 24 a 7,9.

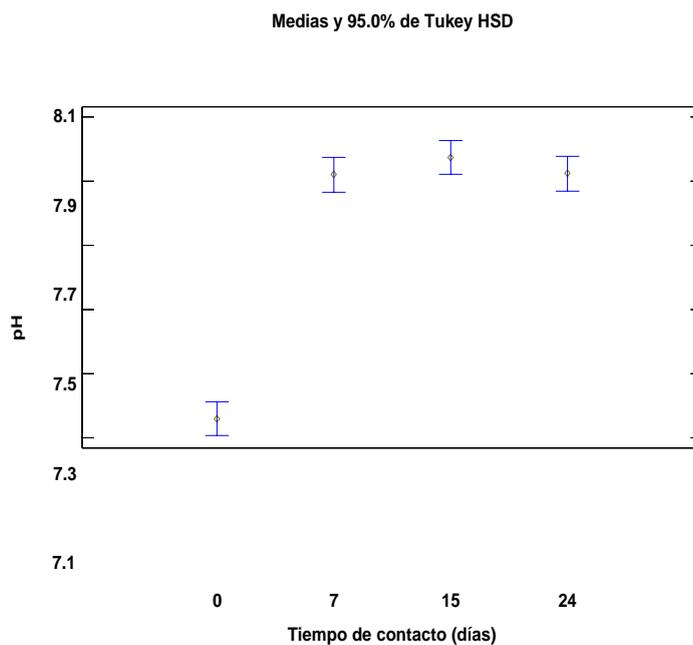


Figura 8. Gráfico de Medias del pH durante los diferentes tiempos de contacto

4.2.5. Resultados de turbidez

En la tabla 7 se muestran los resultados de la turbidez del agua contaminada para cada tratamiento adicionando diferentes cantidades de lirio acuático y a diferentes tiempos de contacto en los humedales artificiales.

Tabla 7. Resultados de la turbidez por cada tratamiento

Cantidad de <u>lirio</u>	<u>Tiempo de contacto</u>			
	0	7	15	24
40	9.36	1.26	0.9	2.69
60	25.8	1.21	1.15	5.73
80	24.6	1.74	1.54	1.66

En la figura 9 se puede observar que con el aumento de la cantidad de lirio es mayor la turbidez en al agua contaminada. Donde, este valor es menor con la cantidad de 40 lirios (3,5 NTU). (Ver anexo I).

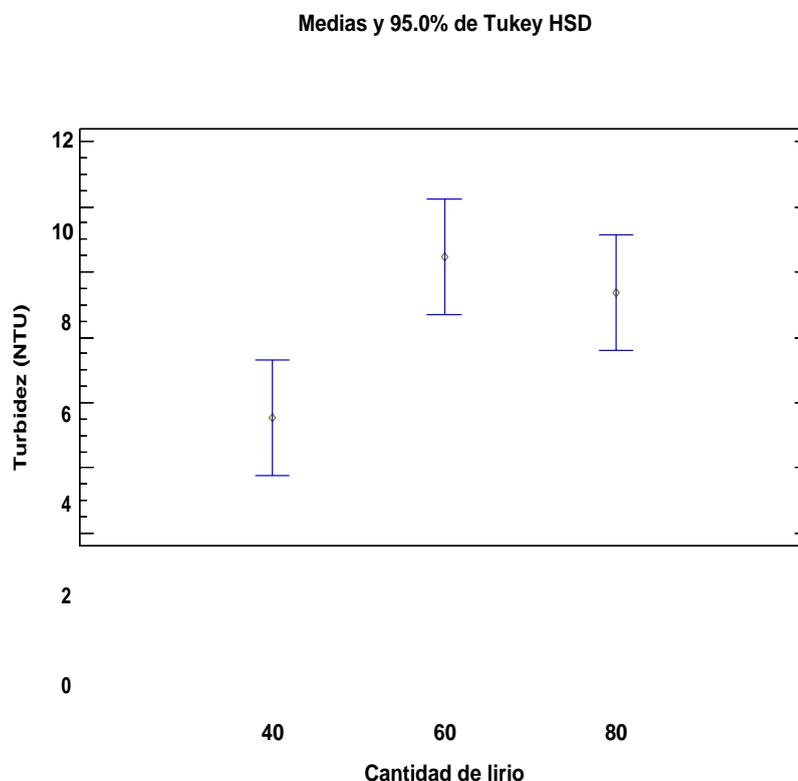
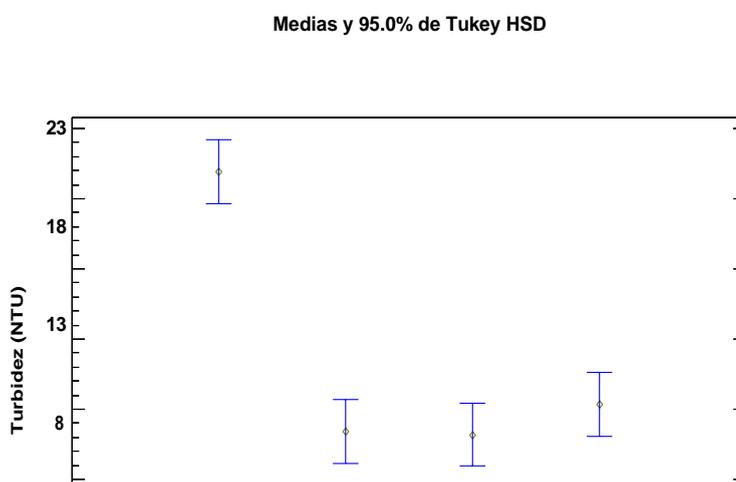


Figura 9. Gráfico de Medias de la Turbidez con las diferentes cantidades de lirio

En la figura 10 se puede observar que a medida que pasa el tiempo la turbidez en al agua contaminada disminuye hasta el día 15. En el día 0 la turbidez fue de 19,9 NTU, luego en el día 7 disminuyo a 1.4 NTU y en el día15 bajó hasta 1,19 NTU (Ver anexo I)



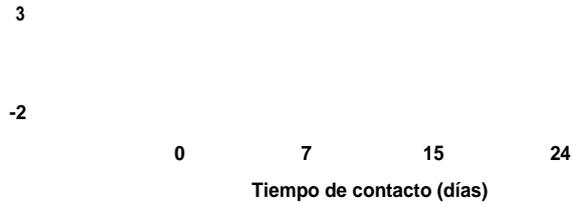


Figura 10. Gráfico de Medias de turbidez durante los diferentes tiempos de contacto

4.2.6. Resultados de densidad

En la tabla 8 se muestran los resultados de la densidad del agua contaminada para cada tratamiento con las diferentes cantidades de lirio acuático durante los diferentes tiempos de contacto. Como se puede observar la densidad fue $<100(g/L)$ en todos los tratamientos durante los diferentes tiempos de contacto.

Tabla 8. Resultados de la densidad (g/L) por cada tratamiento

Cantidad__ de lirio	<u>Tiempo de contacto</u>			
	0	7	15	24
40	<100	<100	<100	<100
60	<100	<100	<100	<100
80	<100	<100	<100	<100

4.3. Parámetros fisicoquímicos del agua después del tratamiento

En la tabla 9 se muestran los parámetros fisicoquímicos del agua del río Yaptera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas después del tratamiento con lirio acuático. Para ello se escogió la muestra de agua con el mejor tratamiento, o sea adicionando la cantidad de 40 lirios en los humedales artificiales hasta un tiempo de contacto de 15 días.

Tabla 9. *Parámetros fisicoquímicos del agua tratada*

Parámetro	Resultado
Demanda bioquímica de oxígeno	15,5 mg/L
Densidad	<100 g/L
pH	7,79
Turbidez	0,9 NTU

Sólidos suspendidos totales	<5 mg/L
Demanda Química de oxígeno	41,7 mg/L

Los parámetros fisicoquímicos, mostrados en la tabla 9, se encuentran por debajo de los valores establecidos por los DECRETO SUPREMO N° 003- 2010-MINAM, cuyos límites máximos permisibles son DBO (100 mg/L), DQO(200 mg/L), pH (6.5-8.5) y sólidos totales en suspensión 150 ml/L.

4.4. Prueba de Hipótesis

Del mismo modo las hipótesis de la presente investigación serán las siguientes:
Hipótesis general: La eficiencia del tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) utilizando lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), es significativa; asimismo las hipótesis específicas se establecieron:

Hipótesis específica 1:

HE1: Los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas antes del tratamiento con lirio acuático son contaminantes.

De acuerdo los resultados de la tabla 2 se pueden afirmar que los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas antes del tratamiento con lirio acuático se encuentran dentro del límite de los valores establecidos por los DECRETO SUPREMO N° 003- 2010-MINAM.

Hipótesis específica 2:

HE2: El tiempo de exposición y la cantidad del lirio acuático tiene influencia significativa en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domesticas provenientes del rio Yapatera Chulucanas durante su tratamiento con humedales artificiales.

Tabla 10. *Análisis de varianza para el contenido de DBO (ml/L)*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Cantidad de lirio	0.845	2	0.4225	0.50	0.6120
B: Tiempo de contacto(días)	1470.33	3	490.11	578.98	0.0000
RESIDUOS	25.395	30	0.8465		
TOTAL (CORREGIDO)	1496.57	35			

Según el análisis de varianza, la cual se muestra en la tabla 10, puesto que el valor-P es mayor que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el contenido de DBO al adicionar diferentes cantidades de lirio, con un nivel de significancia del 95.0%. Sin embargo, si existe diferencia significativa en el contenido de DBO durante los diferentes tiempos de contacto.

Tabla 11. Anova para DQO (mg/L) por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Cantidad de lirio	5.795	2	2.8975	1.31	0.2849
B: Tiempo de contacto(días)	5131.21	3	1710.4	773.18	0.0000
RESIDUOS	66.365	30	2.21217		
TOTAL	5203.37	35			

(CORREGIDO)

Según el análisis de varianza, la cual se muestra en la tabla 11, puesto que el valor-P es mayor que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el contenido de DQO al adicionar diferentes cantidades de lirio, con un nivel de significancia del 95.0%. Sin embargo, si existe diferencia significativa en el contenido de DBO durante los diferentes tiempos de contacto.

Tabla 12. Anova para sólidos suspendidos (mg/L) por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Cantidad de lirio	0.545	2	0.2725	0.16	0.8556
B: Tiempo de contacto(días)	417.63	3	139.21	80.07	0.0000
RESIDUOS	52.155	30	1.7385		
TOTAL (CORREGIDO)	470.33	35			

Según el análisis de varianza, la cual se muestra en la tabla 12, puesto que el valor-P es mayor que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el contenido de sólidos suspendidos al adicionar diferentes cantidades de lirio, con un nivel de significancia del 95.0%. Sin embargo, si existe diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles durante los diferentes tiempos de contacto.

Tabla 13. para el pH por cada tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Cantidad de lirio	0.09335	2	0.046675	6.69	0.0040
B: Tiempo de contacto(días)	4.11108	3	1.37036	196.28	0.0000
RESIDUOS	0.20945	30	0.00698167		
TOTAL (CORREGIDO)	4.41387	35			

Según el análisis de varianza, la cual se muestra en la tabla 13, puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa en pH al adicionar diferentes cantidades de lirio, con un nivel de significancia del 95.0%. De igual manera, existe diferencia significativa en el contenido de DBO durante los diferentes tiempos de contacto.

Para determinar que pares de tratamientos tienen diferencia significativa, en la tabla 14 se muestran los resultados de la prueba de Tukey, donde se puede observar que los pares de tratamientos con las diferentes cantidades de lirio que presentan diferencias significativas son: 40- 80 y 60-80.

Tabla 14. Prueba Tukey para el pH con las diferentes cantidades de lirio

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
40 – 60		-0.0225	0.0841144
40 – 80	*	-0.1175	0.0841144
60 – 80	*	-0.095	0.0841144

Tabla 15. Anova para turbidez por cada tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Cantidad de lirio	160.308	2	80.1542	6.47	0.0046
B: Tiempo de contacto(días)	2196.48	3	732.161	59.10	0.0000
RESIDUOS	371.668	30	12.3889		
TOTAL (CORREGIDO)	2728.46	35			

Según el análisis de varianza, la cual se muestra en la tabla 15, puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa en la turbidez al adicionar diferentes cantidades de lirio, con un nivel de significancia del 95.0%. De igual manera, existe diferencia significativa en el contenido de DBO durante los diferentes tiempos de contacto.

En la tabla 16 se muestran los resultados de la prueba de Tukey, donde se puede observar que los pares de tratamientos con las diferentes cantidades de lirio que presentan diferencias significativas fueron: 40-60 y 40-80.

Tabla 16. Prueba Tukey para turbidez con las diferentes cantidades de lirio

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
40 – 60	*	-4.92	3.5433
40 – 80	*	-3.8325	3.5433
60 – 80		1.0875	3.5433

Según los resultados de la tabla 8, no hubo diferencia estadísticamente

significativa en la densidad del agua al adicionar diferentes cantidades de lirio y los diferentes tiempos de contacto, ya que en todos tuvieron el mismo valor (<100 g/L).

HE3: Los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas después del tratamiento con lirio acuático no son contaminantes.

De acuerdo los resultados de la tabla 9 se pueden afirmar que los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas después del tratamiento con lirio acuático se encuentran por debajo de los valores establecidos por los DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.

V. DISCUSIÓN

Se obtuvo que los parámetros fisicoquímicos del agua antes del tratamiento tenían una demanda bioquímica de oxígeno de 31,3 mg/L, una densidad <1000 g/L, pH de 7,16, turbidez de 19,92 NTU, sólidos suspendidos totales 13,3mg/L y demanda química de oxígeno de 70,76 mg/L. Este resultado es menor a lo encontrado por Mejía (2017), el cual en control en agua residuales un mayor índice de contaminación, donde la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) fue de 345 mg/L, la demanda química de oxígeno (DQO) de 350 mg/L y el pH de 8.75 (p.50).

También, Kumari y Tripathi (2014) obtuvieron un mayor índice de contaminación, donde la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) fue de 154,5 mg/L y la demanda química de oxígeno (DQO) de 309mg/L en aguas residuales (p.25). De la misma forma, Chang y Huamán (2019) difieren con estos resultados, donde la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) fue De 125 mg/L y la demanda química de oxígeno (DQO) de 211 mg/L en aguas residuales, sólidos disueltos suspendidos totales de 20 mg/L y un menor pH de 6,3 (p.122).

Luego de presentar los parámetros fisicoquímicos del agua contaminada durante el tiempo de exposición de diferentes cantidades de lirio acuático, los resultados encontrados sobre el contenido de DBO del agua contaminada, difieren por lo encontrado por Umasi (2019), donde se encontró que con la macrofitas *Hydrocotyle vulgaris* (sombrero de agua) en el tratamiento de aguas residuales no presenta variación en el tiempo, es decir mantiene su nivel de remoción de materia orgánica (DBO) (p. 98). Asimismo, Romero y Tanaí (2023) con la aplicación de las especies *Medicago sativa* y *Zantedeschia aethiopica* encontraron que el contenido de materia orgánica (DBO) disminuye hasta los 15 días de retención hidráulica, sin embargo, el factor tiempo no tuvo efecto significativo (p.36).

Por otra parte, los resultados del contenido de DQO (mg/L), concuerdan con lo reportado por, Diaz y Güissa (2018), donde al aplicar la especie *Schoenoplectus californicus*, en un periodo de 15 días de retención hidráulica permite la remoción de DQO, es decir a medida que pasa el tiempo el contenido de DQO disminuye (p.80). Sin embargo, Umasi (2019) difiere con ello, ya encontró que con la macrofitas *Hydrocotyle vulgaris*(sombrero de agua) en el tratamiento de aguas residuales no presenta variación en el tiempo, es decir mantiene su nivel de remoción de

materia orgánica (DQO) (p.99).

Mientras que los hallazgos de la evaluación de sólidos suspendidos (mg/L) difieren por lo encontrado por Umasi (2019), quien encontró que con la macrofita *Hydrocotyle vulgaris* (sombrero de agua) en el tratamiento de aguas residuales, el contenido de sólidos suspendidos totales no presenta variación debido al factor tiempo (p.99). También, Romero y Tanaí (2023) con la aplicación de las especies *Medicago sativa* y *Zantedeschia aethiopica* encontraron que el contenido de sólidos suspendidos disminuye hasta los 15 días de retención hidráulica, sin embargo, el factor tiempo no tuvo efecto significativo (p.88). Yáñez (2018) menciona que con el paso del tiempo se produce la acumulación de sólidos en suspensión ocasionando la saturación del humedal, es decir, disminuye el volumen de poro activo y, en consecuencia, la conductividad hidráulica del medio y su capacidad filtrante. Esto coincide con los resultados, ya que en el transcurso del tiempo como se observa en la figura 6, donde el contenido de sólidos suspendido disminuyó hasta los 15 días, a partir del cual se produce un incremento a los 24 días (p. 48).

VI. CONCLUSIONES

- Se evaluó la eficiencia del tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) utilizando lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), determinado que la eficiencia del tratamiento fue significativa, ya que permitió reducir en contenido de contaminantes de las aguas del río Yapatera Chulucanas. El porcentaje de remoción para DBQ fue de 53.67% y para DQO 41,06% y los sólidos suspendidos totales de 13,3 mg/L a <5 mg/L.
- Se determinó los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas residuales domésticas antes del tratamiento con lirio acuático, cuyos parámetros fisicoquímicos fueron: DBO: 31,3 mg/L, densidad: <1000 g/L, pH: 7,16, turbidez 19,92, sólidos suspendidos totales 13,3, mg/L, DQO: 70,76 mg/L.
- Se analizó las características fisicoquímicas en el sistema de tratamiento del río Yapatera Chulucanas contaminado por aguas domésticas, durante el tiempo de exposición de diferentes cantidades de lirio acuático. No se encontró diferencias significativas en el contenido de DBQ, DBQ y sólidos suspendidos totales con las diferentes cantidades de lirio. Además, se observó que a medida que pasa el tiempo el contenido de DBO, DQO y sólidos suspendidos totales en al agua contaminada disminuye hasta el día 15. El contenido de DBO en el día 15 fue de 14.63 mg/L; el contenido de DQO de 41.2 mg/L y el contenido de sólidos suspendidos totales de <5 mg/L. Respecto al parámetro de Turbidez se observó que con el aumento de la cantidad de lirio fue mayor la turbidez, siendo menor con la cantidad de 40 lirios (3,5 NTU). Se observó que a medida que pasa el tiempo la turbidez en al agua contaminada disminuye hasta el día 15, alcanzando hasta 1,19 NTU. Respecto al pH se pudo observar que con el aumento de la cantidad de lirio es mayor el pH en al agua contaminada, siendo mayor para la cantidad de 80 lirios (pH de 7,8); también se observó que a medida que pasa el tiempo el pH en al agua contaminada aumenta, alcanzando en el día 24 un pH de 7,9. Respecto al parámetro densidad, este valor fue igual para todos los tratamientos de: <100 g/L.
- Se determinó los parámetros fisicoquímicos del río Yapatera Chulucanas

contaminado por aguas residuales domésticas después del tratamiento con lirio acuático. El mejor tratamiento fue con la cantidad de 40 lirios en los humedales artificiales y tiempo de contacto de 15 días, ya que se obtuvo un menor contenido de DBQ de 14,5 mg/L, menor DQO de 41,7 mg/L, menor turbidez (0.9 NTU) y menor sólidos suspendidos totales (<5 mg/L) y los valores de pH (7,79) y densidad (<100 g/L).

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para la buena conservación del humedal superficial eliminar, plantas invasoras, basura, vegetación leñosa y escombros cerca de las estructuras.
- Inspeccionar las entradas y salidas para prevenir cualquier daño u obstrucción del humedal superficial.
- Se recomienda realizar la investigación combinando especies vegetales u otros tratamientos primarios que favorezcan al eficiente tratamiento de aguas residuales.
- Tender en cuenta las condiciones del clima, respecto al periodo de mayores precipitaciones, para evitar la saturación del humedal y no afecte su correcto funcionamiento.
- Realizar la investigación con la variación de la cantidad de plantas utilizando otras especies vegetales y respecto a un área específica.

REFERENCIAS

- ALAZAIZA, Motasem, et al. 2023. Sewage Water Treatment Using *Chlorella Vulgaris* Microalgae for Simultaneous Nutrient Separation and Biomass Production. *Separations* [en línea]. 2023, vol. 10, no. 4. [Consultado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2297-8739/10/4/229>
- APEZTEGUÍA, Joel y RECALDE, Liliana. 2019. Manejo de aguas residuales domiciliarias urbanas del Municipio de San Estanislao, Departamento de San Pedro, Paraguay. *Revista Arandu Poty* [en línea]. Marzo 2023, no. 1. [Consultado el 18 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.revistarandupoty.com/index.php/AranduPoty/article/view/44>
- ATARIGUANA, Paola y URVINA, Dayanna. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales para el Recinto Fátima en el cantón San Fernando. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2020. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35630>
- BELEÑO, Kelvin, et al. 2022. Tratamiento de Aguas Residuales en la Industria Metalúrgica. *Journal of Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications* [en línea]. Marzo 2022, no. 1. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/CESTA/article/view/3365/4011> Indicadores de calidad físico-química de las aguas residuales del estado de
- BERGER, Madeline, CANTY, Steven W.J., TUHOLSKE, Cascade, HALPERN, Benjamin S. 2022. Sources and discharge of nitrogen pollution from agriculture and wastewater in the Mesoamerican Reef region. *Ocean & Coastal Management* [en línea], vol. 227. ISSN 0964-5691. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106269>.
- CAMACHO, Adriana, et al. 2020. Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana* [en línea]. Febrero 2020, no. 2. [Consultado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v38n2/2395-8030-tl-38-02-361.pdf>
- CAO, Jiashun, et al. 2020. Correlations of nitrogen removal and core functional genera in full-scale wastewater treatment plants: Influences of different treatment processes

- and influent characteristics. *Bioresource Technology* [en línea]. Febrero 2020, no. 297. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241931685>
- CASTAÑEDA, Aldo. 2022. Experiencias en la utilización de humedales artificiales para el saneamiento de aguas residuales domésticas en poblaciones rurales. *Revista Ambiens Techné et Scientia México* [en línea]. Junio 2022, no. 10. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://atsmexico.org/atsm/article/view/125/93>
- CHANG, Karina y HUAMÁN, Carmen. Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante las macrófitas Eichhornia Crassipes y Pistia Stratiotes, plantas típicas de la Selva Peruana. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3230>
- CELI, Keki, et al. 2021. Nitrógeno amoniacal en aguas residuales domésticas utilizando sedimentador primario con diferentes condiciones hidráulicas. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar* [en línea]. Julio 2021, no. 4. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.621
- CORREA, Sandra, et al. 2023. Eficiencia de la aplicación de Chrysopogon zizanioides en un sistema de agua residual doméstica rural con pretratamiento de pozo séptico. *Información tecnológica* [en línea]. Octubre 2023, no. 5. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9164245>
- CUSICHE, Leoncio y MIRANDA, Gloria. 2019. Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín'. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [en línea]. Setiembre 2019, no. 6. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n6/2007-0934-remexca-10-06-1433.pdf>
- DAMIAN, Lisbethyul y MANCHA, Estéfani. Efecto del humedal artificial Waylla Ichu (calamagrostis rigida). en el tratamiento de aguas servidas del barrio de Santa

- Ana-Huancavelica – 2021. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74446>
- DÍAZ, Juleissi y GÜISSA, María. Parámetros cinéticos de fitobiorreactores para la depuración de aguas residuales domésticas con *schoenoplectus Californicus* (totora) – distrito Cajamarca. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos). Cajamarca: Universidad Privada Antonio GuillermoUrrelo, 2018. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/731>
- EL-WAKIL, Ahmad, et al. 2020. Triazine-Based Functionalized Activated Carbon Prepared from Water Hyacinth for the Removal of Hg²⁺, Pb²⁺, and Cd²⁺ Ions from Water. ACS Omega [en línea]. Febrero 2020, no. 7. [Consultado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acsomega.1c06441>
- ESCAJADILLO, Franklin. Revisión Sistemática: Tipos de Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Grises. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68994>
- FERNANDEZ, Moraima y GUARDADO, Rafael. 2021. Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología* [en línea]. Marzo 2021, no. 1. [Consultado el 14 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v37n1/1993-8012-mg-37-01-105.pdf>
- GALINDO, Alberto, et al. 2018. Mitigación y adaptación al cambio climático mediante la implementación de modelos integrados para el manejo y aprovechamiento de los residuos pecuarios. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* [en línea]. Julio 2018, no. 11. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4697>

- GUIJARRO, Violeta. Evaluación de la diseminación de genes de resistencia a antibióticos en muestras de aguas superficiales, sedimentos de río y canales de agua de riego en cinco provincias del Ecuador. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Bioquímica). Ambato: Universidad técnica de Ambato, 2019. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30544>
- HAYYAT, Muhammad, et al. 2023. Evaluating the Phytoremediation Potential of *Eichhornia crassipes* for the Removal of Cr and Li from Synthetic Polluted Water. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea]. Febrero 2023, no. 4. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/4/3512#metrics>
- HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA. 2018. Christian. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: Editorial Mc Graw Hill Education. 714 pp. ISBN: 978-1-4562-6096-5
- IQBAL, Jamshaid, JAVED, Atif y BAIG, Muhammad. 2019. Growth and nutrient removal efficiency of duckweed (*Lemna minor*) from synthetic and dumpsite leachate under artificial and natural conditions. *PloS One* [en línea]. Agosto 2019, no. 14. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221755>
- INCIO, Paola y QUINTEROS, Brandon. Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63725>
- IBANA, Karla, et al. 2021. Contaminación de agua superficial de la periferia urbana de Puerto Maldonado, al sureste de la amazonia peruana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* [en línea]. Octubre 2021, no. 6. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v32n6/1609-9117-rivep-32-06-e20365.pdf>
- JAYA, Jacob et al. 2018. Biological approaches to tackle heavy metal pollution: A survey of literature. *Journal of Environmental Management* [en línea]. Julio

2018, no. 217. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479718303104>

JAIMES, Juliana y VERA, Javier. 2020. Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización. *Informador Técnico* [en línea]. Febrero 2020, no. 2. [Consultado el 18 de noviembre de 2023]. Disponible en:
<http://doi.org/10.23850/22565035.2305>

KUMARI, Menka y TRIPATHI, Brahma. 2014. Effect of aeration and mixed culture of *Eichhornia crassipes* and *Salvinia natans* on removal of wastewater pollutants. *Ecological Engineering* [en línea]. Febrero 2014. [Consultado el 14 de noviembre de 2023]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.10.007>

LAMARO, Anabel et al. 2019. Distribución de la diatomea invasora *Didymosphenia geminata* (*Bacillariophyceae*) en cuerpos de agua patagónicos de Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* [en línea]. Junio 2019, no. 2. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v54n2/v54n2a02.pdf>

MAGAÑA, Anel y LÓPEZ, Gaspar. 2023. Domestic wastewater treated with *Sagittaria latifolia* in constructed wetlands. *DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín* [en línea]. Junio 2023, no. 226. [Consultado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8964719>

MALPARTIDA Campos, Analy. Remoción de contaminantes orgánicos en efluentes provenientes de los camales. Tesis (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Científica del Sur, 2020. Disponible en:
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1376>.

MEJÍA, Sandy. Eficiencia de la macrofita flotante *Eichhornia crassipes* en un

humedal artificial para mejorar la calidad del agua residual. Tesis (Licenciatura de Ingeniería Ambiental). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/32294>

MEZA, Ruth et al. 2022. Percepción Social de la Calidad del Agua y la Expansión Territorial de la Minería en Ollachea, Puno, Perú. Comuni@cción: *Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo* [en línea]. Marzo 2022, no. 1. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.33595/2226-1478.13.1.580>

MORENO, Ameyali, ÁLVAREZ, Gustavo y OROZCO, María. 2021. Heterogeneidad ambiental y alteraciones antrópicas en comunidades de manglar en el pacífico sur de México. *Revista de Ciencias Ambientales* [en línea]. Junio 2021, no. 1. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.15359/rca.55-1.4>

MATOVELLE, Carlos, QUINTEROS, María y OCHOA-GARCÍA, Santiago Aurelio. Performance of *Equisetum* spp. and *Zantedeschia aethiopica* on the evaluation of artificial wetlands as an alternative for wastewater treatment in rural areas of the Ecuadorian Andes. *Current Research in Environmental Sustainability*[en Línea]. Enero-febrero. 2024, vol. 7. [Consultado el 24 de abril de 2024]. ISSN 2666-0490. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2024.100243>

MASIAS, Wladimiro, QUISPE, Luis Jerson y RAMOS, Ronald Angel. Propuesta y análisis de diseño de Defensas ribereñas en el río Yapatera del Distrito de Chulucanas – Piura. Tesis [Título de Ingeniero Civil]. Lima: Universidad de San Ignacio de Loyola, 2021. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8d3bdb67-bdde-48a0-af34-b33a20b16ea7/content>

NUR, Abdul, et al. Fitorremediación de SST, NH₃-N y DQO de aguas residuales mediante *Lemna minor* L., *Salvinia mínima*, *Ipomea acuática* y *Centella*

asiática. *Applied Sciences* [en línea]. Agosto 2020, no. 10. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/16/5397>

ÑAUPAS, Humberto, et al. 2018. Metodología de la investigación. Cualitativa - cuantitativa y redacción de la tesis. Bogotá: Ediciones de la U. 562 pp. ISBN 978-958-762-876-0

OSORIO, Miguel et al. 2021. La calidad de las aguas residuales domésticas. Polo del Conocimiento: *Revista científico-profesional* [en línea]. Marzo 2021, no. 3. [Consultado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>

PÁRRAGA, Sofía y RODRÍGUEZ, Julieth. Diseño de un humedal artificial como una alternativa no convencional para el tratamiento de aguas residuales en la Ptar Salitre. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/30420>

PÉREZ, Yvelisse, GARCÍA, Daniel y JAUREGUI, Ulises. 2022. Humedales construidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión. *Ecosistemas: Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente* [en línea]. Abril 2022, no. 1. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2279>

QUEVEDO, Ariel Winston. Diseño y construcción de humedal artificial para la recuperación de aguas residuales en la población de alcalá. *Rev. Cien. Tec. In.* [online]. 2021, vol.19, n.24 [citado 2024-04-24], pp.133-148. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872021000200009&lng=es&nrm=iso. ISSN 2225-8787

RODRÍGUEZ, Ivan. Evaluación del Estado Ambiental del Recurso Agua y Suelo de

la Laguna de Acuitlapilco. Tesis (Maestría en Ciencias Ambientales). Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/4638>

ROMERO, Andrea y TANAI, Ingrid. Evaluación de la calidad de agua mediante el tratamiento con humedales artificiales de flujo subsuperficial en Cotacachi, Imbabura. Tesis (Licenciatura en Ingeniería de Recursos naturales renovables). Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2023. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13512>

RODRÍGUEZ, Jessica Wendolin, CERVANTES, Francisco, ARÁMBULA, Gerónimo, MARISCAL, Luis Antonio, AGUIRRE, César Leobardo y ANDRIO, Enrique. 2021. Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*): una revisión. *Agronomía Mesoamericana*, [en línea], vol. 33, no. 1. [Consultado el 24 abril 2024]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/44201>

RUBIO, Jorge y MONTENEGRO, Alexis. Humedal Artificial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la 3ra Brigada de Fuerzas Especiales, batallón de servicios N° 300, Distrito de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Sanitaria). Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2018. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2970>

SHUKLA, Amol et al. 2021. A review on effective design processes of constructed wetlands. *International Journal of Environmental Science and Technology* [en línea]. Julio 2021, no. 19. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-021-03549-y>

SUN, Yanan et al. 2021. Evaluation of Wastewater Pollution and Treatment Efficiencies in China During Urbanization Based on Dynamic Exogenous Variable Data Envelopment Analysis. *Frontiers in Environmental Science* [en línea]. Febrero 2021, no. 9. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.585718/full>

TOLEDO, Guillermo, GARGAGLIONE, Verónica y PERI, Pablo. 2019. Abundancia

de carbono en microorganismos en suelos de estepa de Santa Cruz. Su alteración en función a la disponibilidad de humedad. *Informe Científico Técnico UNPA* [en línea]. Julio 2019, no. 2. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7351393>

TUHOLSKE, Cascada, HALPERN, Benjamín S., BLASCO, Gordon, VILLASEÑOR, Juan Carlos, FRAZIER, Melanie y CAYLOR, Kelly. 2021. Mapeo de los aportes e impactos globales de las aguas residuales humanas en los ecosistemas costeros. *Plos One*, [en línea], vol. 16, no. 11: e0258898. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258898>

UMASI, Elizabeth. Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales de flujo subsuperficial y flujo superficial con dos especies fitodepuradoras para la remoción de material orgánica de las aguas residuales domésticas - Juliaca, 2018. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Juliaca: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/5142>

VARGAS, Adriana et al. 2020. Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* [en línea]. Enero 2020, no. 2. [Consultado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v28n2/0718-3305-ingeniare-28-02-315.pdf>

VELAZQUEZ, Leticia. 2023. Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas* [en línea]. Junio 2023, n° 25. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v25/1405-888X-tip-25-e482.pdf>

VILLAVICENCIO, Maria Mercedes. Tratamiento de aguas residuales del distrito de Pimentel para su aprovechamiento en el riego de Áreas verdes. Tesis [Título

de Ingeniero Industrial]. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo,2021. Disponible en: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5781/1/TL_VillavicencioFuentesMariaMariana.pdf

WEAR, Stephanie et al. 2021. Sewage pollution, declining ecosystem health, and cross-sector collaboration. *Biological Conservation* [En línea]. Marzo 2021, n° 255. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320721000628>

YÁÑEZ, Sandra. Influencia del pH en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en humedales construidos de flujo vertical. Tesis (Grado en Química). Coruña: Universidad de Coruña,2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2183/20315>

ZHAO, Changqing y CHEN, Wuyong. 2019. A review for tannery wastewater treatment: some thoughts under stricter discharge requirements. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. Setiembre 2019, no. 25. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31280442/>

ANEXOS

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<p>Variable dependiente:</p> <p>Tratamiento de aguas residuales</p>	<p>Vargas et al. (2020.) refiere que las aguas residuales surgen por acciones de las personas respecto a uso del líquido natural, sea por consumo doméstico, industrial, entre otros; afectando y poniendo en peligro al medio ambiente.</p>	<p>El tratamiento de aguas residuales se observa a través de las características fisicoquímicas: DQO, DBO, Solidos suspendidos totales, pH, turbidez, densidad</p>	<p>Características fisicoquímicas</p>	<p>DQO DBO Solidos suspendidos totales pH turbidez Densidad</p>	<p>Razón</p>
<p>Variable independiente:</p> <p>Humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS) con lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>).</p>	<p>Se ha demostrado que los procedimientos humedales artificiales son tecnologías sostenibles, respetuosas con el medio ambiente y de bajo costo en comparación con muchas otras tecnologías de tratamiento de aguas sobrantes, ya que el procedimiento está diseñado para imitar los procesos de tratamiento natural en un entorno controlado con las ventajas de un uso bajo o nulo de energía (Waly et al., 2022).</p>	<p>Presenta mecanismos de eliminación de contaminantes, que incluye procesos físicos, y bioquímicos para eliminar la materia orgánica</p> <p>Las humedades artificiales de flujo libre superficial (FLS) con lirio acuático se evalúa experimentando diferentes cantidades de la planta y diferentes tiempos para el control de las características fisicoquímicas del agua residual que se busca tratar.</p>	<p>Cantidad de lirio acuático</p> <p>Tiempo de contacto del lirio con el agua residual</p>	<p>Gramos (g)</p> <p>Días</p>	<p>Razón</p>

INSTRUMENTO VALIDADO

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										1 2 3									
Datos del cliente Razon Social: <i>Keye Juan Carlos Garcia</i> Persona de contacto: <i>Keye Juan Carlos</i> Nombre de proyecto: <i>Tratamiento de Aguas Residuales</i>												Orden de servicio: <i>05 2023 - 4945 - 40 P20 J 01</i> Plan de Muestreo: <i>CC: 23-6584</i> Informe de ensayo: <i>23-22069</i> Procedencia o lugar de muestreo: <i>Piura</i>									
Presente: H₂SO₄																					
N°	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PH	Temperatura	pH	OD	SST	DBO	PARAMETRO BITU				OBSERVACIONES		
				Grupo	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V							P	T° Mue (°C)	pH Medido	CE (µmhos/cm)		OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)
1	AR-01	68907	06/10/23 H 4.5 PM	AR	Municipal	H 5 207389 E 70 644654	-	05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	AR-02	68908	06/10/23 H 7 20 PM	AR	Municipal	H 5 207424 E 70 644724	-	05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	AR-03	68909	06/10/23 H 4 25 PM	AR	Municipal	H 5 207424 E 70 644724	-	05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4			F			H															
5			H			E															
6			F			H															
7			H			E															
8			F			H															
			H			E															

Descripción de equipos utilizados:

N°	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Leyenda

F. Fecha	H. Hora	V. Vidrio	T° Mue. Temperatura de muestra	CE. Conductividad Eléctrica
H. Hora	E. Este	P. Plástico	T° Amb. Temperatura ambiente	OD. Oxígeno Disuelto

Clasificación de la Matriz Agua, Ref. NTP 214.042

Clase	Definición
AA. Agua ambiente	Superficie, Río, Laguna, Laguna, Embalse, Tercera, Tercera
AB. Agua Tratar	COMUNICACION INDUSTRIAL, RESIDUAL
AC. Agua potable y Consumo humano	PIURA Y LAGUNA ATIPALCA, BARRIO PUEBLO NUEVO, BARRIO
AD. Agua dulce	QUE SE CONSUME DIRECTAMENTE PARA BEBIDA Y REFRIGERACION
AE. Agua de proceso	"DIRECCION DISTRIBUCION" TUBO DE CALIENTE, 4.5 MTS/ 10.0 MTS DE CALIENTE, 4.5 MTS/ 10.0 MTS DE CALIENTE, 4.5 MTS/ 10.0 MTS DE CALIENTE

Muestreado por: *Keye Juan Carlos Garcia* **Cliente:** *Keye Juan Carlos Garcia*

Fecha: *06/10/2023* **Fecha:** *06/10/2023*

Firma: *[Firma]* **Firma:** *[Firma]*



Prologación Zaruma M-00113 Asociación Civil Andes Cerros Sillaboa Celos Lima
Web: www.alab.com.pe E-mail: gpa@alab.com.pe - RUC: 206064961 - T: (01) 423 080 - (01) 2 19048 Cel: 98299288 - 8226448

Escaneado con CamScanner

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20805

N° Id.: 0000000070

III MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾	SMDWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day 500 Test
Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾	SMDWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Densidad de Líquidos ⁽²⁾	Manual de Técnicas de Laboratorio Químico (Editorial Universidad de Antioquia).	Determinación de la Densidad por el Método de la Probeta
pH ⁽¹⁾	SMDWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023	pH Value Electronic Method
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMDWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. 2023	Solids, Total Suspended Solids Ored at 103-105°C
Turbidez ⁽¹⁾	SMDWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. 2023	Turbidity, Nephelometric Method

⁽¹⁾SMDWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽²⁾APHA: American Public Health Association

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado.

Pág 2 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalcá N° 1877,
Barrivilla - Callao
Tel.: (+01) 713 0766
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Tel.: (+01) 713 0636
Cel.: 907 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Tel.: (+054) 616 843
Cel.: 932 846 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Costilla - Piura
Tel.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20805

IV. RESULTADOS

N° Id.: 000008970

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-94571	M-23-94572	M-23-94573			
CÓDIGO DEL CLIENTE	AR-01	AR-02	AR-03			
COORDENADAS	80.164283	80.160185	80.160492			
UTM WGS 84	5.105006	5.106307	5.106155			
PRODUCTO	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO	Agua Residual Municipal	Agua Residual Municipal	Agua Residual Municipal			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO	26-06-2023 07:00	26-06-2023 07:05	26-06-2023 07:10			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	31,3	32,4	30,2
Densidad de Líquidos (**)	g/mL	NA	1,000	+1,000	+1,000	+1,000
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	7,20	7,14	7,14
Turbidez (*)	NTU	NA	0,01	2,36	25,90	24,90
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	14,0	15,3	10,7
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	70,7	73,4	66,2

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, */* Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, */* Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo II. Tablas de medias de los parámetros fisicoquímicos

Tabla 17. Resultados de medias del contenido de DBO (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contacto

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	36	21.4833			
Cantidad de lirio					
40	12	21.475	0.265597	20.9326	22.0174
60	12	21.3	0.265597	20.7576	21.8424
80	12	21.675	0.265597	21.1326	22.2174
Tiempo de contacto (días)					
0	9	31.3	0.306685	30.6737	31.9263
7	9	17.2	0.306685	16.5737	17.8263
15	9	14.6333	0.306685	14.007	15.2597
24	9	22.8	0.306685	22.1737	23.4263

Tabla 18. Resultados de medias del contenido de DQO (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contacto

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Est.</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
MEDIA GLOBAL	36	53.2833			
Cantidad de lirio					
40	12	53.85	0.429357	52.9731	54.7269
60	12	53.025	0.429357	52.1481	53.9019
80	12	52.975	0.429357	52.0981	53.8519
Tiempo de contacto (días)					
0	9	70.7667	0.495778	69.7541	71.7792
7	9	43.3	0.495778	42.2875	44.3125
15	9	41.2667	0.495778	40.2541	42.2792
24	9	57.8	0.495778	56.7875	58.8125

Tabla 19. Resultados de medias del contenido de sólidos suspendido totales (mg/L) con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contacto

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	36	7.68333			
Cantidad de lirio					
40	12	7.7	0.380624	6.92266	8.47734
60	12	7.825	0.380624	7.04766	8.60234
80	12	7.525	0.380624	6.74766	8.30234
Tiempo de contacto (días)					
0	9	13.3333	0.439507	12.4357	14.2309
7	9	5.0	0.439507	4.1024	5.8976
15	9	5.0	0.439507	4.1024	5.8976
24	9	7.4	0.439507	6.5024	8.2976

Tabla 20. Resultados de medias del pH con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contacto

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	36	7.74417			
<i>Cantidad de lirio</i>					
40	12	7.6975	0.0241206	7.64824	7.74676
60	12	7.72	0.0241206	7.67074	7.76926
80	12	7.815	0.0241206	7.76574	7.86426
<i>Tiempo de contacto (días)</i>					
0	9	7.16	0.0278521	7.10312	7.21688
7	9	7.92	0.0278521	7.86312	7.97688
15	9	7.97333	0.0278521	7.91645	8.03022
24	9	7.92333	0.0278521	7.86645	7.98022

Tabla 21. Resultados de medias de la Turbidez (NTU) con las diferentes cantidades de lirio y tiempos de contacto

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	36	6.47			
<i>Cantidad de lirio</i>					
40	12	3.5525	1.01608	1.47739	5.62761
60	12	8.4725	1.01608	6.39739	10.5476
80	12	7.385	1.01608	5.30989	9.46011
<i>Tiempo de contacto (días)</i>					
0	9	19.92	1.17326	17.5239	22.3161
7	9	1.40333	1.17326	-0.992797	3.79946
15	9	1.19667	1.17326	-1.19946	3.5928
24	9	3.36	1.17326	0.96387	5.75613

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. *Contaminación del Rio Yapatera Chulucanas por uso doméstico e industrial*



Fotografía 2. *Toma de muestras para el laboratorio día 0*



Fotografía 3. *Recolección del Lirio acuático en zonas aledañas*



Fotografía 3 y 4. *instalación del Lirio acuático en los diferentes recipientes con diferentes cantidades*



Fotografía 5 y 6. *Toma de muestras para en el día 3 para el laboratorio*