



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Tratamiento de aguas grises mediante *Ludwigia repens*,  
*Zantedeschia aethiopica* y *Phragmites australis* para agua de  
uso agrícola Pachacámac – 2023

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

**AUTORES:**

Ancana Cule, Shirley Stephany ([orcid.org/0000-0001-6864-7335](https://orcid.org/0000-0001-6864-7335))  
Romero Bautista, Fernando Hans ([orcid.org/0000-0001-7917-8140](https://orcid.org/0000-0001-7917-8140))

**ASESOR:**

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio ([orcid.org/0000-0002-3419-7361](https://orcid.org/0000-0002-3419-7361))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ  
2023

## DEDICATORIA

Dedico este logro académico a mí misma como una prueba de resiliencia. A pesar de los desafíos y obstáculos que he enfrentado, he encontrado fuerza interna para seguir adelante y alcanzar mis metas.

**Ancana Shirley**

Dedico este proyecto a mis seres queridos, por su constante apoyo y tolerancia dentro del transcurso de mi carrera, de igual manera que este trabajo de investigación inspire a otros colegas a seguir y ser perseverantes en las metas que se plantean.

**Romero Fernando**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi profundo agradecimiento a quienes formaron parte de este viaje académico: a mi asesor de tesis por su guía y sabiduría, a mis seres queridos por su apoyo inquebrantable, y a mi compañero de tesis por compartir este desafiante pero gratificante viaje. Gracias por ser mi fuente de inspiración.

### **Anccana Shirley**

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi colega y compañera de tesis la señorita Shirley Stephany Anccana Cule, por su dedicación colaboración, esfuerzo y sobre todo paciencia ya que fueron fundamentales para alcanzar nuestros objetivos.

### **Romero Fernando**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: Tratamiento de aguas grises mediante *Ludwigia repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* para agua de uso agrícola Pachacámac - 2023, cuyos autores son ROMERO BAUTISTA FERNANDO HANS, ANCCANA CULE SHIRLEY STEPHANY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, 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, 26 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO DNI: 08447308 ORCID: 0000-0002-3419-7361	Firmado electrónicamente por: JORDONEZ02 el 11- 12-2023 19:04:04

Código documento Trilce: TRI - 0665810





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, ANCCANA CULE SHIRLEY STEPHANY, ROMERO BAUTISTA FERNANDO HANS estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: Tratamiento de aguas grises mediante *Ludwigia repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* para agua de uso agrícola Pachacámac - 2023, 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
ROMERO BAUTISTA FERNANDO HANS DNI: 72561801 ORCID: 0000-0001-7917-8140	Firmado electrónicamente por: FHROMEROB el 18-12- 2023 14:04:55
ANCCANA CULE SHIRLEY STEPHANY DNI: 61519699 ORCID: 0000-0001-6864-7335	Firmado electrónicamente por: SANCCANAC el 18-12- 2023 13:02:56

Código documento Trilce: INV - 1643042

## 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.....	ix
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	18
3.2. Variables y operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos .....	23
3.6. Método de análisis .....	31
3.7. Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS .....	33
V. DISCUSIÓN .....	67
VI. CONCLUSIONES .....	75
VII. RECOMENDACIONES .....	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de expertos que validaron los instrumentos .....	22
Tabla 2. Características morfológicas de las especies <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> del Grupo 1.....	33
Tabla 3. Características morfológicas de las especies <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> del Grupo 2.....	37
Tabla 4. Características morfológicas de las especies <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> del Grupo 3.....	40
Tabla 5. Cantidad de especies vegetales en la remoción de contaminantes fisicoquímicos y biológicos de aguas grises.....	43
Tabla 6. Remoción de los parámetros físicos de las aguas grises pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	44
Tabla 7. Remoción de los parámetros químicos de las aguas grises pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	47
Tabla 8. Remoción de los parámetros biológicos de las aguas grises pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	57
Tabla 9. Porcentaje de remoción de los parámetros físicos de las aguas grises mediante el uso de las especies <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	59
Tabla 10. Porcentaje de remoción de los parámetros químicos de las aguas grises mediante el uso de las especies <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	60
Tabla 11. Porcentaje de remoción de los parámetros biológicos de las aguas grises mediante el uso de las especies <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	61

Tabla 12. Prueba de normalidad para para las características morfológicas <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	61
Tabla 13. Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para las características morfológicas <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	62
Tabla 14. Prueba de normalidad para el uso de <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> . .....	62
Tabla 15. Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para el uso de <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> . .....	63
Tabla 16. Prueba de normalidad para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	64
Tabla 17. Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	64
Tabla 18. Prueba de normalidad para alcanzar un 50% similar para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	65
Tabla 19. Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para alcanzar un 50% similar para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Taxonomía de <i>Ludwigia Repens</i> .....	16
Figura 2: Taxonomía de <i>Zantedeschia aethiopica</i> .....	17
Figura 3: Taxonomía de <i>Phragmites Australis</i> .....	17
Figura 4. Diagrama de flujo del método global de la investigación .....	23
Figura 5: Distribución de sustratos .....	26
Figura 6: M0 sin ningún tratamiento .....	26
Figura 7. Humedal artificial del Grupo 1 con 3 de <i>Ludwigia Repens</i> .....	27
Figura 8. Humedal artificial del Grupo 1 con 3 de <i>Zantedeschia Aethiopica</i> .....	27
Figura 9. Humedal artificial del Grupo 1 con 3 de <i>Phragmites Australis</i> .....	28
Figura 10. Humedal artificial del Grupo 2 con 7 de <i>Ludwigia Repens</i> .....	28
Figura 11. Humedal artificial del Grupo 2 con 7 de <i>Zantedeschia Aethiopica</i> .....	29
Figura 12. Humedal artificial del Grupo 2 con 7 de <i>Phragmites Australis</i> .....	29
Figura 13. Grupo 3 con las tres especies juntas.....	30
Figura 14. Diámetro del Tallo de la especie <i>Ludwigia Repens</i> cantidad inicial y final del Grupo 1 .....	34
Figura 15. Diámetro de raíz de la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> cantidad inicial y final del Grupo 1 .....	35
Figura 16. Número de flores de la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> cantidad inicial y final del Grupo 1 .....	35
Figura 17. Diámetro de raíz de la especie <i>Phragmites Australis</i> cantidad inicial y final del Grupo 1 .....	36
Figura 18. Diámetro de tallo de la especie <i>Ludwigia Repens</i> cantidad inicial y final del Grupo 2.....	38
Figura 19. Diámetro de tallo de la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> cantidad inicial y final del Grupo 2 .....	38
Figura 20. Número de flores de la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> cantidad inicial y final del Grupo 2 .....	39

Figura 21. Diámetro de raíz de la especie <i>Phragmites Australis</i> cantidad inicial y final del Grupo 2 .....	39
Figura 22. Diámetro de raíz de la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> cantidad inicial y final del Grupo 3 .....	41
Figura 23. Número de hojas de la especie <i>Phragmites Australis</i> cantidad inicial y final del Grupo 3 .....	41
Figura 24. Diámetro de raíz de la especie <i>Phragmites Australis</i> cantidad inicial y final del Grupo 3 .....	42
Figura 25. Porcentaje de remoción según grupo de tratamiento .....	43
Figura 26. Remoción de la conductividad eléctrica de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	44
Figura 27. Remoción de la turbidez de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	45
Figura 28. Remoción de la temperatura de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	46
Figura 29. Remoción de pH de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	48
Figura 30. Remoción de aceites y grasas de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	48
Figura 31. Remoción de fósforo de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	49
Figura 32. Remoción de fosfato de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	50
Figura 33. Remoción de nitratos de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	51
Figura 34. Remoción de sólidos disueltos de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	51

Figura 35. Remoción de boro de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	52
Figura 36. Remoción de sodio de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	53
Figura 37. Remoción de la DBO de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	54
Figura 38. Remoción de la DQO de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	54
Figura 39. Remoción del oxígeno disueltos de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	55
Figura 40. Remoción de los detergentes (SAAM) de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	56
Figura 41. Remoción de los coliformes totales de las aguas grises en pre y postratamiento con <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .....	57
Figura 42: Proceso de formación de sales en la conductividad eléctrica .....	71

## RESUMEN

La presente investigación cuyo objetivo fue determinar el tratamiento más adecuado para obtener agua destinada a uso agrícola, mediante la reutilización de aguas grises provenientes de actividades domésticas, utilizando especies vegetales fitorremediadoras como *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. El estudio, de diseño cuasi experimental, se llevó a cabo en el distrito de Pachacamac. Los resultados revelaron que, de los tratamientos utilizados en la investigación, el correspondiente al “Grupo 3”, el cual consideró el uso de nueve (9) plantas (tres de cada especie), fue el más óptimo en términos de capacidad de adsorción de parámetros fisicoquímicos, con valores destacados para la conductividad eléctrica, turbidez y temperatura. Los parámetros químicos, como pH, aceites y grasas, nitratos, sodio, DBO, DQO y detergentes, mostraron eficiencia en la remoción, con variaciones específicas en cada grupo. Además, se logró una reducción significativa de coliformes totales, destacando un 92.12% de remoción en el Grupo 3. Estos resultados respaldan la eficacia integral del enfoque fitorremediador para mejorar la calidad del agua tratada, destacando su potencial para la reutilización sostenible en la agricultura.

Palabras Clave: Aguas grises, remoción, tratamiento, morfología.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the most appropriate treatment to obtain water for agricultural use, through the reuse of gray water from domestic activities, using phytoremediation plant species such as *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* and *Phragmites Australis*. The study, with a quasi-experimental design, was carried out in the district of Pachacamac. The results revealed that, of the treatments used in the research, the one corresponding to "Group 3", which considered the use of nine (9) plants (three of each species), was the most optimal in terms of adsorption capacity of physicochemical parameters, with outstanding values for electrical conductivity, turbidity and temperature. Chemical parameters, such as pH, oils and greases, nitrates, sodium, BOD, COD and detergents, showed removal efficiency, with specific variations in each group. In addition, a significant reduction in total coliforms was achieved, highlighting a 92.12% removal in Group 3. These results support the comprehensive effectiveness of the phytoremediation approach to improve the quality of treated water, highlighting its potential for sustainable reuse in agriculture.

Keywords: Gray water, removal, treatment, morphology

## I. INTRODUCCIÓN

Lo más reciente de la modernidad es la reutilización eficiente y económica de los desechos, siendo uno de los fundamentos de la ingeniería ambiental contemporánea, en el ámbito de la gestión de las aguas residuales domésticas, se refiere al agua usada en actividades diarias en los hogares como lavar platos, ducharse, etc. Lavagnolo et al. (2017), en su artículo investigó sobre el uso de plantas oleaginosas en el fitotratamiento de aguas grises y amarillas que tuvo por finalidad enfatizar el potencial de recuperación de los recursos hídricos. El propósito del ensayo fue evaluar el uso de *Glycine max* (soja), *Brassica napus* (colza) y *Helianthus annuus* (girasol) para el tratamiento de aguas residuales domésticas grises y amarillas. El experimento se realizó en un matraz de 20L, variando la concentración de nitrógeno en la materia prima. Los resultados indican que estas especies oleaginosas son adecuadas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, y se ha demostrado que el uso de macrófitas es altamente efectivo en la eliminación de materia orgánica y nutrientes, logrando una remoción superior al 80% para nitrógeno y del 90% para fósforo. No se observó ningún efecto inhibitorio sobre el crecimiento de las plantas regadas con diferentes mezclas de agua amarilla y gris, ambas propiedades del agua se integraron mutuamente y fueron beneficiosas.

Por otro lado, Valverde (2022) menciona que, los efectos adversos de la contaminación del agua son causados principalmente por factores humanos, que son más dañinos que los factores naturales. Los elementos antropogénicos son el resultado de las aguas residuales producidas por diversas actividades como la industria, la agricultura y el hogar; la problemática de las aguas residuales es la pequeña cantidad (0.01%) que contiene sólidos suspendidos, disueltos y coloidales. Por lo cual, se aplican varios métodos para abordar estas aguas residuales, excluyendo los enfoques de tratamiento convencionales y no convencionales, como los humedales diseñados, un ejemplo de tecnología ecológica que imita el área.

Para conseguir un tratamiento eficaz de las aguas grises en situaciones de transparencia, requiere implementar ciertas medidas o acciones como tener en cuenta su clasificación como uno de los tipos de aguas residuales generadas por servicios domésticos e industriales. Las aguas residuales se clasifican en diferentes categorías según su nivel de contaminación, siendo las aguas negras, aguas grises oscuras y aguas grises claras las tres principales (Anaya et al., 2022).

Asimismo Disha et al. (2020), en su artículo sobre reutilización de aguas grises para cultivos de *Caléndula Officinalis* y *Capsicum frutescens*, para ello recolectaron y trataron las aguas grises mediante el cribado, sedimentación y desinfección solar, además se seleccionaron las plantas y se las colocó en el agua gris en un lapso de dos meses. El estudio encontró que las aguas grises sin tratar tienen niveles más altos de macronutrientes y una población bacteriana excesiva en comparación con el agua potable del grifo, pero el tratamiento de estas aguas redujo la conglomeración de la mayoría de los parámetros no deseados para cumplir con los estándares de riego. El riego con aguas grises tratadas tuvo un efecto específico en la especie de plantas experimentales *Capsicum frutescens*, estimulando más su crecimiento en comparación con el riego con agua del grifo. El riego con aguas grises, tanto tratados como no tratados, mejoró los indicadores del tamaño de la *Caléndula officinalis* en comparación con la muestra control. No se encontraron diferencias significativas entre el riego con aguas grises tratadas y no tratadas en la totalidad de los indicadores de desarrollo o progreso de crecimiento de *Caléndula officinalis*. El riego con aguas grises estimuló significativamente casi todos los parámetros de crecimiento de *Capsicum frutescens*, mientras que las aguas grises no tratadas solo aumentan el contenido de humedad y el número de ramas en comparación con el control. En conclusión, el riego con aguas grises tratadas tuvo un impacto positivo en *Capsicum frutescens*, contrario al efecto adverso que se esperaba de las aguas residuales.

En diferentes partes del planeta, la reutilización de aguas grises está ganando popularidad como medio de conservación del agua debido al aumento de la necesidad y sobre todo la disponibilidad de los recursos de agua. Para tomar

decisiones informadas sobre el sistema de tratamiento y la opción de reutilización, es importante tener acceso a datos confiables sobre la generación. Asimismo, los contaminantes más importantes presentes en las aguas grises que se deben considerar son la materia orgánica, nutrientes, microorganismos, metales y microcontaminantes orgánicos provenientes de diferentes fuentes, como baños, lavabos, cocinas y lavanderías (Shaikh y Ahammed, 2020).

Ante la situación problemática expuesta se plantea el siguiente **problema general**: ¿Cuál es el tratamiento de aguas más adecuado mediante *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* para obtención de agua de uso agrícola?, consecuentemente los **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*?, ¿Cuál será la cantidad adecuada de especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en el tratamiento de aguas grises?, ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises pre y postratamiento mediante *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*?, ¿Cuál será el porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el tratamiento de aguas grises mediante el uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*?

Dada la situación problemática, la investigación se encuentra justificada desde una perspectiva **medioambiental** que radica en la búsqueda de generar nuevos conocimientos que contribuyan a la conservación y precaución del entorno en relación con el manejo de las aguas residuales, igualmente promover la reutilización de los recursos acuíferos. Estos tratamientos representan una alternativa efectiva para la recuperación y eliminación de sustancias, como grasas, sodio, calcio, aceites o en algunos casos como *Escherichia Coli* presentes en las aguas residuales grises. Asimismo, debido a su capacidad de adaptación, bajo costo y fácil aplicación, el tratamiento por medio de especies leguminosas es una opción altamente favorable, en contraste con otras metodologías de tratamiento de aguas. Debido a la

eficacia de estas plantas, es posible disminuir considerablemente la presencia de sustancias contaminantes en el agua, lo que la convierte en una estrategia sumamente apreciada para la preservación del entorno. A su vez, la **justificación social**, busca originar una toma de conciencia en la población sobre la reutilización de agua para otros fines, además que ayudará a la población en el ahorro del agua en lo que al riego de parques y jardines se refiere, generando conciencia ambiental entre la población. Por otro lado, la **justificación teórica** es crucial para recopilar información y compararla con estudios previos con el objetivo de comprender y describir la investigación necesaria en el presente estudio. De esta manera, se busca proporcionar información valiosa para otros estudios que se estén llevando a cabo y que requieran de fuentes para su propia investigación en el futuro, permite establecer una base sólida de conocimiento y comprensión de la temática a investigar, lo que resulta esencial para el éxito del estudio y para garantizar que los resultados obtenidos sean útiles y aplicables en otros contextos. Por lo tanto, es importante realizar una justificación teórica rigurosa y detallada, que brinde la oportunidad a los investigadores y al ámbito científico en su conjunto, contar con información valiosa y actualizada sobre la temática en cuestión.

Asimismo, ante el problema general planteado se representa el siguiente **objetivo general**: Determinar el tratamiento de aguas grises más adecuado mediante las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* para obtención de agua de uso agrícola en el distrito de Pachacamac, 2023. Seguido de los **objetivos específicos**: Identificar las características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*, Determinar la cantidad adecuada de especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en el tratamiento de aguas grises, Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises pre y postratamiento mediante *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. Determinar el porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el tratamiento

de aguas grises mediante el uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.

Consecuentemente se presenta la siguiente **hipótesis general**: El uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en el tratamiento de aguas grises tiene un efecto positivo en la reducción de contaminantes y en la obtención de agua de uso agrícola en el distrito de Pachacamac, 2023. Asimismo, las **hipótesis específicas**: Las características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* afecta el tratamiento de aguas grises, El uso de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* permite el tratamiento de aguas grises. Las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* tienen incidencia en el postratamiento. Mediante el tratamiento de las aguas grises con las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* permiten alcanzar un 50% similar para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

## II. MARCO TEÓRICO

Esta sección describe precedentes internacional y nacional sobre tres tratamientos de aguas grises como indicadores biológicos y fisicoquímicos, además de la necesidad de garantizar un uso sostenible del agua.

A nivel internacional, Madikizela (2021), en su estudio eliminación de contaminantes orgánicos utilizando *Eichhornia Crassipes* menciona que a causa de la elevada cantidad de lirio acuático presente en el agua, se han llevado a cabo investigaciones para encontrar formas de aprovechar el jacinto de agua. Hasta el momento, la biomasa derivada del jacinto de agua ha comprobado su eficacia en la remoción de metales y sustancias orgánicas mediante el proceso de adsorción. El jacinto de agua tiene una notable capacidad de adaptarse a cambios en la concentración de nutrientes, temperaturas y niveles de pH del agua; puede desarrollarse de manera óptima en un rango de pH de 6 a 8 y tolera una amplia gama de temperaturas, desde 1°C hasta 40°C, aunque su crecimiento puede ser afectado por temperaturas por debajo de 1°C. La temperatura ideal para su progreso se sitúa entre 25°C y 27.5°C, y su capacidad reproductiva se reduce en temperaturas superiores a 33°C.

Del mismo modo, Rodríguez-Lara et al. (2022) destacaron los esfuerzos realizados en Portugal para fomentar la reutilización de aguas grises, donde el jacinto de agua se considera una opción viable para garantizar la sostenibilidad del agua. La investigación se centra en la evaluación económica de sistemas hidropónicos que reciclan aguas grises domésticas, considerando tanto la aceptación de los consumidores y los criterios del sistema de tratamiento necesarios para satisfacer los niveles de excelencia en el agua reciclada. En este contexto, los residentes de un edificio utilizan aguas grises de duchas, sanitarios y los bidés para el suministro de agua para jardines y evacuación de desechos en inodoros. El sistema propuesto implica la implementación de un biorreactor de membrana (MBR) para tratar las aguas grises, con una evaluación económica que revela un período de retorno de la inversión de 24 años y un valor actual neto de \$14,775.18. Estos hallazgos

respaldan la facilidad del sistema y evidenciando que su instauración puede disminuir el uso anual de agua en un 33%, lo que equivale a 3,351.92 m<sup>3</sup>, en zonas urbanas. Esto contribuye significativamente a la preservación de los recursos hídricos.

En un estudio realizado por Guerra et al. (2017), se examinó la eficacia de *Phragmites Australis* y *Cyperus Papyrus* en la gestión de aguas residuales mediante humedales artificiales. El propósito era evaluar la capacidad de estos sistemas para eliminar contaminantes mediante la medición de diversos parámetros, como coliformes totales y termotolerantes (16x10<sup>7</sup>,1 NMP/100ml), DBO (270.1 mg/l), pH (7.8), turbidez (130.03 UNT) y temperatura (21°C). Se empleó un método de cálculo adaptado de Crites y Tchobanoglous conocido como pequeños sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales, para determinar las dimensiones, la velocidad de flujo de todo el sistema y el tiempo de retención hidráulica. Además, siguiendo la normativa para Calidad Ambiental para agua, Categoría III establece valores ideales para parámetros como coliformes totales (5.000 NMP/100ml) y termotolerantes (1.000 NMP/100ml), DBO (15ml/L), así como un rango de pH de 6.5 a 8.5. Los resultados indicaron una eficiencia del 80% en la eliminación de contaminantes mediante el sistema de humedales, destacando que *Cyperus Papyrus* fue más eficaz al remover el 77.1% de DBO y turbidez. Por otro lado, *Phragmites Australis* mostró una eliminación un 30.2% mayor en los coliformes totales y termotolerantes. Estos hallazgos subrayan la importancia de seleccionar especies apropiadas en los sistemas de humedales para lograr una eliminación eficaz de contaminantes en aguas residuales.

En su investigación, Leandro et al. (2018) evaluaron la capacidad de esta especie *Zantedeschia Aethiopica* en humedales artificiales para eliminar contaminantes, destacando que estos humedales son una alternativa económica y eficaz para tratar aguas residuales en áreas no urbanas. Los investigadores observaron que en este proceso mediante humedales verticales subsuperficiales, con presencia de *Zantedeschia Aethiopica*, logró una eficiencia del 49% en la eliminación de contaminantes químicos y

microbiológicos. Esto se alcanzó con un caudal de 0.67 L/seg y un tiempo de retención hidráulica de 48h. Además, se evaluaron parámetros como pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto comparándolos con los límites establecidos en la normativa de categoría III para riego de plantas altas y bajas (DS N° 015-2015-MINAM). Se constató que los valores cumplían con los estándares establecidos. Este hallazgo sugiere que la combinación de humedales artificiales y *Zantedeschia Aethiopica* es efectiva para tratar aguas residuales en entornos no urbanos. Asimismo, Mahmoudi et al. (2021), en su estudio, publicaron los hallazgos del análisis de muestras de aguas grises tomadas de diferentes fuentes de agua en hogares de clase media en India, donde cuatro personas vivieron durante seis meses. Diseño y análisis del sistema de tratamiento aplicado para tratar estas aguas grises generadas internamente. Se han desarrollado sistemas de filtración con múltiples capas de filtro. Los resultados muestran que el sistema exhibe eficiencia de disminución en la demanda química de oxígeno del 85.98%, en la demanda bioquímica de oxígeno del 86.28% y totalidad de sólidos suspendidos del 94.44%.

A su vez, Mellado (2018), realizó una investigación en un centro de tratamiento domiciliario María Laiche en Miraflores, Perú, donde evaluó la eficacia de tres especies de macrófitos: *Typha domingensis* (totora), *Phragmites Australis* (carrizo), y *Schoenoplectus americanus* (espadilla). El enfoque de la investigación fue tratar aguas residuales domésticas mediante un sistema con flujo vertical (humedal artificial). Las aguas residuales, provenientes de la unidad de pretratamiento, fueron sometidas a un tiempo de retención de 48 horas en cada uno de los sistemas de humedales. Los resultados destacaron la eficacia de las tres especies en la eliminación de contaminantes. En términos de demanda bioquímica de oxígeno, *Typha domingensis*, *Phragmites australis* y *Schoenoplectus americanus*, lograron eficiencias del 86.71%, 88.42% y 87.1%, respectivamente. Respecto a la demanda química de oxígeno, las eficiencias fueron del 70.36%, 72.86% y 70.13% para cada especie. Las tasas de remoción de fosfato alcanzaron el 43.88%, 35.92% y 47.95%, mientras que las de grasas fueron del 97.11%, 95.92% y 96.91% para

*Typha Dominguesis*, *Phragmites Australis* y *Schoenoplectus Americanus*, respectivamente. Estos resultados subrayan la eficacia de estas especies en la descontaminación de aguas residuales domésticas a través de un sistema de humedal de flujo vertical.

Rodríguez-Domínguez et al. (2020), examinaron 520 experiencias provenientes de 169 documentos revisados en 20 países para analizar la eficacia de diversos tipos de humedales construidos en la región. Se observó que los humedales subterráneos de flujo horizontal son los más prevalentes, constituyendo el 62%, seguidos por los humedales de aguas abiertas (17%), sistemas de flujo vertical (9%), humedales mejorados (8%) y sistemas subterráneos. La medición de efectividad en la eliminación de nutrientes reveló tasas promedio de eliminación del 65% al 83% para la demanda química de oxígeno (DQO), del 55% a 72% para el nitrógeno total (TN) y del 30% al 84% para el fósforo total (TP). Los resultados indicaron un rendimiento general satisfactorio en la eliminación de DQO y TN, mientras que la eliminación de TP mostró un rendimiento inferior. Además, se documentaron 114 especies de plantas utilizadas en humedales construidos, lo que representa uno de los informes más exhaustivos sobre especies vegetales empleadas en América Latina y el Caribe (ALC).

Torres (2021), aborda la construcción de humedales artificiales mediante baldes de seis litros dónde evalúa el impacto de los tiempos de retención de 2 a 4 días y la presencia de la especie *Zantedeschia Aethiopica*. Se utiliza un diseño, el factor 1 es la vegetación y el factor 2 es el tiempo de retención. Los resultados mostraron una reducción de coliformes tolerantes al calor y tolerantes al frío, con valores de 13.67 NMP/100 mL y 76.67 NMP/100 mL durante 4 días y 2 días, respectivamente. Todos estos valores están dentro de la tolerancia máxima para coliformes (10.000 NMP/100 mL). Se concluyó que la mayor reducción de bacterias coliformes termotolerantes en las aguas residuales procesadas se logró mediante un humedal conformado por la planta *Zantedeschia Aethiopica* y un tiempo de residencia de 4 días.

Por otro lado, Zhang et al. (2019), llevaron a cabo el análisis de los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos revelando la eficacia de dos variedades de macrófitas en la depuración de agentes contaminantes halladas en aguas residuales. Se observó que *Eichhornia Crassipes* logra una eliminación del 75.4% de grasa, 78.2% de DBO, 72.1% de DQO, 82% de SST y 99.9% de coliformes fecales, mientras que *Pistia Stratiotes* alcanza el 75.4% de grasa, 79.8% de DBO, 73.7% de DQO, 82% de TSS y 99.9% de coliformes fecales. Los resultados destacan la eficacia de *Pyrus Spp.*, en la gestión de aguas residuales domésticas en un municipio, con una tasa de eliminación total del 82.2 %. Asimismo, se encontró que *Eichhornia Crassipes* presenta una tasa de eliminación del 81.5%. Además, se concluyó que las aguas residuales tratadas con estos macrófitos se ajustan a los umbrales establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM-LMP. Por ende, este estudio demuestra que un sistema para la gestión de aguas servidas domésticas fundamentado en humedales construidos con *Eichhornia Crassipes* o *Pistia Stratiotes* constituye una alternativa viable al tratamiento de dichas aguas.

Muñoz et al. (2020), postulan que los resultados proporcionan una visión integral del rendimiento de cada especie en términos de eliminación de contaminantes. La variabilidad en el porcentaje de eliminación se sitúa entre el 74.13% y el 81.67% en general. En el caso específico de *Phragmites Australis*, se observa un rango del 67.1 % al 89.52 %, mientras que *Typha Domingensis* demuestra un rendimiento destacado, con tasas de eliminación oscilando entre el 93.57 % y el 96.76 %. *Chrysopogon Zizanioides*, por su parte, exhibe eficacia en un intervalo del 88.1 % al 91.1 %, mientras que *Cyperus Papyrus* muestra un rendimiento del 50.8%. En resumen, los resultados indican que *Typha Domingensis* sobresale como la especie más efectiva en la eliminación de contaminantes de aguas servidas domésticas.

Por otro lado, Obando y Bejar (2022) afirmaron que sus resultados mostraron que una capa de macrófitos Peonias logró una remoción de parámetros de DQO de 78.92%, DBO<sub>5</sub> de 97.58%, coliformes totales de 99.86% y *E. coli* de 70%. Por su parte, el macrófito *Azolla Filiculoides* eliminó el 79.44% de los

parámetros de DQO, el 93.5% de DBO<sub>5</sub>, el 99.87% de coliformes totales y el 70% de *E. coli*.

Incio y Quinteros (2020), sostienen que los resultados obtenidos señalan que las circunstancias de funcionamiento examinadas exhiben eficiencias destacadas en la remoción de contaminantes. Específicamente, se lograron tasas de eliminación del 93 % para la DBO, del 92 % para la DQO y del 81 % para los SST, evidenciando así la capacidad sobresaliente de los humedales que albergan macrófitos en el manejo de aguas servidas domésticas mediante la utilización de especies macrovegetales.

Delgado (2019), explicó diferentes conceptos para diferentes tipos de plantas; como por ejemplo la lenteja de agua (*Eichhornia Crassipes*) destaca por sus propiedades y alto índice de eliminación de sustancias orgánicas en las aguas residuales domésticas. Sin embargo, los resultados pueden variar según las circunstancias específicas de cada lugar y estudio.

Quispe y Amaringo (2019) notaron que, *Eichhornia Crassipes* y *Lemna sp.* (lenteja de agua) muestran un buen crecimiento en entornos de recuperación de aguas residuales. Estas plantas emergentes que viven en el agua cultivan durante cuatro meses en condiciones de luz, temperatura y pH controlados. Durante el cultivo, se observó que estas dos especies alcanzaban altos niveles de eliminación de nutrientes, que oscilaban entre el 70% y el 80% y entre el 55% y el 60%, respectivamente. Para la eliminación eficiente de nutrientes y la mitigación de la eutrofización o problemas de hipoxia causados por el exceso de nutrientes, el número óptimo de plantas acuáticas emergentes fue de 60 muestras para procesar 80 litros de agua sin tratar. Después de este proceso, la cantidad de nitrógeno disminuyó de una manera notable de 0.35 mg/l a 0.09 mg/l y la cantidad de fósforo de 5 mg/l a 0.53 mg/l.

Chuquimez y Sifuentes (2021), demostraron que utilizaron un sistema de prueba compuesto por tres tanques de agua de 20 litros cada uno. El agua utilizada se toma del río Santa y se distribuye en tres contenedores. Cada tanque tiene un período de retención diferente. Muestra 1 es de 15 días, muestra 2 es de 30 días y muestra 3 es de 45 días. Se añadieron 15 gramos

de lenteja de agua a cada tanque de cultivo y se usó 1/2 litro de agua embotellada como patrón de comparación. Cada tanque contenía 5 gramos de plantas acuáticas flotantes y las raíces de estas plantas se expusieron a muestras de agua. Después de un período de tiempo establecido, la tasa de rechazo se evaluó mediante espectrofotometría utilizando el método de Nesslerización.

Marecos et al. (2018) informaron sobre variadas tasas de eliminación de  $DBO_5$  en humedales durante la temporada de verano, destacando un 20% para *Salvinia*. En contraste, se registraron tasas del 6% en *Lemna* + *Wolfa*, *Eichhornia*, mientras que no se evidenció una exclusión clara en el caso de *Pistia*. Un análisis de las condiciones ambientales reveló que dos especies presentaban bajos valores promedio de OD (oxígeno disuelto), crucial para la oxidación durante el procesamiento. No obstante, se observó una mejora considerable en la eficiencia de reducción del 85% durante un tratamiento de 7 días en las aguas de los humedales durante el invierno. Para el segundo día, algunas especies alcanzaron una eficiencia del 70%. Es importante destacar que la presencia de plantas acuáticas contribuye a este proceso, ya que la tasa de eliminación alcanza el 38% en cuerpos de agua gestionados en humedales donde no crecen estas plantas.

Por otro lado, Contreras (2019) abordó la efectividad de diversos sustratos y especies de plantas para tratar aguas grises de lavadoras en un proyecto piloto de muro verde en Bogotá, Colombia. Los sustratos evaluados incluyeron una proporción de 3:1 de fibra de coco a perlita y musgo esfagno. Las especies seleccionadas fueron *Canna indica*, *Cyperus rufus* y *Asplenium nidus*. Durante el estudio se examinaron la eliminación de sólidos suspendidos totales (TSS), la turbidez, la demanda biológica de oxígeno ( $BOD_5$ ), la demanda de oxígeno (COD), el nitrógeno total Kjeldahl (NTK) y el fósforo total (FT) para evaluar la eliminación de Sólidos en Suspensión Totales (SST), opacidad, Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforo Total (FT) y Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK).

Según los hallazgos de Parra (2020), el grupo dos en su investigación empleó un humedal artificial con plantas de la especie *T. latifolia*. Este tratamiento demostró los valores más destacados en la reducción de la conductividad eléctrica (50%), plomo (82.11%), DBO<sub>5</sub> (77.23%), nitrógeno total (90.71%) y fósforo total (80.1%), después de 30h. Asimismo, se observó un pH promedio de 5.81 en este grupo.

Por otro lado, Feliciano (2021) revela en sus resultados la presencia de cinco especies de cianófitas en el agua, con niveles bajos de oxígeno disuelto y conductividad, los cuales se encontraron por debajo de los límites fijado en la regulación actual DS N°004-2017-MINAM. A lo largo de un periodo de tratamiento de 42 días utilizando un humedal artificial en forma de isla flotante y realizando tres muestreos, se observaron mejoras en los parámetros analizados. Hubo un aumento en las medidas de oxígeno disuelto, una reducción en el pH de 0.19 unidades, y una disminución de la conductividad en 136  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . No obstante, se registró un incremento en la población de cianobacterias, con aumentos del 150% y 92%, respectivamente.

En relación a las aguas grises, Ortega et al. (2021) destacan que la implementación de tratamientos avanzados de aguas residuales representa un avance tecnológico en la gestión del agua, mejorando significativamente la eficacia en la eliminación de contaminantes. Se observa que técnicas de intercambio y las tecnologías de membrana son efectivas para llevar a cabo procesos de remoción de manera eficiente. Sin embargo, a pesar de la capacidad del método de oxidación avanzada para degradar contaminantes, se concluye que no resulta práctico debido a su elevado costo operativo.

Ramos, et al. (2021) informan que los resultados demostraron que la dosis óptima fue de 10 g, siendo más económica y permitiendo reducir los coliformes termotolerantes a 550 NMP/100. En resumen, se destaca la importancia de llevar a cabo la operación y el mantenimiento adecuados en todas las unidades de la PTARD, así como la limpieza de las lagunas facultativas mediante un bote limpiador automático y la aplicación de microorganismos eficaces (ME) para reducir el parámetro de DBO. También, se subraya la

necesidad de aplicar la cloración con la dosis óptima en el sistema de desinfección para lograr la disminución de los coliformes termotolerantes.

En la investigación llevada a cabo por Rosero et al. (2017), se exploró el tratamiento de aguas superficiales utilizando las especies *Phragmites Australis* y *Typha Dominguensi*. El estudio se efectuó en un arroyo que naturalmente albergaba estas especies en diferentes tramos. A través de muestreos quincenales en el área, se demostró que la utilización de la planta *Phragmites Australis* para tratar aguas residuales generó resultados significativos en la eliminación de diversos contaminantes. Un análisis detallado reveló que esta especie logró reducciones del 38.1% en nitrógeno oxidable, el 65.4% en fósforo y el 27.8% en DBO.

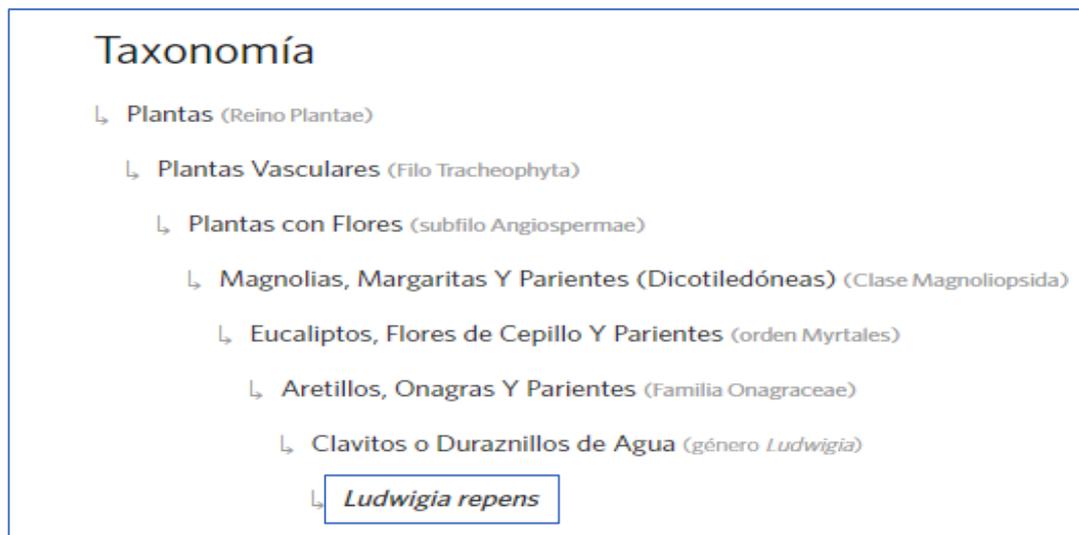
En un estudio adicional, se demostró que, la *Phragmites Australis* exhibió una eficiencia del 74.2% en la eliminación de coliformes fecales, con una eliminación de  $4 \times 10^{10}$  ufc/m<sup>2</sup>/d. También se observó una reducción del 2.39% en coliformes totales, con una tasa de eliminación de  $4.84 \times 10^{12}$  ufc/m<sup>2</sup>/d. Estos hallazgos respaldan la capacidad de *Phragmites Australis* para tratar eficazmente diversas categorías de contaminantes presentes en las aguas servidas (Valdés et al., 2017).

Las aguas grises, según la investigación de Vergine et al. (2017) se definen como efluentes generados por actividades cotidianas como duchas y lavatorios. Se distinguen de las aguas residuales domésticas, que incluyen efluentes de cocinas, lavaderos de cocina, inodoros y urinarios. La gestión de aguas grises es fundamental para facilitar su reaprovechamiento, cada tipo de efluente presenta variaciones en sus características químicas, físicas y orgánicas, lo que implica la necesidad de procesos distintos para su tratamiento con fines específicos. De igual manera, en el estudio de Anaya Meléndez et al. (2022), se enfocó en definir que las aguas grises son procedentes de regaderas y lavamanos, a diferencia de las aguas residuales domésticas que abarcan una gama más amplia de fuentes. El propósito principal fue promover un diseño eficiente para el tratamiento específico de estas aguas grises.

Gonzales et al. (2020) resalta que el manejo de aguas grises no solo es esencial para la administración apropiada de los recursos acuíferos, sino que también permite la recuperación de agua para ser reutilizada en el hogar. La ausencia de regulaciones específicas en Perú respecto a los parámetros recomendados para el uso de aguas grises procesadas en actividades como el riego de espacios verdes o el abastecimiento de inodoros crea un vacío normativo. En la actualidad, muchos proyectos se orientan hacia el cumplimiento de los LMP o ECA 3, que son criterios de calidad ambiental para el agua destinada al riego de parques, según lo establecido por el DS 004-2017 del MINAM.

A su vez Bárrrios y Copeland (2021), nos explica sobre las características taxonómicas de la *Ludwigia Repens*, es una especie vegetal que se encuentra dentro de la familia de las onagráceas (*Onagraceae*) es una especie que forma parte de dicha familia botánica y se conoce comúnmente como onagra-sauce rastrero (**Figura 1**). Se encuentra naturalmente en diversas regiones de América y tiene un alto potencial de propagación y naturalización en muchos hábitats. En algunos lugares, se le considera una planta invasora acuática. También se cultiva para su uso en acuarios. Esta hierba perenne forma una alfombra con un tallo rastrero que puede llegar a medir hasta 30 centímetros de largo, enraizando en los nudos que contactan con el sustrato húmedo. Las hojas son opuestas y pueden alcanzar hasta 4 o 5 centímetros de longitud. La flor, que tiene una base de cuatro sépalos puntiagudos, presenta cuatro pétalos de color amarillo que miden no más de 3 milímetros de longitud. Por otra parte, Hutchinson (2021) menciona que la especie *Ludwigia Repens*, una planta nativa, que coexiste con la invasora *Hygrophila polysperma* en un centro acuático en Florida, siendo esta última dominante en aguas estáticas y de flujo lento; los esfuerzos de restauración para *Ludwigia Repens* en aguas corrientes resultaron infructuosos tras la eliminación manual de *Hygrophila polysperma*, además la *Ludwigia Repens* exhibió un mayor crecimiento en aguas poco profundas cuando se cultivó en proporciones iguales o mayores a *Hygrophila polysperma*. En suelos saturados, las tasas de crecimiento de ambas especies fueron comparables sin presentar discrepancias

significativas, pero *Ludwigia Repens* demostró una mayor tolerancia a la luz solar con tasas fotosintéticas superiores. *Hygrophila polysperma* asignó una mayor biomasa a sus raíces, indicando adaptabilidad a la erosión causada por inundaciones y sequías prolongadas, y mostró una mayor tolerancia a niveles de luz más bajos. En conclusión, *Ludwigia Repens* se presenta como competitiva en esfuerzos de restauración cuando se siembra en aguas poco profundas con caudales mínimos o nulos, después de la eliminación de *Hygrophila polysperma*.



**Figura 1:** Taxonomía de *Ludwigia Repens*

**Fuente:** Revista NaturalistEc (2022)

Según Bárrios y Copeland (2021), la *Zantedeschia aethiopica* es una especie vegetal perenne herbácea que está clasificada en la familia de las aráceas y tiene su procedencia en Sudáfrica (**Figura 2**). Este ejemplar es reconocido por diversos nombres comunes, como espatifilo, lirio de agua, cartucho, alcatraz, flor del jarro o flor de pato. Es considerado el ejemplar más resistente y de mayor distribución dentro del género *Zantedeschia*.

Por otro lado, Zuolaga, F. et al. (2018) menciona que la *Phragmites Australis* se trata de una especie vegetal de larga vida, que posee un sistema subterráneo de raíces que se extienden horizontalmente en busca de agua y nutrientes (**Figura 3**). Puede medir hasta 4 metros de altura y tener un



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**3.1.1 Tipo de investigación:** De acuerdo con Concytec (2020), este proyecto de investigación se clasifica como investigación aplicada, la cual se caracteriza por ser un enfoque científico orientado a la resolución de problemas prácticos y cubrir necesidades específicas a través del conocimiento científico, en la investigación aplicada, se identifica una necesidad o problema específico en un campo particular y se desarrollan metodologías, protocolos y tecnologías que permitan abordarlo de manera eficiente y efectiva.

**3.1.2 Diseño de investigación:** La indagación se cataloga como un diseño cuasi experimental, el cual se utiliza ampliamente para examinar el efecto de tratamientos o intervenciones en situaciones en las que no es factible asignar aleatoriamente los componentes de observación a conjuntos de control y experimental. En esta situación específica, se aplicará para evaluar la capacidad de tratamiento de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en aguas residuales grises a través de pruebas de campo. Según Consultores (2022), la principal característica de un diseño cuasi-experimental es que no se realiza una asignación aleatoria de los elementos de observación a los grupos, lo que implica que los grupos pueden diferir en algunas características antes de aplicar el tratamiento. Sin embargo, se lleva a cabo una evaluación antes y después de aplicar los tratamientos para analizar el impacto o efecto de estos.

#### 3.2. Variables y operacionalización

Para el proyecto de investigación se tuvo dos variables:

**3.2.1 Variable independiente: Uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.**

- **Definición conceptual:** La utilización de las macrófitas *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* emerge como una estrategia altamente efectiva al aprovechar sus

propiedades naturales para abordar desafíos ambientales. Estas especies sobresalen, especialmente, en el tratamiento de aguas y la mejora de la calidad del agua. Su capacidad para enfrentar problemas relacionados con la calidad del agua y su participación en procesos de fitorremediación resaltan su importancia en la búsqueda de soluciones sostenibles para cuestiones ambientales (Villaseñor & Sánchez, 2022).

- **Definición operacional:** Se determinó las características morfológicas de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*, así como también las cantidades de especies adecuada para la investigación experimental.
- **Indicadores:** N° de hojas, diámetro de raíz, altura de la planta, tallo, N° de flores y los grupos 1 (donde se utilizará una pecera con tres plantas por cada especie): 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 de *Phragmites Australis*, en el grupo 2 (se utilizará tres peceras con siete plantas por cada especie): 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 de *Phragmites Australis*, en el grupo 3 (se utilizará una pecera con nueve plantas en total de las tres especies): 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 de *Phragmites Australis*, y por último la M0 sin ningún tratamiento.
- **Escala de medición:** Razón

### 3.2.2 Variable dependiente: Tratamiento de aguas grises (Agua de tipo III).

- **Definición conceptual:** El tratamiento de aguas grises tipo III, implica la implementación de diferentes etapas de tratamiento, como la filtración, la sedimentación, la desinfección y posiblemente procesos adicionales como la filtración biológica o el uso de plantas acuáticas (Guerra et al., 2017).
- **Definición operacional:** Se determinó los Parámetros fisicoquímicos y biológicos pre y postratamiento, para la obtención de agua de riego tipo III, asimismo, de determinó la eficiencia de remoción de las especies utilizadas en esta investigación.

- **Indicadores:** pH, aceites y grasas, conductividad eléctrica, turbidez, Fosforo, Fosfato, Nitrato, Sólidos Disueltos totales, Boro, Sodio, Temperatura, DBO, DQO, Oxígeno de fosforo, Coliformes totales, Detergentes, Coliformes fecales. Y la siguiente fórmula del índice de remoción:

$$IR (\%) = \left( \frac{C_i - C_f}{C_i} \right) \times 100 \quad \dots (1)$$

Dónde (1):

$C_i$ : concentración inicial

$C_f$ : concentración final

- **Escala de medición:** Razón

En el **Anexo N°1** se presenta detalladamente la matriz de operacionalización.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**3.3.1 Población:** La población de este análisis estuvo constituida por las aguas residuales grises provenientes de los vertimientos del distrito de Pachacamac. Se evaluó siete tratamientos diferentes utilizando un total de 39 plantas, de las especies como *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* y un tratamiento sin la aplicación de estas especies (M0).

- **Criterios de inclusión:** El estudio se centró exclusivamente en las aguas residuales grises provenientes de los vertimientos del distrito de Pachacamac, urbanización las Palmas.
- **Criterios de exclusión:** Se excluyen otras fuentes de agua residual, como las aguas grises negras o industriales, y se enfocó únicamente en las características y tratamiento específico de las aguas grises en este distrito.

**3.3.2 Muestra:** La muestra utilizada consistió en un total de 39 plantas seleccionadas de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. Estas plantas fueron sometidas a análisis y evaluación mediante siete tratamientos que involucraban diferentes cantidades de plantas, junto con un grupo de control M0 que

no recibió la aplicación de estas especies. Para llevar a cabo los tratamientos, se utilizaron un total de 80 litros de agua gris, distribuidos de la siguiente manera:

- 8 litros de agua gris se asignaron a cada uno de los tratamientos del grupo 0, grupo 1 y grupo 2 (solo en el tratamiento con *Zantedeschia Aethiopica* se agregaron 16 litros de agua gris).
- 16 litros de agua gris se destinaron al tratamiento del grupo 3, y una pecera del grupo 2 (solo en el tratamiento con *Zantedeschia Aethiopica*).

Estas pruebas se realizaron utilizando agua gris provenientes del distrito de Pachacamac, específicamente de la urbanización Las Palmas.

**3.3.3 Muestreo:** Es muestreo no probabilístico por conveniencia; en este caso, las unidades de análisis fueron seleccionadas de acuerdo con el criterio del investigador, tomando en cuenta la accesibilidad y los objetivos específicos que se pretenden lograr (Hernández González, 2021).

**3.3.4 Unidad de análisis:** Se analizó 80 litros de aguas grises, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- En los tratamientos pertenecientes al grupo 0, grupo 1 y grupo 2, se asignaron 8 litros de agua gris a cada uno, con una excepción: en el tratamiento que involucraba a *Zantedeschia Aethiopica* se añadieron 16 litros de agua gris.
- En el tratamiento del grupo 3, junto con una pecera del grupo 2 (únicamente en el caso del tratamiento con *Zantedeschia Aethiopica*), se destinaron 16 litros de agua gris.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La observación directa es una técnica de compilación de datos utilizada en la investigación, que consiste en la observación sistemática y directa de los fenómenos o eventos que se estudian. En este enfoque, el investigador observa y registra información de primera mano, sin intervenir ni manipular la situación (López Palma et al., 2019).

## Instrumentos de recolección de datos:

Dentro del marco de la investigación, se emplearon instrumentos para la recolección de datos:

- **Ficha de registro de campo:** Este instrumento se utilizó para recopilar información concreta sobre las características de los elementos del estudio, las cuales se muestran en las fichas N°1, 2, 3 y 4 en el Anexo 2. Esto permitió registrar de manera sistemática los datos observados durante la investigación de campo.
- **Cadena de custodia:** Se adquirió a través del laboratorio donde se llevarán a cabo los experimentos con las unidades de análisis. La cadena de custodia se utiliza para documentar el proceso de toma de muestras, la conservación de las muestras y otros procedimientos relacionados con la evaluación del objeto de estudio. Es un documento importante que garantiza la trazabilidad y la integridad de las muestras durante el proceso de análisis.

Estos instrumentos son utilizados para recopilar datos de manera precisa y rigurosa, garantizando la calidad y confiabilidad de la información obtenida en el estudio. Cada instrumento, fue validado mediante el discernimiento de tres docentes de la UCV quienes, como expertos, evaluaron y firmaron su consentimiento para el estudio, y proporcionaron su promedio de validación. Estos procedimientos tienen un propósito específico, ya que contribuyeron a recabar los datos necesarios para abordar las interrogantes de investigación y cumplir los objetivos del estudio (**Tabla 1**).

**Tabla 1. Lista de expertos que validaron los instrumentos**

Experto	Promedio de Validación	Firma
Dr. Elmer Benites Alfaro.	95%	
Mg. Jonnatan Victor Bañón Arias	85%	
Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga	85%	

### 3.5. Procedimientos

En la Figura 4, se exhibe el diagrama de flujo que representa el procedimiento de la investigación.

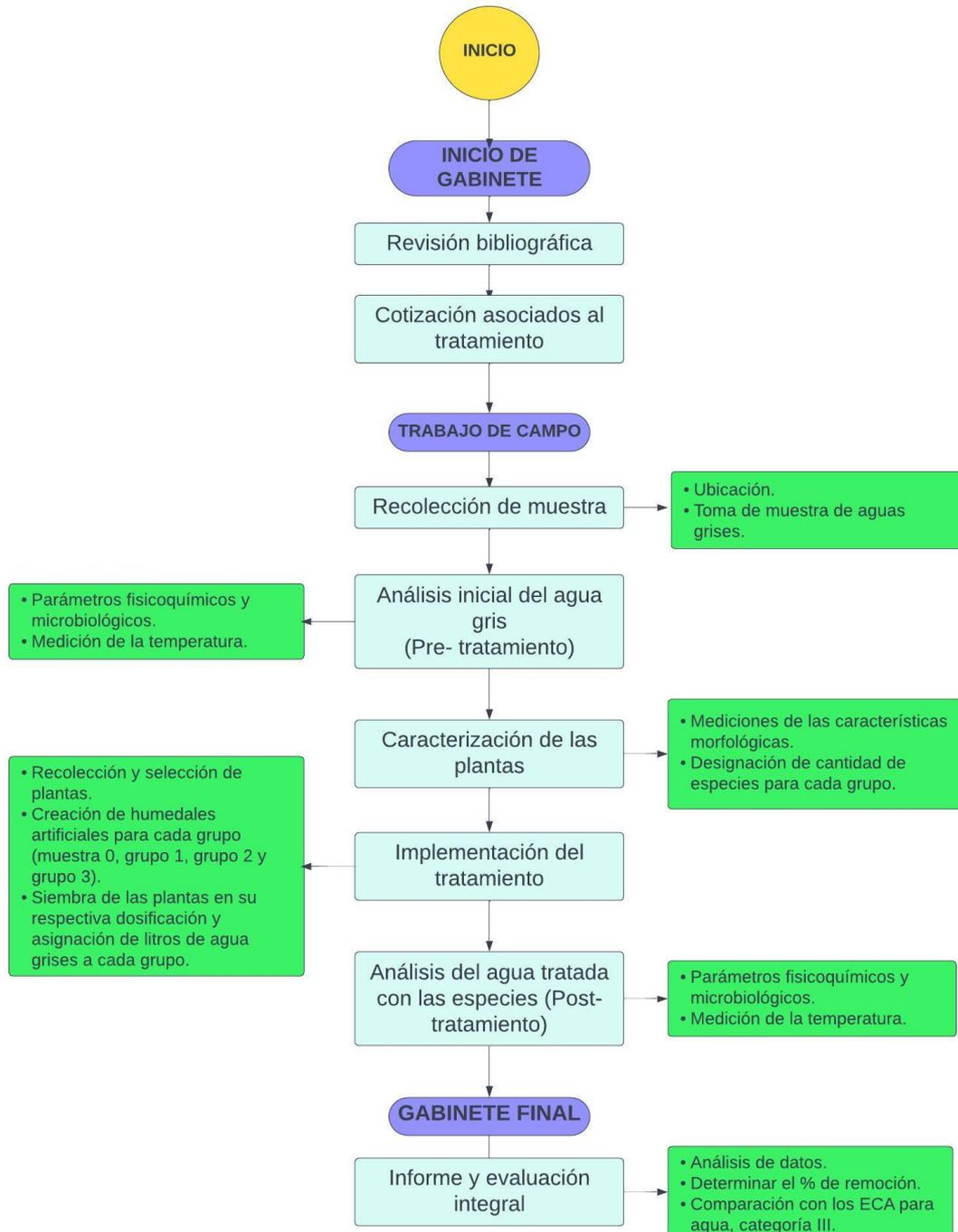


Figura 4. Diagrama de flujo del método global de la investigación

## **Etapa 1: Inicio de gabinete**

**Revisión Bibliográfica:** En este contexto, se efectuó la evaluación teórica de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*, con el objetivo de recopilar información sobre su potencial producción en el distrito de Pachacamac, así como su capacidad y eficacia en el tratamiento de aguas residuales.

**Cotización asociados al tratamiento:** Además, se determinó el costo asociado al análisis de las muestras de agua residuales domésticas extraídas del vertimiento del distrito, considerando los gastos de laboratorio. También se cotizó los precios de las peceras y la adquisición de las especies a emplear en la investigación.

## **Etapa 2: Trabajo en campo**

### **Recolección de muestra**

**Localización de la toma de muestra:** La obtención de agua gris se realizó en la comunidad Las Palmas, ubicada en el distrito de Pachacamac, departamento de Lima. Las coordenadas UTM de este sitio son 18L 294056 8647012.

**Toma de muestras de aguas grises:** La recolección de agua gris es proveniente de los hogares de la Urbanización Las Palmas, dónde se utilizó un balde de 10 litros que se entregó a cada jefe de familia y dichos baldes fueron retirados un día después para llegar a un total de 80 litros.

### **Análisis inicial del agua gris (Pre- tratamiento)**

**Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos:** Para determinar la concentración la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se llevó las muestras al laboratorio R-LAB.

**Medición de la temperatura:** Se realizó la medición directa de la temperatura del agua gris de cada pecera utilizando un termómetro.

## **Caracterización de las plantas**

**Mediciones de las características morfológicas:** Se realizó el registro de datos de las 13 plantas de *Ludwigia Repens*, 13 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 13 plantas de *Phragmites Australis* en el formato **(Ficha 01)** en el Anexo 2, relacionados con el número de hojas, diámetro de raíz, altura de la planta, cantidad de flores y grosor del tallo.

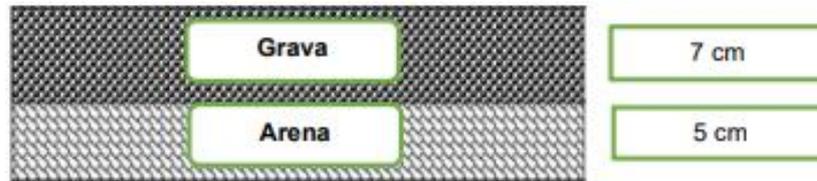
**Designación de cantidad de especies para cada grupo:** Implicó asignar y registrar la cantidad específica de cada una de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* a los grupos correspondientes. En la muestra 0 (testigo), no hay presencia de las especies; en el grupo 1 que involucra tres peceras, se asignaron específicamente la cantidad de tres plantas de una sola especie a cada una de las peceras (3 de *Ludwigia Repens*, 3 de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 de *Phragmites Australis*); en el grupo 2, que involucra tres peceras, se asignaron la cantidad de siete plantas de una sola especie por pecera (7 de *Ludwigia Repens*, 7 de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 *Phragmites Australis*) y en el grupo 3, dónde solo hay una pecera, se designó la cantidad de 3 plantas por especies, dando un total de nueve plantas juntas en un espacio compartido.

## **Implementación del tratamiento**

**Recolección y selección de plantas:** Se seleccionó un total de 13 plantas de *Ludwigia Repens*, 13 de *Zantedeschia Aethiopica* y 13 de *Phragmites Australis*, estas especies se recolectaron de un vivero y transportaron con facilidad hacia Mz C lote 24 Barrio 2, 4 etapa Urbanización Pachacamac.

**Creación de humedales artificiales:** Se prepararon seis (6) peceras con dimensiones de 40x20x30 cm, y dos peceras con dimensiones de 60x40x55 cm, destinadas para la introducción de las especies macrófitas. En el sistema FLS (humedal artificial subsuperficial), a cada pecera se añadió 5 cm de alto de arena y 7 cm de alto de grava **(Figura 5)**. Según Quevedo (2021), estos sustratos proporcionan el entorno adecuado para el crecimiento y desarrollo de las macrófitas, así como para el tratamiento del agua ya que, proporcionan

un medio poroso y retentivo que promueve la infiltración, la retención de nutrientes y la depuración del agua a través de procesos fisicoquímicos y biológicos.



**Figura 5: Distribución de sustratos**

**Siembra de las plantas y asignación de litros de agua grises a cada grupo:** Se procedió a sembrar las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. Antes de comenzar con el tratamiento se colocó 8 litros de agua gris en una pecera sin presencia de las especies, la cual servirá como muestra piloto – M0 (**Figura 6**).



**Figura 6: M0 sin ningún tratamiento**

Para el trasplante en el humedal, cada grupo de peceras tiene una configuración diferente de plantas:

- En el primer grupo se utilizaron tres peceras, en cada pecera se plantó exclusivamente tres plantas de una sola especie, tal como: 3 de *Ludwigia Repens* (**Figura 7**), 3 de *Zantedeschia Aethiopica*

(Figura 8) y 3 de *Phragmites Australis* (Figura 9), dónde se asignaron ocho (8) litros de agua grises a cada uno de los tratamientos.



Figura 7. Humedal artificial del Grupo 1 con 3 de *Ludwigia Repens*



Figura 8. Humedal artificial del Grupo 1 con 3 de *Zantedeschia Aethiopica*



**Figura 9. Humedal artificial del Grupo 1 con 3 de *Phragmites Australis***

- En el segundo grupo de igual manera se mantuvieron separadas las especies de plantas en tres peceras individuales, pero se aumentó la cantidad a siete plantas de una sola especie en lugar de tres donde se sembró: 7 de *Ludwigia Repens* (**Figura 10**), 7 de *Zantedeschia Aethiopica* (**Figura 11**) y 7 *Phragmites Australis* (**Figura 12**), y se asignaron 8 litros de agua gris a cada uno de los tratamientos, excepto en el tratamiento con *Zantedeschia Aethiopica* que se agregaron 16 litros de agua gris.



**Figura 10. Humedal artificial del Grupo 2 con 7 de *Ludwigia Repens***



**Figura 11. Humedal artificial del Grupo 2 con 7 de *Zantedeschia Aethiopica***



**Figura 12. Humedal artificial del Grupo 2 con 7 de *Phragmites Australis***

- En el tercer grupo se utilizó una sola pecera donde se sembró una cantidad de tres plantas por cada especie, es decir, la combinación de las tres especies de estudio dando un total de nueve plantas en una

pecera tal como: 3 de *Ludwigia Repens*, 3 de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 de *Phragmites Australis* (**Figura 13**) y se destinaron 16 litros de agua gris para este tratamiento.



**Figura 13. Grupo 3 con las tres especies juntas**

Las especies fueron sembradas aproximadamente 5 cm por debajo de la capa de sustrato.

#### **Análisis del agua tratada con las especies (Postratamiento)**

**Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos:** Por último, después de quince días se realizó el muestreo de agua gris de cada grupo para verificar si los parámetros evaluados se han reducido o aumentado. Para llevar a cabo este proceso, las muestras fueron enviadas al laboratorio y los resultados obtenidos serán posteriormente plasmados en las cadenas de custodia.

**Medición de la temperatura:** Se realizó la medición directa de la temperatura del agua gris de cada pecera utilizando un termómetro, después de quince días desde la primera medición.

### **Etapas 3: Gabinete final**

#### **Informe y evaluación integral**

**Análisis de datos:** Se recibieron los reportes de prueba generados por el laboratorio, los cuales comprenden el análisis de las muestras previo y posterior al tratamiento, fueron recibidos. Estos informes fueron objeto de un análisis e interpretación mediante el uso del programa estadístico SPSS 28 y Excel, además se utilizaron tablas y gráficos con el fin de facilitar la comprensión de los datos.

**Determinar el % de remoción:** Implicó comparar la concentración de los parámetros antes y después del tratamiento. Para hallar dicho % se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{IR (\%)} = \left( \frac{C_i - C_f}{C_i} \right) \times 100 \quad \dots (1)$$

Dónde (1):

$C_i$ : concentración inicial

$C_f$ : concentración final

**Comparación con los ECA para agua, categoría III:** Se efectuó una comparación entre los resultados obtenidos al implementar el Estándar de Calidad Ambiental para agua con destino con propósito agrícolas.

#### **3.6. Método de análisis**

Se utilizó el enfoque descriptivo, los resultados adquiridos de los ensayos de laboratorio fueron sometidos a análisis estadístico mediante el software SPSS 28. Los datos recopilados se presentaron en forma de tablas y gráficos, los cuales permitió visualizar la eficacia de los tratamientos utilizados. Posteriormente, se realizó una comparación de los resultados, a partir de ello se elaboraron las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

### **3.7. Aspectos éticos**

Durante la realización del estudio científico, se siguió rigurosamente las pautas y directrices establecidas en la guía de la Universidad César Vallejo. Además, se respetaron y citaron correctamente las contribuciones teóricas de los diversos autores mencionados a lo largo del estudio, siguiendo las Normas ISO 690. Se cumplió con el principio ético de beneficencia, dado que los resultados obtenidos respaldaron el empleo de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites* en el proceso de tratamiento de aguas grises. Además, se observó el principio de no maleficencia, ya que la investigación se efectuó exclusivamente con objetivos académicos, sin la intención de causar daño o perjuicio a la sociedad y al ecosistema.

#### IV. RESULTADOS

Este capítulo presenta los hallazgos obtenidos en la investigación, el impacto de los macrófitos *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en la disminución de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicas. Se incluyen tablas y gráficos de “concentración de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicas para ilustrar los hallazgos y facilitar su interpretación. Los resultados se organizaron en secciones según los objetivos específicos de la investigación y se discuten en relación con las hipótesis planteadas. Al cierre de este apartado, se exponen las conclusiones generales que se deducen de los resultados obtenidos.

##### 4.1. Características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* pre y postratamiento

###### Grupo 1:

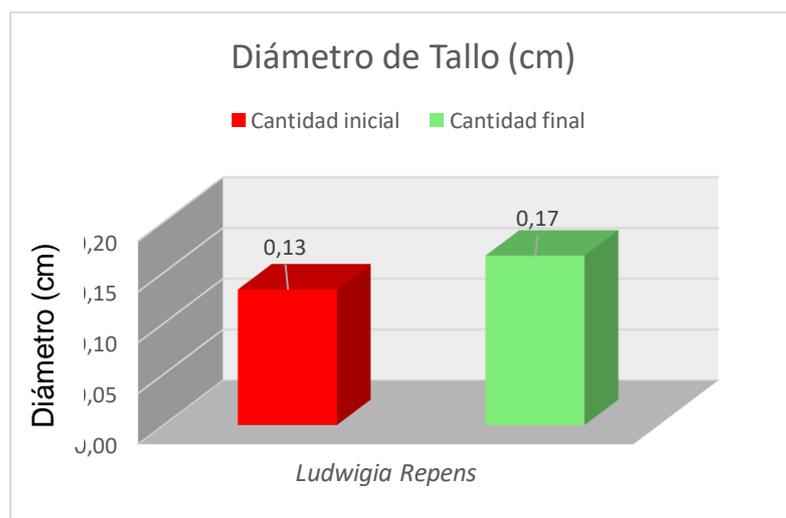
**Tabla 2. Características morfológicas de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* del Grupo 1**

GRUPO 1						
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	CANTIDAD INICIAL			CANTIDAD FINAL		
	3 especies de <i>Ludwigia Repens</i>	3 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	3 especies de <i>Phragmites Australis</i>	3 especies de <i>Ludwigia Repens</i>	3 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	3 especies de <i>Phragmites Australis</i>
Número de hojas	23.67	10.67	15.67	5.33	6.67	15.67
Diámetro de raíz	0.05	0.25	0.24	0.06	0.29	0.28
Altura de planta	10.33	60.00	83.00	9.00	54.67	83.00
Diámetro de tallo	0.13	4.33	1.43	0.17	4.00	1.43
Número de flores	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

Se observaron cambios significativos en las características morfológicas para el **grupo 1** con relación a las tres especies evaluadas. Como se puede observar en la **Tabla 2**, la *Ludwigia Repens*, se registró un aumento en el diámetro del tallo, indicando un crecimiento robusto y saludable. Para *Zantedeschia Aethiopica*, tanto el aumento en el diámetro de la raíz como el

notable cambio de 0.25 a 0.29 cm, la ausencia a la presencia de flores de 0.00 a 1.00, lo que sugieren un desarrollo positivo, incluyendo el inicio del proceso de floración. Asimismo, *Phragmites Australis* exhibió un crecimiento saludable del sistema radicular al experimentar un aumento en el diámetro de la raíz. Estos cambios pueden asociarse con una mejor absorción de nutrientes y agua, destacando un progreso positivo en las características morfológicas de las especies analizadas.

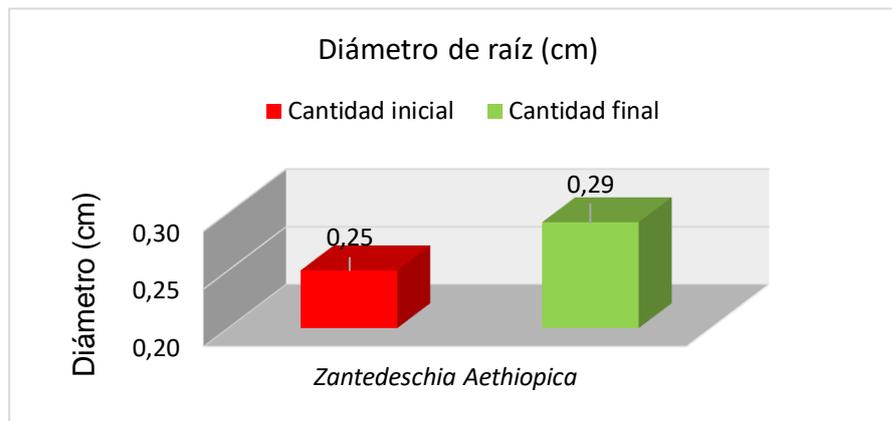
A continuación, en la **Figura 14**, se observa el aumento en el diámetro del tallo de *Ludwigia Repens*, de 0.13 cm a 0.17 cm en un breve período de 15 días, es un indicativo alentador de un crecimiento positivo. Este incremento sugiere que la planta se está adaptando de manera efectiva a las condiciones fisicoquímicas del agua gris en la que se encuentra. La rapidez en el cambio morfológico del tallo indica un ritmo de crecimiento significativo durante los 15 días de tratamiento.



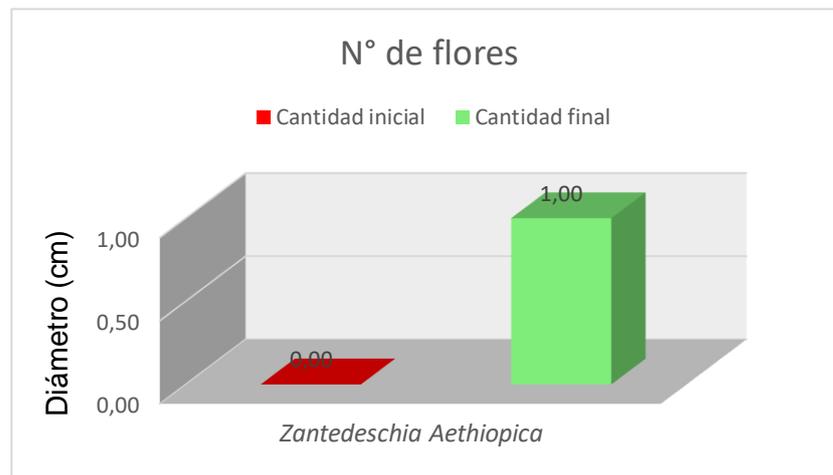
**Figura 14. Diámetro del Tallo de la especie *Ludwigia Repens* cantidad inicial y final del Grupo 1**

Por otra parte, en la **Figura 15**, se observa que, el diámetro de la raíz de *Zantedeschia Aethiopica* pasó de 0.25 cm inicial a 0.29 cm final en un período de 15 días, este aumento en el diámetro de la raíz sugiere un crecimiento positivo de *Zantedeschia Aethiopica* en respuesta a las condiciones del agua gris. Este cambio morfológico a los 15 días de tratamiento indica una adaptación eficiente de la planta a su entorno, ya que el incremento en el

tamaño de la raíz puede estar relacionado con la absorción de nutrientes y la búsqueda de recursos necesarios para su desarrollo.

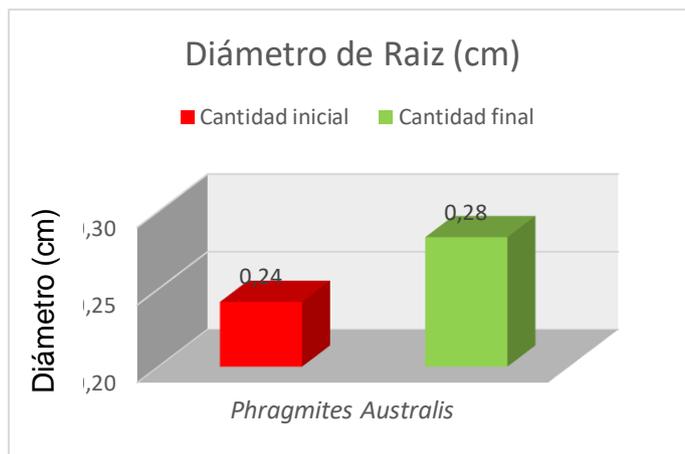


**Figura 15. Diámetro de raíz de la especie *Zantedeschia Aethiopica* cantidad inicial y final del Grupo 1**



**Figura 16. Número de flores de la especie *Zantedeschia Aethiopica* cantidad inicial y final del Grupo 1**

Adicionalmente a la especie *Zantedeschia Aethiopica*, en la **Figura 16**, se observa que, el número de flores de esta macrófita muestra un cambio significativo de 0.00 flores iniciales a 1.00 flores finales en un período de 15 días, esto sugiere un impacto positivo del tratamiento o las condiciones del agua gris en la floración de *Zantedeschia Aethiopica*. El aumento en el número de flores indica un desarrollo reproductivo exitoso de la planta durante el período de estudio. Además, La floración es un indicador importante del estado de salud y vitalidad de la planta, así como de su capacidad para adaptarse y reproducirse en el entorno de las aguas grises.



**Figura 17. Diámetro de raíz de la especie *Phragmites Australis* cantidad inicial y final del Grupo 1**

Finalmente, la última característica notoria del **grupo 1**, que se observa en la **Figura 17**, fue el diámetro de la raíz de *Phragmites Australis* mostrando un cambio de 0.24 cm al inicio a 0.28 cm al final en un período de 15 días lo que sugiere un crecimiento positivo, indicando la capacidad de la planta para adaptarse y desarrollarse eficazmente en las condiciones particulares del agua gris. Este cambio morfológico, apunta a una respuesta positiva de *Phragmites Australis* al tratamiento aplicado, lo que sugiere que la planta podría estar experimentando beneficios en términos de crecimiento y desarrollo debido a las condiciones mejoradas o modificadas del agua. La capacidad de esta planta acuática para ajustar el tamaño de sus raíces podría ser una manifestación de su adaptación exitosa al entorno acuático específico y a las variables ambientales asociadas.

### **Grupo 2:**

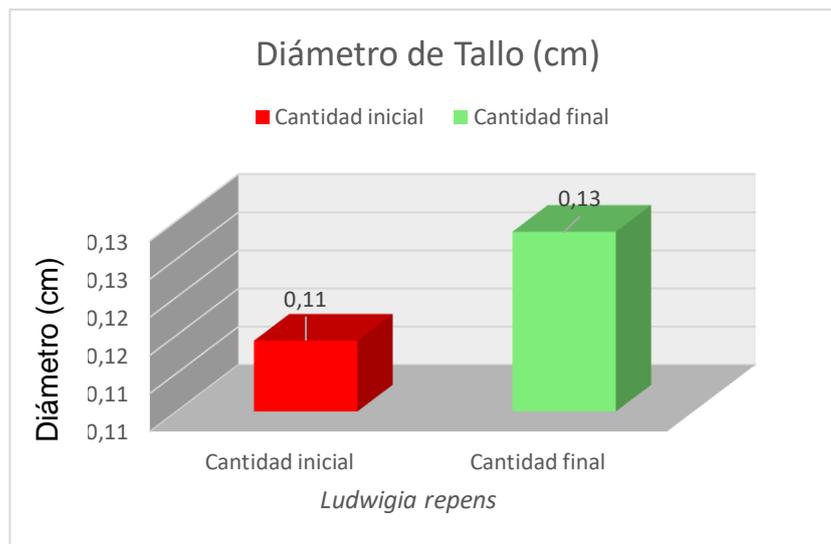
Las características morfológicas de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* del **grupo 2**, se muestra a detalle en la **Tabla 3**, donde se observa que durante el periodo de 15 días, se hallaron cambios significativos en diversas características morfológicas de este grupo en relación a las especies mencionadas en aguas grises. Por su parte, *Phragmites Australis* mantuvo constante el número de hojas, lo que sugiere una estabilidad en este aspecto. En cuanto al diámetro de raíz, *Ludwigia Repens* disminuyó ligeramente de 0.01 a 0.00, mientras que

*Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* experimentaron aumentos de 0.29 a 0.27 y de 0.16 a 0.19, respectivamente. El diámetro del tallo aumentó en *Ludwigia Repens* de 0.11 a 0.13 y en *Zantedeschia Aethiopica* de 3.93 a 4.00. Además, *Zantedeschia Aethiopica* mostró un incremento notable en el número de flores, pasando de 0.00 a 0.29. Estos cambios pueden indicar adaptaciones de las plantas a las condiciones específicas del tratamiento, posiblemente relacionadas con la presencia de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el entorno acuático, influyendo en su desarrollo y respuesta morfológica.

**Tabla 3. Características morfológicas de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* del Grupo 2**

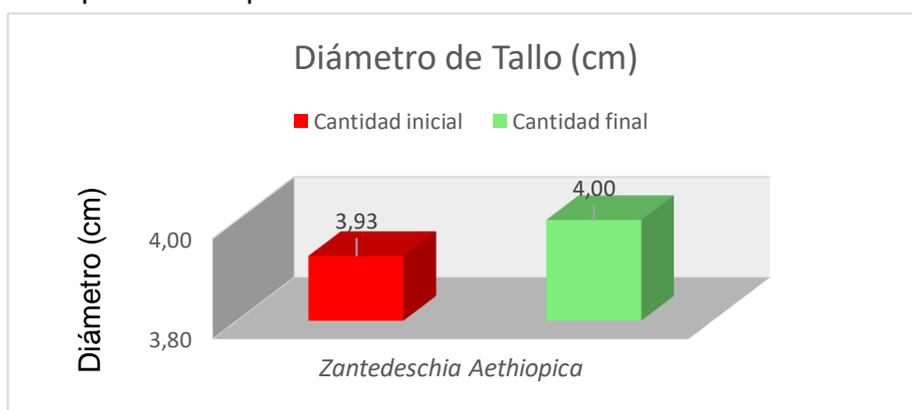
GRUPO 2						
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	CANTIDAD INICIAL			CANTIDAD FINAL		
	7 especies de <i>Ludwigia Repens</i>	7 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	7 especies de <i>Phragmites Australis</i>	7 especies de <i>Ludwigia Repens</i>	7 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	7 especies de <i>Phragmites Australis</i>
Número de hojas	27.57	6.71	14.29	2.43	4.43	14.29
Diámetro de raíz	0.01	0.29	0.16	0.00	0.27	0.19
Altura de planta	13.00	53.43	60.00	5.14	52.29	60.00
Diámetro de tallo	0.11	3.93	1.64	0.13	4.00	1.64
Número de flores	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00

Para la especie *Ludwigia Repens* en el **grupo 2**, se halló el aumento en el diámetro del tallo, de 0.11 cm a 0.13 cm en un período de 15 días, sugiere un crecimiento positivo de la planta en respuesta a las condiciones del tratamiento en aguas grises. Este cambio morfológico podría interpretarse como una adaptación exitosa de *Ludwigia Repens* al entorno específico del estudio, indicando que las condiciones del agua gris podrían estar favoreciendo el desarrollo y la salud de la planta. **(Figura 18)**



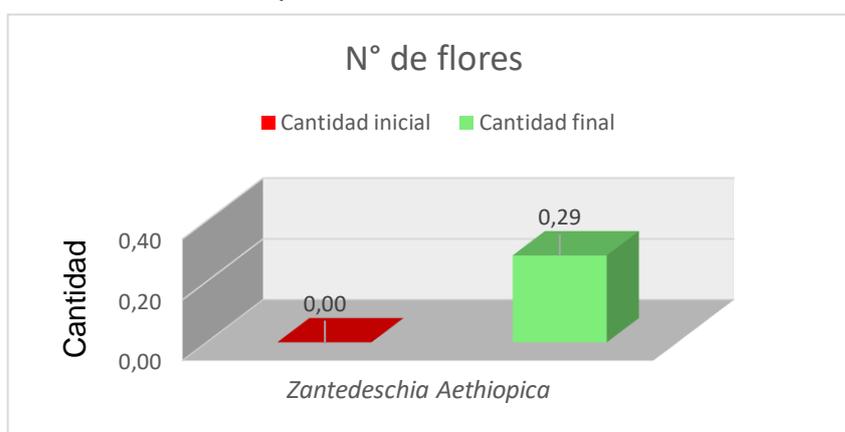
**Figura 18. Diámetro de tallo de la especie *Ludwigia Repens* cantidad inicial y final del Grupo 2**

Consecuentemente el diámetro de tallo para la especie *Zantedeschia Aethiopica* también mostró un cambio significativo, de 3.93 cm a 4.00 cm (**Figura 19**) en un período de 15 días, sugiere un crecimiento moderado de la planta en respuesta a las condiciones del tratamiento en aguas grises. Este cambio morfológico podría interpretarse como una adaptación positiva de *Zantedeschia Aethiopica* al entorno específico del agua gris, indicando que estas condiciones pueden estar influyendo de manera favorable en el desarrollo y la salud de la planta. Aunque el incremento en el diámetro del tallo no es muy grande, puede ser un indicador de un crecimiento continuo y saludable de la especie en el período de observación.

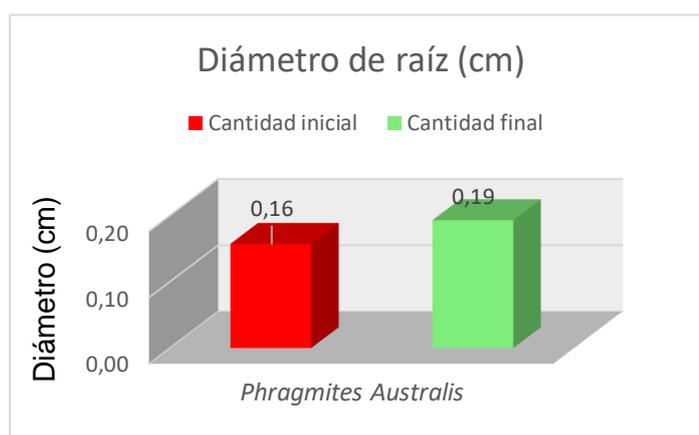


**Figura 19. Diámetro de tallo de la especie *Zantedeschia Aethiopica* cantidad inicial y final del Grupo 2**

Adicionalmente la especie *Zantedeschia Aethiopica*, se observó un aumento en el número de flores de esta especie, que es 0.00 al inicio del tratamiento y 0.29 al final del tratamiento (**Figura 20**), llevado a cabo en un período de 15 días, lo que sugiere un cambio notable en la morfología floral de la planta en respuesta a las condiciones del tratamiento en aguas grises. Este incremento podría interpretarse como un indicador positivo de la respuesta reproductiva de *Zantedeschia Aethiopica* a las condiciones específicas del entorno acuático durante el período de observación. La presencia de flores puede indicar un estado más avanzado de desarrollo y, potencialmente, una adaptación exitosa de la planta al tratamiento aplicado.



**Figura 20. Número de flores de la especie *Zantedeschia Aethiopica* cantidad inicial y final del Grupo 2**



**Figura 21. Diámetro de raíz de la especie *Phragmites Australis* cantidad inicial y final del Grupo 2**

Finalmente, en el **Grupo 2**, se halló un aumento en el diámetro de la raíz de *Phragmites Australis*, de 0.16 cm inicial a 0.19 cm final (**Figura 21**) en un

período de 15 días, sugiere un crecimiento positivo de la planta en respuesta a las condiciones del tratamiento en aguas grises, este aumento en el diámetro de la raíz generalmente se asocia con un crecimiento saludable y una mayor capacidad de absorción de nutrientes del sustrato y las condiciones del agua gris.

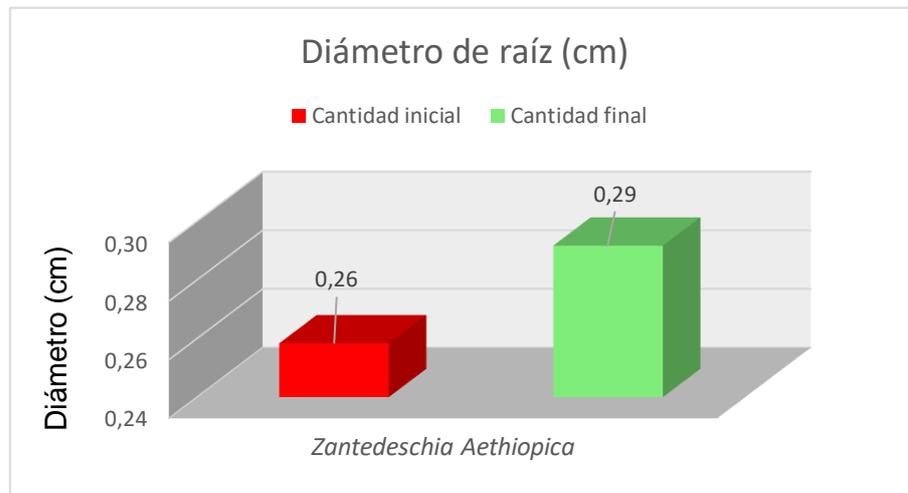
**Grupo 3:**

**Tabla 4. Características morfológicas de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* del Grupo 3**

GRUPO 3						
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	CANTIDAD INICIAL			CANTIDAD FINAL		
	3 especies de <i>Ludwigia Repens</i>	3 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	3 especies de <i>Phragmites Australis</i>	3 especies de <i>Ludwigia Repens</i>	3 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	3 especies de <i>Phragmites Australis</i>
Número de hojas	34.33	6.33	19.67	1.33	4.33	20.67
Diámetro de raíz	0.03	0.26	0.25	0.01	0.29	0.31
Altura de planta	16.33	58.33	63.67	5.00	55.33	63.67
Diámetro de tallo	0.10	4.83	1.50	0.10	4.33	1.50
Número de flores	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

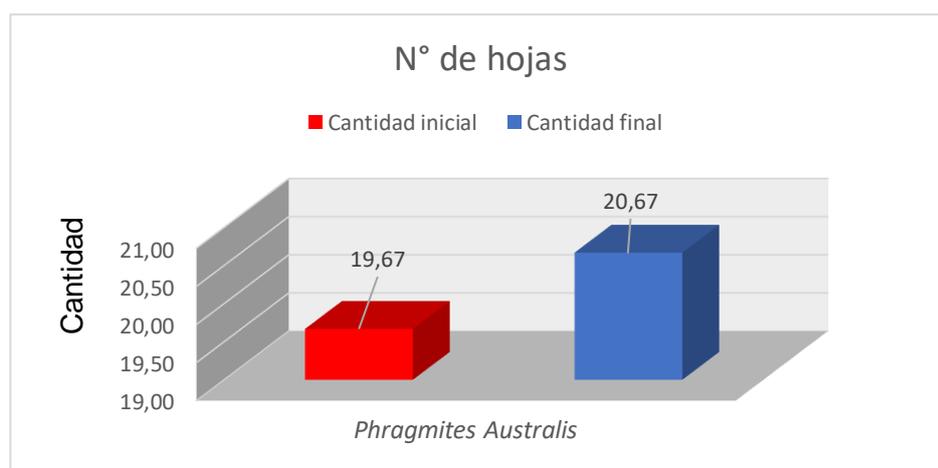
De la **Tabla 4**, se observa que, del **grupo 3** muestra el incremento en el número de hojas de la *Phragmites Australis*, de 19.67 a 20.67, apunta a un aumento en la densidad foliar de la especie durante el período de 15 días en aguas grises. Esta respuesta sugiere un crecimiento saludable y un desarrollo positivo de las hojas en el entorno específico del tratamiento, indicando una adaptación favorable de *Phragmites Australis*. En cuanto al diámetro de la raíz, el aumento observado tanto en *Zantedeschia Aethiopica* (de 0.26 a 0.29 cm) como en *Phragmites Australis* (de 0.25 a 0.31 cm) indica una adaptación y un crecimiento en el sistema radicular de ambas especies. Este incremento en el diámetro radicular podría estar asociado a una mejora en la capacidad de absorción de nutrientes del suelo, reflejando una adaptación eficaz al ambiente de aguas grises. En conjunto, estos cambios morfológicos resaltan la capacidad de *Phragmites Australis* y *Zantedeschia Aethiopica* para

responder de manera positiva y adaptarse a las condiciones específicas del tratamiento en el periodo de 15 días de observación.



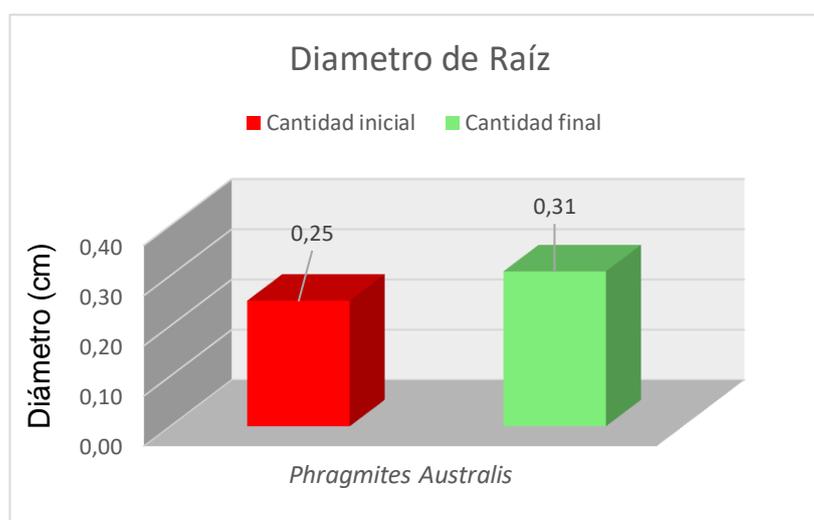
**Figura 22. Diámetro de raíz de la especie *Zantedeschia Aethiopica* cantidad inicial y final del Grupo 3**

De la **Figura 23**, se observa el aumento en el número de hojas de *Phragmites Australis*, de 19.67 inicial a 20.67 al final en un período de 15 días en aguas grises, sugiere un crecimiento positivo de la especie durante el período de observación. el aumento en el número de hojas de *Phragmites Australis* indica una respuesta positiva de la planta al entorno de aguas grises, y la interpretación de este cambio debe considerar la compleja interacción entre los compuestos químicos, factores físicos y biológicos presentes en el agua gris.



**Figura 23. Número de hojas de la especie *Phragmites Australis* cantidad inicial y final del Grupo 3**

Asimismo, la especie *Phragmites Australis* tuvo otra característica que resaltó en el aumento en el diámetro de la raíz de *Phragmites Australis*, de 0.25 cm al inicio a 0.31 cm al final (**Figura 24**) en un período de 15 días en aguas grises, sugiere un crecimiento positivo y adaptación de la planta a las condiciones específicas del tratamiento, estos cambios morfológicos en el diámetro de la raíz proporciona información valiosa sobre cómo *Phragmites Australis* responde a las complejas interacciones entre los compuestos químicos, factores físicos y biológicos en las aguas grises.



**Figura 24. Diámetro de raíz de la especie *Phragmites Australis* cantidad inicial y final del Grupo 3**

#### **4.2. Cantidad adecuada de especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en el tratamiento de aguas grises**

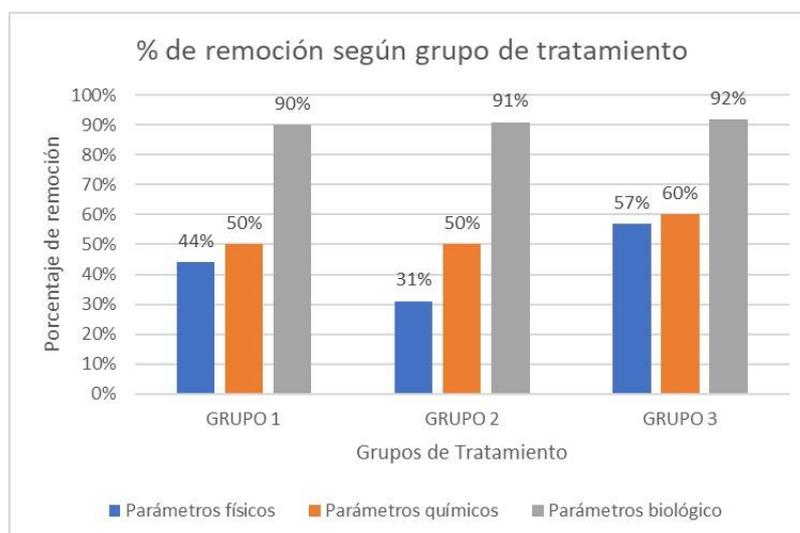
De los procesos de tratamiento con las especies vegetales utilizadas en la investigación, se determinó la cantidad adecuada de especies que permite reducir los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas grises, tal como se aprecia en la **Tabla 5**, donde se identifica con bastante claridad que el tratamiento relacionado con el **grupo 3**, fue el que generó los mayores niveles de reducción alcanzando valores de 57%, 60% y 92%; mientras que para el **grupo 1** solo llega a 44%, 50% y 90%.

En la **Figura 25**, se muestra el análisis comparativo de la distribución de los porcentajes de reducción de los parámetros físico y químicos y biológicos, en relación con los tratamientos utilizados (Grupos), donde se corrobora que el **grupo 3**, fue el que mejor nivel de reducción alcanzó en función a las nueve

(9) plantas utilizadas, las cuales se distribuyeron en cantidades de 3 por cada especie.

**Tabla 5. Cantidad de especies vegetales en la remoción de contaminantes fisicoquímicos y biológicos de aguas grises**

Grupos de tratamientos	Cantidades de especies utilizadas por tratamiento				Porcentaje de reducción de parámetros		
	<i>Ludwigia Repens</i>	<i>Zantedeschia Aethiopica</i>	<i>Phragmites Australis</i>	Total	Físico	Químico	Biológico
Grupo 1	3	3	3	9	44%	50%	90%
Grupo 2	7	7	7	21	31%	50%	91%
Grupo 3	3	3	3	9	57%	60%	92%



**Figura 25. Porcentaje de remoción según grupo de tratamiento**

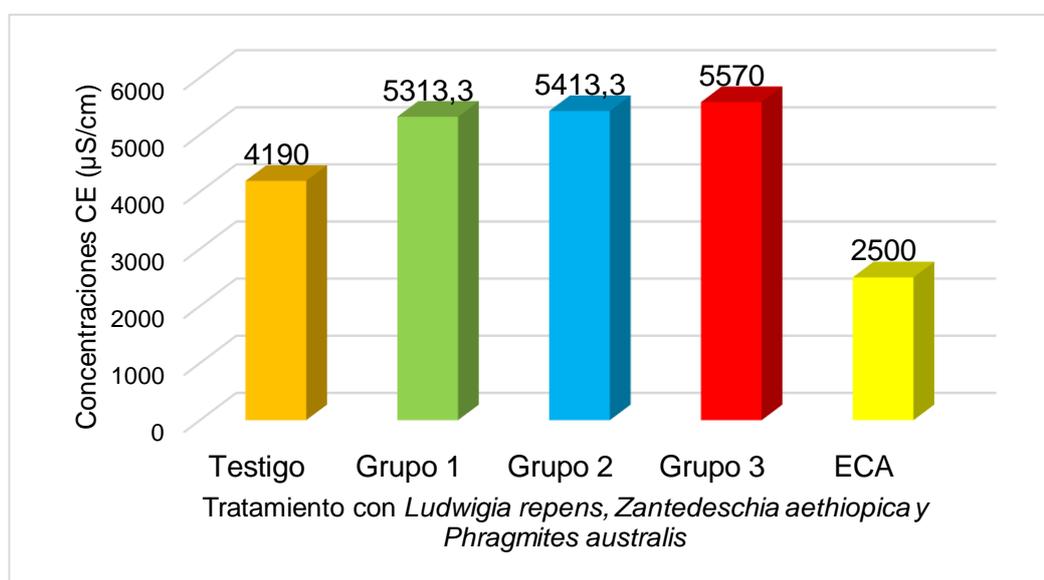
**4.3. Objetivo específico 3: Características fisicoquímicas y microbiológicas removidas de las aguas grises pre y postratamiento mediante *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.**

En la **Tabla 6**, se determinaron parámetros físicos como conductividad eléctrica, turbidez y temperatura de aguas grises de uso agrícola en Pachacamac bajo sistemas de tratamiento con las especies vegetales *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.

**Tabla 6. Remoción de los parámetros físicos de las aguas grises pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Parámetros físicos	Unidad	Testigo	Grupo 1 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	Grupo 2 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	Grupo 3 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )
CE	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	4190.0	5313.3	5413.3	5570.0
Turbidez	NTU	290.0	263.3	123.3	270.0
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	22.0	21.0	21.0	21.0

#### 4.3.1. Conductividad eléctrica



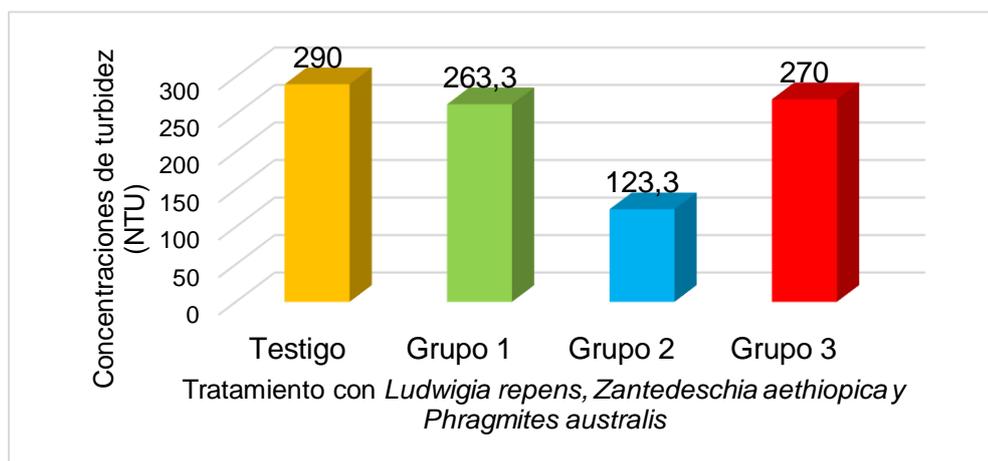
**Figura 26. Remoción de la conductividad eléctrica de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 26**, las aguas grises tratadas para uso agrícola en Pachacámac, ostentan 4190 microSiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de conductividad eléctrica en el pretratamiento sin las plantas remediadoras; 5313.3 microSiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 5413.3 microSiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de conductividad eléctrica del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7

plantas de *Phragmites Australis*; 5570 microSiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de conductividad eléctrica del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*, por encima del ECA para aguas, indicándonos que, dicho efluente tiene elevada capacidad para transportar corriente eléctrica mediante los iones disueltos positivos como sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ).

Es preciso mencionar que, el aumento de la conductividad eléctrica se debe a la presencia de sales en el tratamiento. Según Díaz et al. (2021) indica que, durante el proceso de electrocoagulación (EC) para el tratamiento de aguas residuales, la variación en la conductividad eléctrica (CE) y la corriente se atribuye a la formación de hidróxidos de hierro, generados por la oxidación de electrodos de hierro durante la operación. Estas reacciones químicas con los componentes del agua residual, especialmente  $\text{Fe}^{+3}$  y  $\text{Fe}^{+2}$ , resultan en la formación de diversas sales metálicas, provocando un aumento en la conductividad eléctrica y la corriente observados durante el tratamiento electroquímico de las aguas grises.

#### 4.3.2. Turbidez



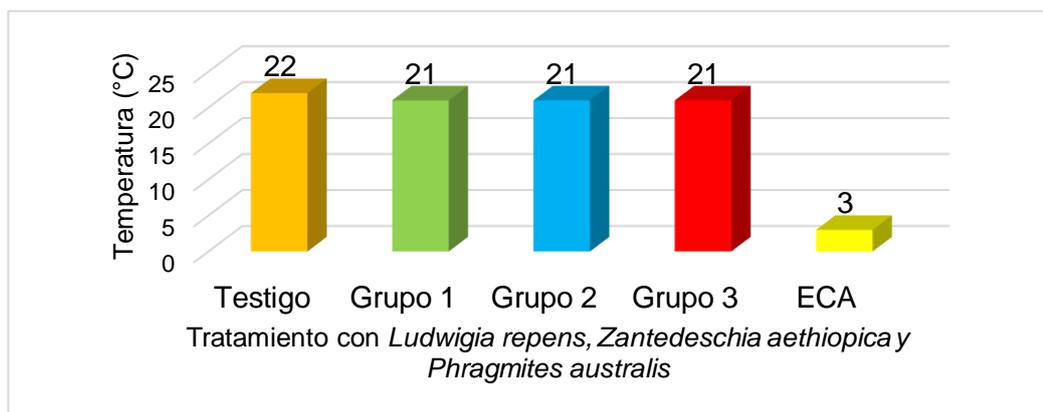
**Figura 27. Remoción de la turbidez de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 27**, las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, ostentan 290 Nephelometric Turbidity Unit (NTU) de turbidez del

pretratamiento sin las plantas remediadoras; 263.3 Nephelometric Turbidity Unit (NTU) de turbidez del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 123.3 Nephelometric Turbidity Unit (NTU) de turbidez del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 270 Nephelometric Turbidity Unit (NTU) de turbidez del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas *Zantedeschia aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites australis*.

#### 4.3.3. Temperatura

En la **Figura 28**, las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, muestran 22 grado Celsius (°C) de temperatura del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 21 grado Celsius (°C) de temperatura del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 21 grado Celsius (°C) de temperatura del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; y 21 grado Celsius (°C) de temperatura del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*, por debajo del ECA para aguas que oscila en una variación de 3 a 30 grado Celsius (°C).



**Figura 28. Remoción de la temperatura de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Posteriormente se establecieron los parámetros químicos como pH, aceites y grasas, fósforo, fosfato, nitrato, sólidos disueltos, boro, sodio, DBO, DQO, oxígeno disuelto, detergentes (SAAM) de aguas grises de uso agrícola en Pachacámac bajo sistemas de tratamiento con las especies vegetales *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. (Tabla 7)

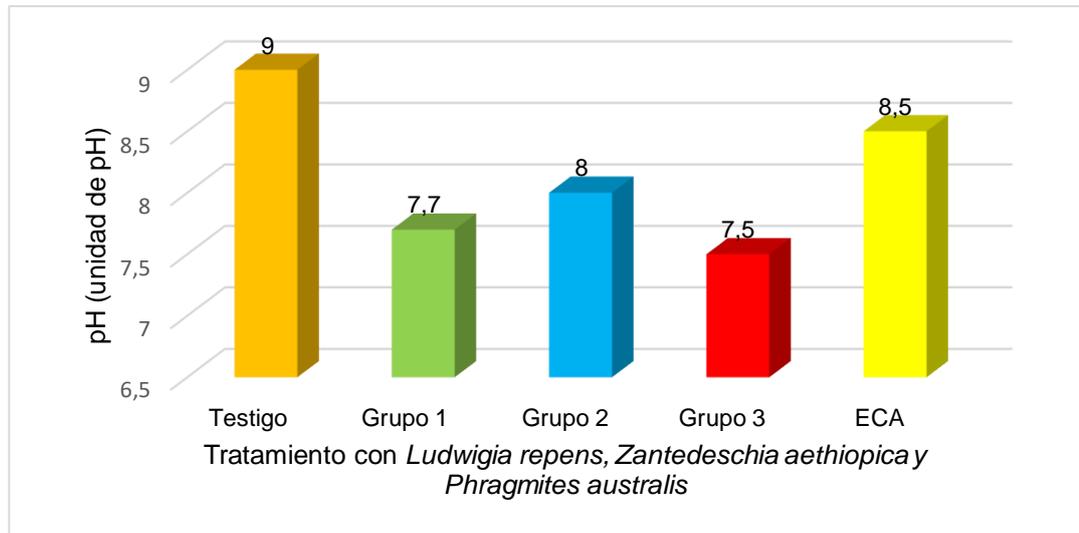
**Tabla 7. Remoción de los parámetros químicos de las aguas grises pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Parámetros químicos	Unidad	Testigo ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	Grupo 1 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	grupo 2 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	grupo 3 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )
pH	Unidad de pH	9.0	7.7	8.0	7.5
Aceites y grasas	mg/L	5.4	5.2	4.9	4.7
Fósforo	mg/L	0.7	1.6	1.6	1.7
Fosfato	mg/L	1.5	4.8	4.8	5.2
Nitrato	mg/L	1.7	0.6	0.6	0.3
Sólidos disueltos	mg/L	2070.0	2618.7	2709.3	2740.0
Boro	mg/L	0.3	0.3	0.3	0.3
Sodio	mg/L	798.0	726.7	835.7	874.0
DBO	mg/L	1498.0	269.0	230.7	287.0
DQO	mg/L	3785.0	1768.3	1818.3	1185.0
Oxígeno disuelto	mg/L	0.1	2.0	3.7	5.8
Detergentes (SAAM)	mg/L	1.5	0.7	0.3	0.1

#### 4.3.4. pH

En la **Figura 29**, las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, muestran 9 unidad de pH del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 7.7 unidad de pH del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 8 unidad de pH del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 7.5 unidad de pH del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3

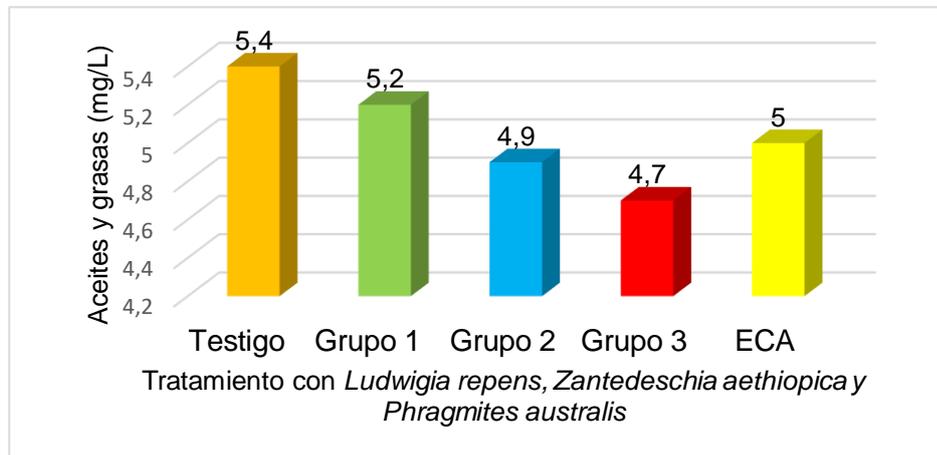
plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*, evidenciando que el mejor tratamiento tuvo el grupo 3 por tener un pH



relativamente neutro por debajo del ECA para aguas que oscila entre 6.5 a 8.5 de unidad de pH.

**Figura 29. Remoción de pH de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

#### 4.3.5. Aceites y grasas

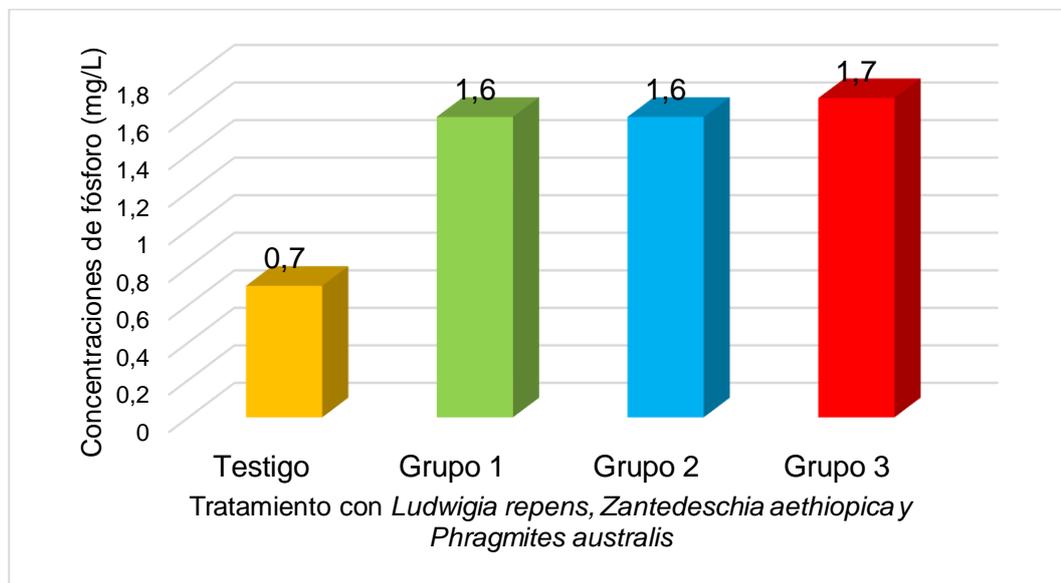


**Figura 30. Remoción de aceites y grasas de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 30**, las aguas grises tratadas para uso agrícola en Pachacámac, muestran 5.4 mg/L de aceites y grasas del pretratamiento sin

las plantas remediadoras; 5.2 mg/L de aceites y grasas del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 4.9 mg/L de aceites y grasas del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 4.7 mg/L de aceites y grasas del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*, inferior al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido para aguas clasificadas en la categoría 3 destinadas al riego de vegetales y consumo animal.

#### 4.3.6. Fósforo



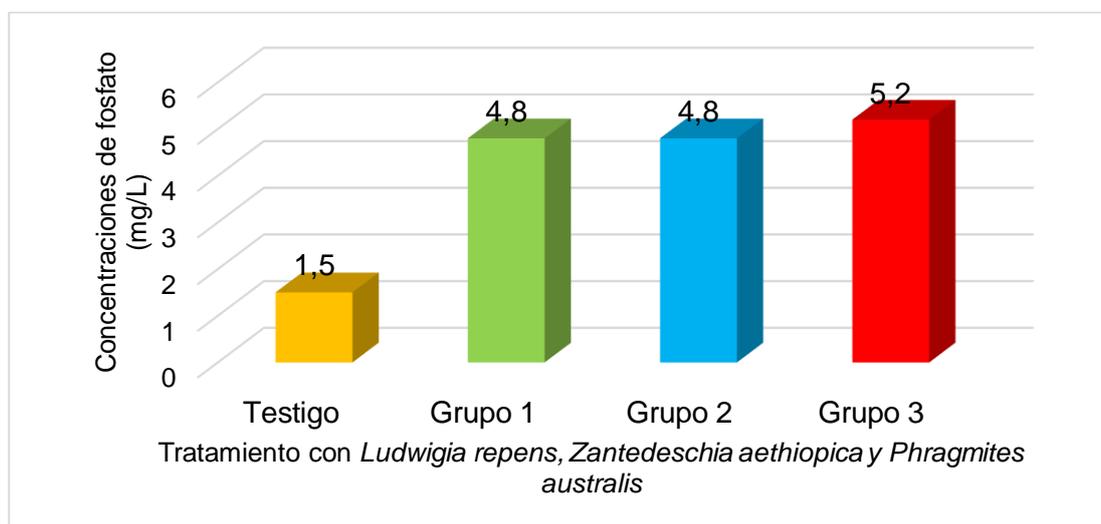
**Figura 31. Remoción de fósforo de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 31**, las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, muestran 0.7 mg/L de fósforo del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 1.6 mg/L de fósforo del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 1.6 mg/L de fósforo del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 1.7 mg/L de fósforo del tratamiento tres con 3 plantas

de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*.

#### 4.3.7. Fosfato

En la **Figura 32**, las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, muestran 1.5 mg/L de fosfato del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 4.8 mg/L de fosfato del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 4.8 mg/L de fosfato del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 5.2 mg/L de fosfato del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*.

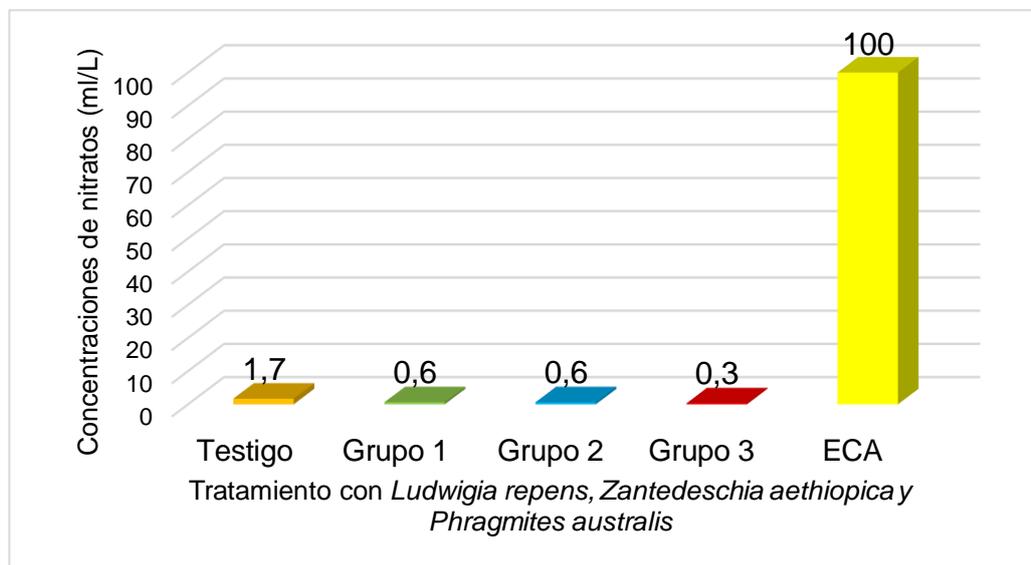


**Figura 32. Remoción de fosfato de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

#### 4.3.8. Nitratos

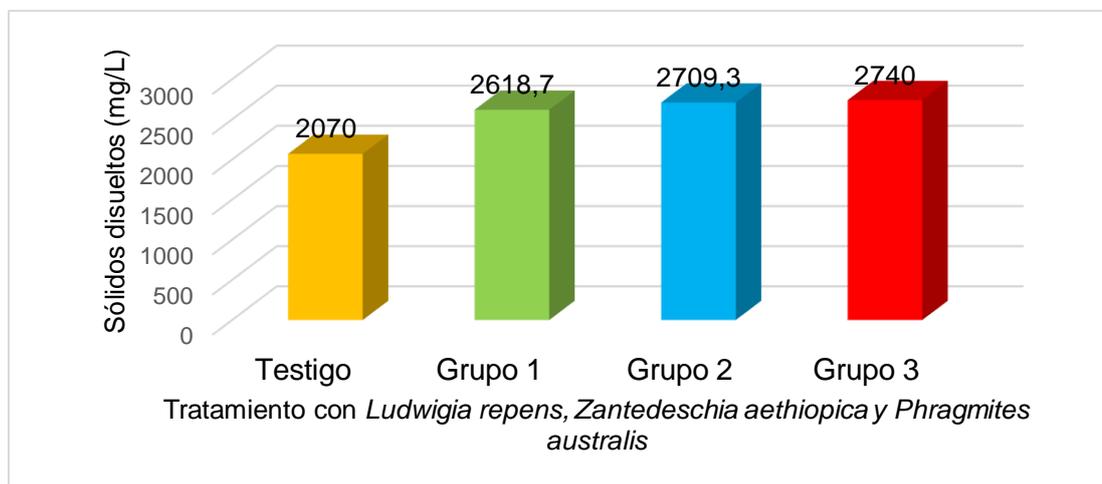
En la **Figura 33**, Las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, muestran 1.7 mg/L de nitratos del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 0.6 mg/L de nitratos del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 0.6 mg/L de nitratos del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de

*Phragmites Australis*; 0.3 mg/L de nitratos del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*. por debajo del ECA 100 mg/L para aguas clasificadas en la categoría 3 destinadas al riego de vegetales y consumo animal.



**Figura 33. Remoción de nitratos de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

#### 4.3.9. Sólidos disueltos

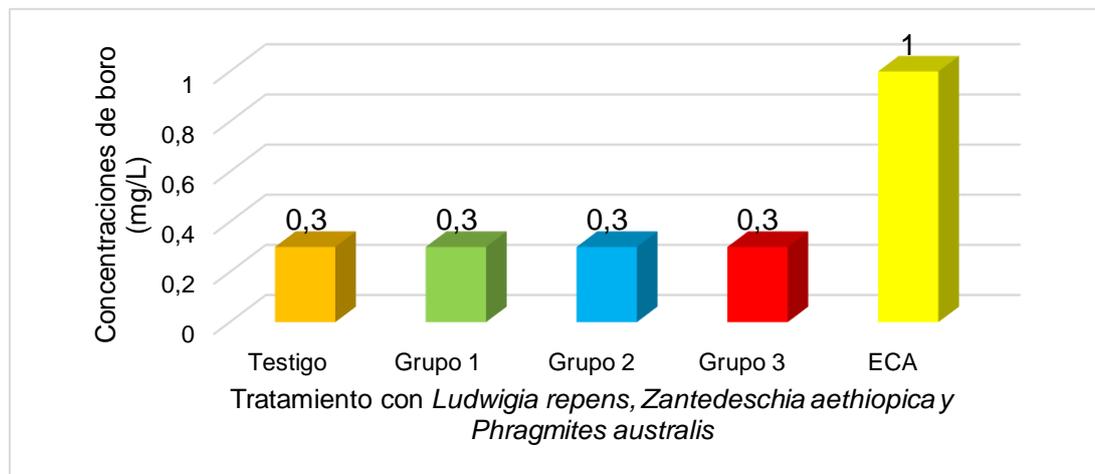


**Figura 34. Remoción de sólidos disueltos de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 34**, las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, muestran 2070 mg/L de sólidos disueltos del pretratamiento sin las plantas

remediadoras; 2318.7 mg/L de sólidos disueltos del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 2709.3 mg/L de sólidos disueltos del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 2740 mg/L de sólidos disueltos del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*.

#### 4.3.10. Boro

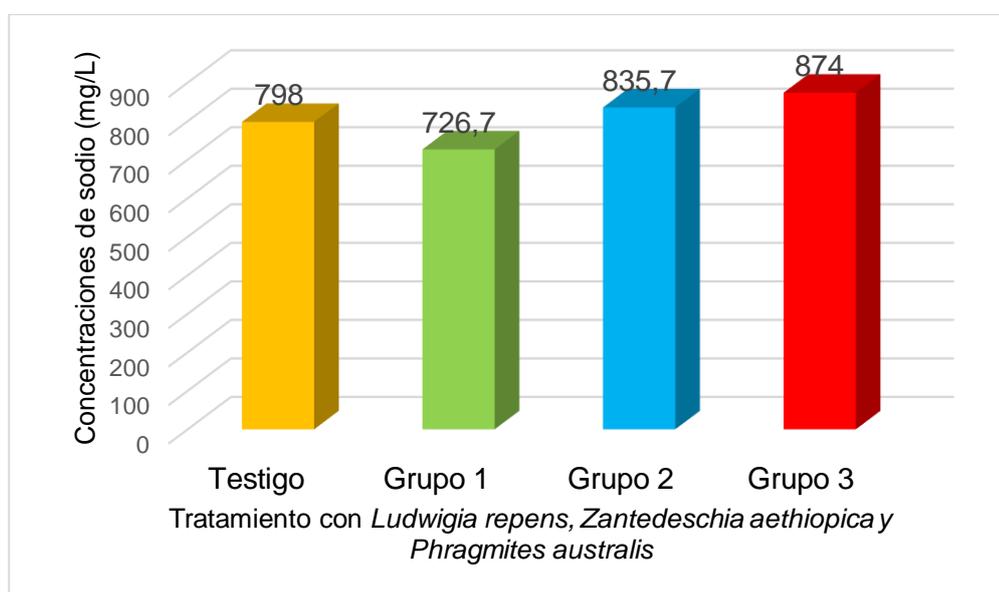


**Figura 35. Remoción de boro de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 35**, las aguas grises tratadas para uso agrícola en Pachacámac, muestran 0.3 mg/L de boro del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 0.3 mg/L de boro del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 0.3 mg/L de boro del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 0.3 mg/L de boro del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*. por debajo del ECA 1 mg/L para aguas de la categoría 3 para riego de vegetales y consumo animal.

#### 4.3.11. Sodio

En la **Figura 36**, las aguas grises tratadas para uso agrícola en Pachacámac, muestran 798 mg/L de sodio del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 726.7 mg/L de sodio del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 835.7 mg/L de sodio del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 874 mg/L de sodio del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*.

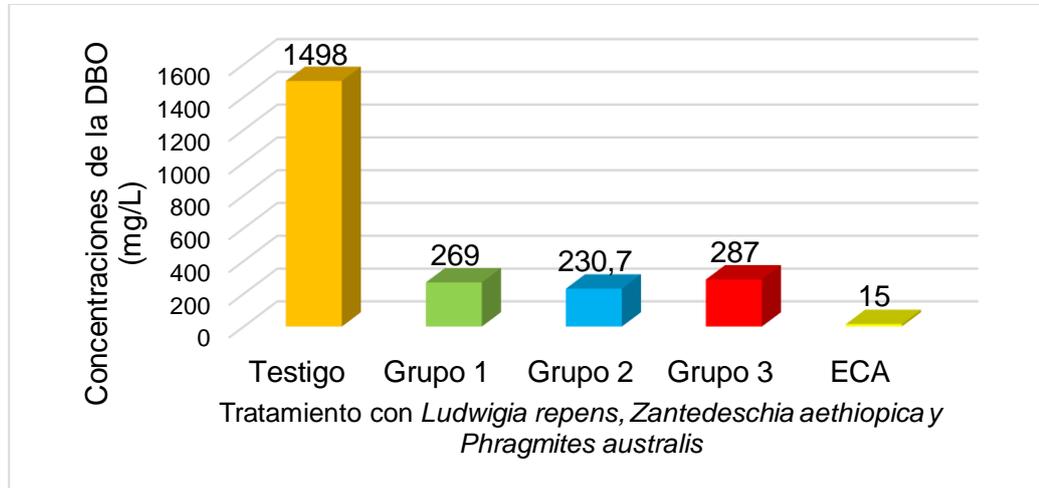


**Figura 36. Remoción de sodio de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

#### 4.3.12. DBO

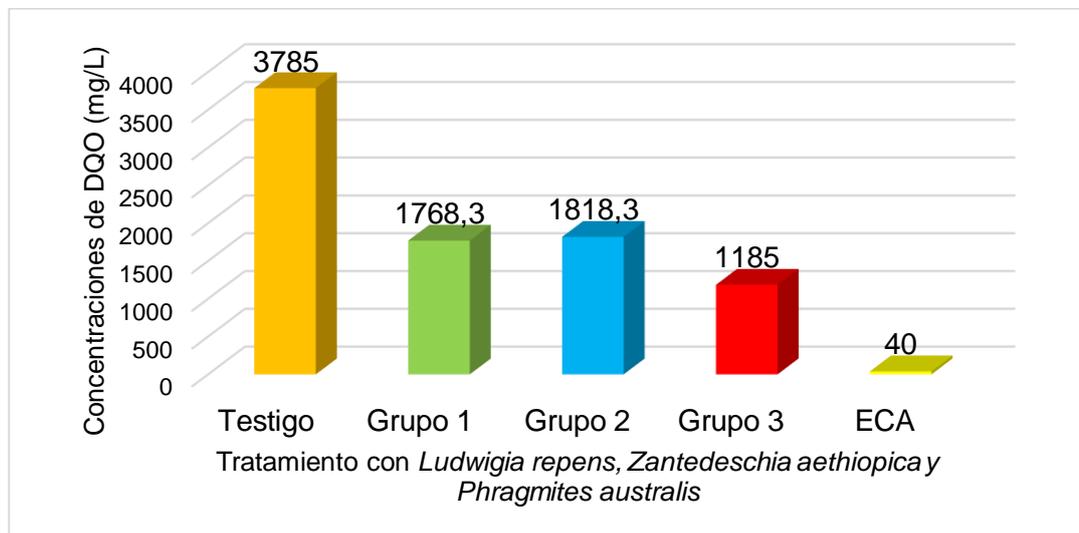
En la **Figura 37**, las aguas grises tratadas para uso agrícola en Pachacámac, muestran 1498 mg/L de la DBO del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 269 mg/L de la DBO del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 230.7 mg/L de la DBO del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 287 mg/L de la DBO del tratamiento tres

con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*. por encima del ECA 15 mg/L para aguas de la categoría III con fines de irrigación de vegetales y consumo animal.



**Figura 37. Remoción de la DBO de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

#### 4.3.13. DQO

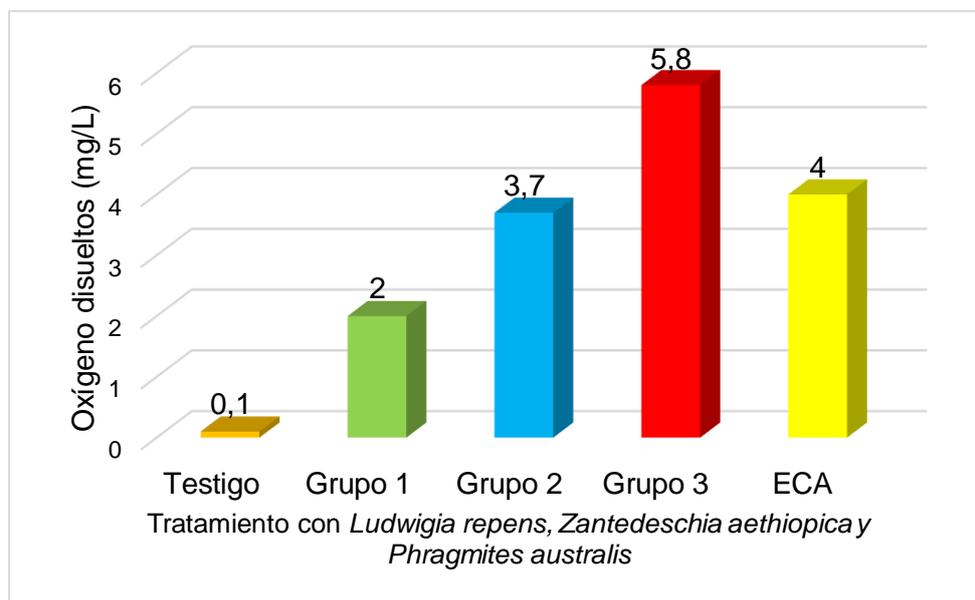


**Figura 38. Remoción de la DQO de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 38**, las aguas grises tratadas para uso agrícola en Pachacámac, muestran 3785 mg/L de la DQO del pretratamiento sin las

plantas remediadoras; 1768.3 mg/L de la DQO del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 1818.3 mg/L de la DQO del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 1185 mg/L de la DQO del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*. por encima del ECA 40 mg/L para aguas de la categoría III para irrigación de vegetales y consumo animal.

#### 4.3.14. Oxígeno disuelto

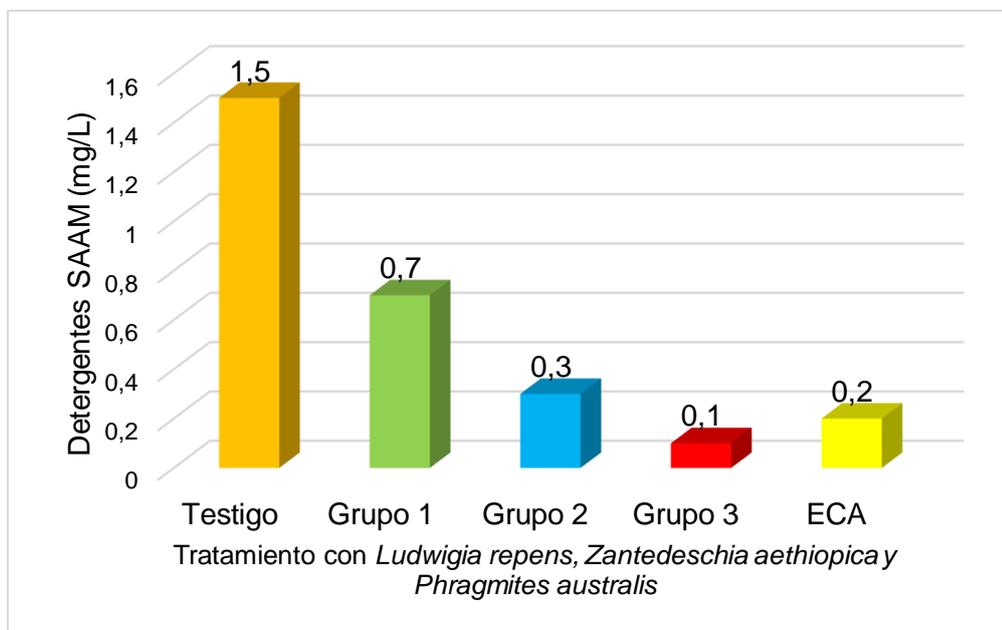


**Figura 39. Remoción del oxígeno disueltos de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 39** las aguas grises tratadas para uso agrícola en Pachacámac, muestran 0.1 mg/L del oxígeno disuelto del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 2 mg/L del oxígeno disuelto del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 3.7 mg/L del oxígeno disuelto del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 5.8 mg/L del oxígeno disuelto del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*,

3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*. Las concentraciones se encontraron por encima y debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de 4 mg/L para aguas clasificadas en la categoría 3 destinadas a consumo animal y riego de vegetales.

#### 4.3.15. Detergentes



**Figura 40. Remoción de los detergentes (SAAM) de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 40**, las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, muestran 1.5 mg/L del detergente (SAAM) del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 0.7 mg/L del detergente (SAAM) del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 0.3 mg/L del detergente (SAAM) disuelto del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 0.1 mg/L del detergente (SAAM) del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*. Las cantidades se ubicaron por encima y debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de 0.2 mg/L para aguas clasificadas en la categoría 3 destinadas a la irrigación de vegetales y consumo animal. Además, quedó

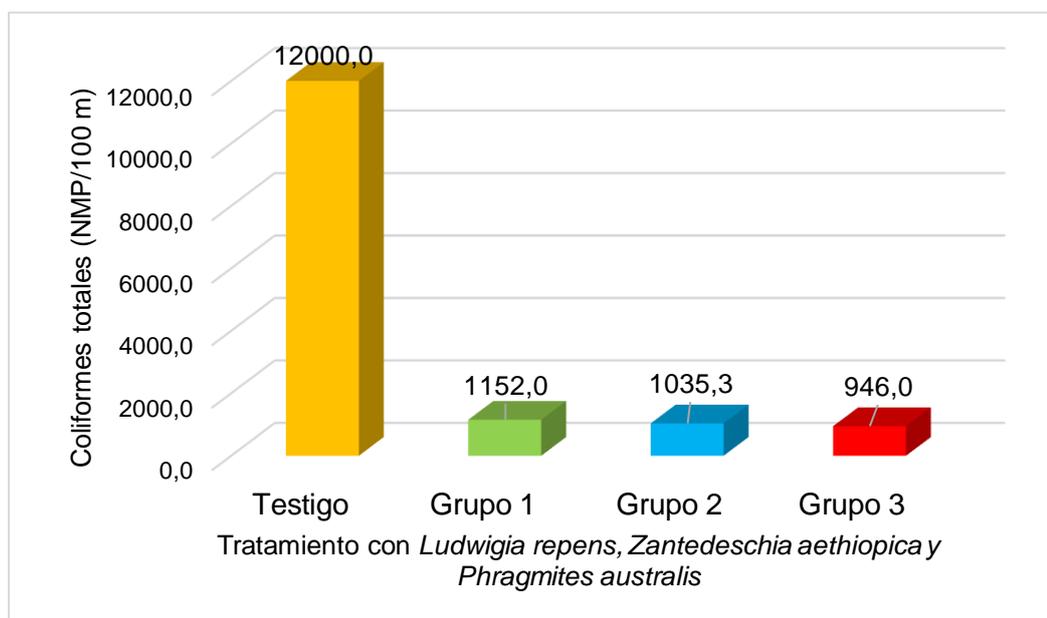
demostrado que el proceso combinado con distintas especies vegetales logró una mayor remoción.

Seguidamente se establecieron los parámetros biológicos como coliformes totales de aguas grises de uso agrícola en Pachacámac bajo sistemas de tratamiento con las especies vegetales *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. (Tabla 8)

**Tabla 8. Remoción de los parámetros biológicos de las aguas grises pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Parámetros biológicos	Unidad	Testigo ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	Grupo 1 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	grupo 2 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	grupo 3 ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )
Coliformes totales	NMP/100 m	12000.0	1152.0	1035.3	946.0

#### 4.3.16. Coliformes totales



**Figura 41. Remoción de los coliformes totales de las aguas grises en pre y postratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

En la **Figura 41**, las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, muestran 12000.0 NMP/100 m de coliformes totales del pretratamiento sin las plantas remediadoras; 1152.0.0 NMP/100 m de coliformes totales del tratamiento uno con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*; 1035.3 NMP/100 m de coliformes totales disuelto del tratamiento dos con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis*; 946.0 NMP/100 m de coliformes totales del tratamiento tres con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*.

#### **4.4. Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el tratamiento de aguas grises mediante el uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Se halló los porcentajes de remoción de los parámetros, físico, químico y biológicos de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.

##### **Parámetros Físicos**

Se registraron los porcentajes de remoción de los parámetros físicos de las aguas grises tratadas con las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. En la **Tabla 9**, se obtuvo que la turbidez del **grupo 1** conformado por 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis* es de 9.21 %, en el **grupo 2** conformado con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis* es de 57.48 %, y en el **grupo 3** con la combinación de las tres especies, o sea, 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis* es de 6.90 %. Por otro lado, se tiene la temperatura, donde se obtuvo que en el **grupo 1** conformado por 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis* es de 4.55 %, en el **grupo 2** conformado con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites*

*Australis* es de 4.55 % y en el **Grupo 3** con la combinación de las tres especies (3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*) es de 4.55 %.

**Tabla 9. Porcentaje de remoción de los parámetros físicos de las aguas grises mediante el uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Parámetros físicos	Grupo 1 (%)	Grupo 2 (%)	Grupo 3 (%)
Turbidez	9.21	57.48	6.90
Temperatura	4.55	4.55	4.55

### Parámetros Químicos

Se obtuvo el porcentaje de remoción los parámetros químicos de las aguas grises tratadas con las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. En la **Tabla 10**, se muestra el primer parámetro que es el pH, empezando con en el **grupo 1** que está conformado por 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis* el porcentaje de remoción es de 14.44 %, seguidamente en el **grupo 2** conformado por 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis* es de 11.11 %, y en el **grupo 3** conformado con la combinación de las tres especies, es decir, 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis* es de 16.67 %. Para los aceites y grasas en el **grupo 1** conformado por 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis* es de 3.70 %, en cambio en el **grupo 2** con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis* es de 9.26 %, y en el **grupo 3** conformado con la combinación de las tres especies (3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*) es de 12.96 % de remoción de aceites y grasas. Luego, se obtuvo que para los nitratos en el **grupo 1**, **Grupo 2** y **Grupo 3** se obtuvo 64.71 %, 64.71 %, 82.35 % respectivamente. Para e sodio en el **Grupo 1** fue

de 8.93 %, en el **Grupo 2** y **Grupo 3** es de 0% para ambos. La DBO<sub>5</sub> en el **Grupo 1** es de 82.04 %, en el **Grupo 2** es de 84.60 % y en el **Grupo 3** es de 80.84 %. En la DQO se obtuvo que en el **Grupo 1** es de 53.28 %, en el **Grupo 2** es de 51.96 %, y en el **Grupo 3** es de 68.69 %. Y para los detergentes (SAAM) en el **Grupo 1** fue de 53.33 %, en el **Grupo 2** es de 80.00 %, y en el **Grupo 3** es de 93.33 %. Dejando en evidencia que el **Grupo 3** tuvieron mayores porcentajes de remoción sobre los contaminantes químicos.

**Tabla 10. Porcentaje de remoción de los parámetros químicos de las aguas grises mediante el uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Parámetros químicos	Grupo 1 (%)	Grupo 2 (%)	Grupo 3 (%)
pH	14.44	11.11	16.67
Aceites y grasas	3.70	9.26	12.96
Nitrato	64.71	64.71	82.35
Sodio	8.93	0	0
DBO <sub>5</sub>	82.04	84.60	80.84
DQO	53.28	51.96	68.69
Detergentes (SAAM)	53.33	80.00	93.33

### Parámetros Biológicos

Finalizando con los porcentajes de remoción para parámetros biológicos de las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac. En la **Tabla 11**, los coliformes totales en el **Grupo 1** conformado con 3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis* es de 90.40 %, en el **Grupo 2** con 7 plantas de *Ludwigia Repens*, 7 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 7 plantas de *Phragmites Australis* es de 91.37 %, y en el **Grupo 3** con la combinación de las tres especies (3 plantas de *Ludwigia Repens*, 3 plantas de *Zantedeschia Aethiopica* y 3 plantas de *Phragmites Australis*) es de 92.12 %. Demostrándose que el **Grupo 3** tuvo el mayor porcentaje de remoción sobre los contaminantes biológicos respectivamente.

**Tabla 11. Porcentaje de remoción de los parámetros biológicos de las aguas grises mediante el uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Parámetros biológicos	Grupo 1 (%)	Grupo 2 (%)	Grupo 3 (%)
Coliformes totales	90.40	91.37	92.12

#### 4.5. Pruebas estadísticas de hipótesis

##### 4.5.1. Prueba de hipótesis específico 1

- H0: Las características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* afecta el tratamiento de aguas grises
- H1: Las características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* no afecta el tratamiento de aguas grises

En la **Tabla 12**, se muestra los resultados de la prueba de normalidad para las características morfológicas *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.

**Tabla 12. Prueba de normalidad para para las características morfológicas *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pretratamiento	,771	5	,046
Grupo1	,679	5	,006
Grupo2	,681	5	,006
Grupo3	,705	5	,011

Los resultados del test de normalidad, utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk, revelan que ninguno de los grupos, incluido el grupo de Pretratamiento, muestra una distribución normal en sus datos. Para el Pretratamiento, se obtuvo un valor de significancia (p) de 0.046,

mientras que para el Grupo 1, Grupo 2 y Grupo 3, los valores de p fueron 0.006, 0.006 y 0.011, respectivamente. Según la regla de decisión, al considerar un umbral de significancia de 0.05, todos los grupos rechazan la hipótesis nula, indicando que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 13. Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para las características morfológicas *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Resumen de prueba <i>Kruskal-Wallis</i> de muestras independientes	
<b>N total</b>	5
<b>Estadístico de prueba</b>	4,000a,b
<b>Grado de libertad</b>	4
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	,406

De la **Tabla 13**, podemos decir que el valor de Sig. asintótica es 0,406, que es mayor que 0,05. Por lo tanto, se acepta hipótesis nula (H0) de que Las características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* no afecta el tratamiento de aguas grises.

#### 4.5.2. Prueba de hipótesis específica 2

- H0: El uso de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* no permite el tratamiento de aguas grises.
- H1: El uso de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* permite el tratamiento de aguas grises.

En la **Tabla 14**, se muestra los resultados de la prueba de normalidad para el uso de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.

**Tabla 14. Prueba de normalidad para el uso de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.**

Pruebas de normalidad			
	<i>Shapiro-Wilk</i>		
	Estadístico	gl	Sig.

<b><i>Ludwigia Repens</i></b>	,750	3	,000
<b><i>Zantedeschia Aethiopica</i></b>	,750	3	,000
<b><i>Phragmites Australis</i></b>	,750	3	,000

Los resultados de las pruebas de normalidad, realizadas mediante el estadístico de Shapiro-Wilk, indican que los datos de las variables *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* de la **Tabla 14**, no siguen una distribución normal, ya que los valores de p son todos menores a 0,05.

**Tabla 15. Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para el uso de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.**

<b>Resumen de prueba <i>Kruskal-Wallis</i> de muestras independientes</b>	
<b>N total</b>	3
<b>Estadístico de prueba</b>	2,000a,b
<b>Grado de libertad</b>	2
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	,048

De la **Tabla 15**, el valor de Sig. asintótica es 0,048, que es menor que 0,05. Por lo tanto, se rechaza hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna de que: El uso de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* permite el tratamiento de aguas grises.

#### **4.5.3. Prueba de hipótesis específica 3**

- H0: Las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* no tienen incidencia en el postratamiento.
- H1: Las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* tienen incidencia en el postratamiento.

En la **Tabla 16**, se muestra los resultados de la prueba de normalidad para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.

**Tabla 16. Prueba de normalidad para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
<b>Testigo</b>	,573	16	,000
<b>3 por cada especie de (<i>Ludwigia Repens</i>, <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>)</b>	,616	16	,000
<b>7 por cada especie de (<i>Ludwigia Repens</i>, <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>)</b>	,606	16	,000
<b>9 en total de especies (<i>Ludwigia Repens</i>, <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>)</b>	,581	16	,000

Los resultados de las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) indican que los datos para todas las categorías, incluyendo el testigo y las diferentes cantidades de especies de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* de la **Tabla 16**, no siguen una distribución normal ( $p < 0.05$  en todos los casos).

**Tabla 17. Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis***

Resumen de prueba <i>Kruskal-Wallis</i> de muestras independientes	
<b>N total</b>	16

<b>Estadístico de prueba</b>	15,000a,b
<b>Grado de libertad</b>	15
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	,041

De la **Tabla 17**, El valor de Sig. asintótica es 0,041, que es menor que 0,05. Por lo tanto, se rechaza hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna de que: Las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas grises al utilizar *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* tienen incidencia en el postratamiento.

#### 4.5.4. Prueba de hipótesis específica 4

- H0: Mediante el tratamiento de las aguas grises con las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* no permiten alcanzar un 50% similar para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- H1: Mediante el tratamiento de las aguas grises con las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* permiten alcanzar un 50% similar para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

**Tabla 18. Prueba de normalidad para alcanzar un 50% similar para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos**

<b>Pruebas de normalidad</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
<b>Grupo 1 (%)</b>	,831	10	,034
<b>Grupo 2 (%)</b>	,867	10	,043
<b>Grupo 3 (%)</b>	,796	10	,013

De la **Tabla 18**, el Grupo 1 (%) tiene un valor de significancia (p) de 0.034, el Grupo 2 (%) tiene un valor de 0.043, y el Grupo 3 (%) tiene un valor de 0.013. Dado que todos estos valores son menores que 0.05,

se rechaza la hipótesis nula (H0) en cada grupo, lo que sugiere que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 19. Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes para alcanzar un 50% similar para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos**

<b>Resumen de prueba <i>Kruskal-Wallis</i> de muestras independientes</b>	
<b>N total</b>	10
<b>Estadístico de prueba</b>	9,000a,b
<b>Grado de libertad</b>	9
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	,043

De la **Tabla 19**, El valor de Sig. asintótica es 0,043, que es menor que 0,05. Por lo tanto, se rechaza hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna de que: Mediante el tratamiento de las aguas grises con las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* permiten alcanzar un 50% de remoción similar para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

#### **4.5.5. Prueba de hipótesis general**

Los resultados y pruebas de las hipótesis específicas permiten aceptar la hipótesis general de la investigación de que: El uso de las especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en el tratamiento de aguas grises tendrá un efecto positivo en la reducción de contaminantes y en la obtención de agua de uso agrícola en el distrito de Pachacamac, 2023.

## V. DISCUSIÓN

En el curso de la presente investigación, se llevaron a cabo evaluaciones de las características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* tanto antes como después del tratamiento con aguas grises de Pachacámac. En el **grupo 1**, se observaron cambios morfológicos significativos en las tres especies evaluadas durante un período de 15 días en aguas grises. La *Ludwigia Repens* mostró un aumento en el diámetro del tallo, indicando un crecimiento robusto y saludable. Para *Zantedeschia Aethiopica*, se registraron aumentos tanto en el diámetro de la raíz como en la presencia de flores (de 0.25 a 0.29 y de 0.00 a 1.00, respectivamente), sugiriendo un desarrollo positivo, incluyendo el inicio del proceso de floración. Asimismo, *Phragmites Australis* exhibió un crecimiento saludable del sistema radicular al experimentar un aumento en el diámetro de la raíz, lo que podría asociarse con una mejor absorción de nutrientes y agua, indicando un progreso positivo en las características morfológicas de las especies analizadas. En el **grupo 2**, se observaron cambios significativos en diversas características morfológicas durante el mismo período. *Phragmites Australis* mantuvo constante el número de hojas, lo que sugiere estabilidad en este aspecto. *Ludwigia Repens* experimentó una ligera disminución en el diámetro de la raíz (de 0.01 a 0.00), mientras que *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* experimentaron aumentos en el diámetro de la raíz (de 0.29 a 0.27 cm y de 0.16 a 0.19 cm, respectivamente). Además, el diámetro del tallo aumentó en *Ludwigia Repens* de 0.11 cm a 0.13 cm y en *Zantedeschia Aethiopica* de 3.93 cm a 4.00 cm. Por su parte, *Zantedeschia Aethiopica* mostró un incremento notable en el número de flores, pasando de 0.00 a 0.29. Estos cambios podrían indicar adaptaciones de las plantas a las condiciones específicas del tratamiento, posiblemente relacionadas con la presencia de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el entorno acuático, influyendo en su desarrollo y respuesta morfológica.

En el **grupo 3**, se observó un incremento en el número de hojas de *Phragmites Australis*, de 19.67 a 20.67, indicando un aumento en la densidad foliar durante el periodo de 15 días en aguas grises. Este cambio

sugiere un crecimiento saludable y un desarrollo positivo de las hojas en el entorno específico del tratamiento, señalando una adaptación favorable de *Phragmites Australis*. En cuanto al diámetro de la raíz, tanto *Zantedeschia Aethiopica* (de 0.26 cm a 0.29 cm) como *Phragmites Australis* (de 0.25 cm a 0.31 cm) mostraron un aumento, indicando una adaptación y un crecimiento en el sistema radicular de ambas especies. Este incremento en el diámetro radicular podría estar asociado a una mejora en la capacidad de absorción de nutrientes del suelo, reflejando una adaptación eficaz al ambiente de aguas grises. En conjunto, estas observaciones resaltan la capacidad de *Phragmites Australis* y *Zantedeschia Aethiopica* para responder de manera positiva y adaptarse a las condiciones específicas del tratamiento en el periodo de 15 días de observación, con medidas iniciales y finales registradas para cada especie. Estos resultados no guardan relación con lo mencionado por Hutchinson (2021) en donde indica que, la *Zantedeschia Aethiopica* presenta raíces carnosas, adventicias y predominantemente contráctiles, originadas de un rizoma tuberoso. Las hojas son simples, pinadas o palmeadas, con limbo de 28 a 60 cm de longitud y de 5 a 25 cm de ancho. Las flores se encuentran en una inflorescencia llamada espádice, sostenida por un pedúnculo esponjoso. Las flores son unisexuales, con las femeninas en la base y las masculinas ocupando un área mayor del espádice. La inflorescencia está rodeada por una bráctea llamada espata, de forma variable y colorido que se desarrolla completamente durante la polinización. El fruto es una baya puntiaguda de color verde a naranja-rojizo, conteniendo numerosas semillas. Tras la fertilización, se forman bayas venenosas en una cabeza densa, y al madurar, los tallos se extienden y las semillas caen al suelo o son consumidas por aves.

En la investigación sobre el tratamiento de aguas grises mediante macrófitas, se determinó que la cantidad óptima de plantas para lograr una eficiente remoción de contaminantes fisicoquímicos y biológicos fue de 9 en el **grupo 3**. Este grupo consistió en una combinación de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*. Los análisis revelaron que este número específico de plantas en el tratamiento mixto demostró ser más efectivo en comparación con otros grupos que emplearon cantidades

diferentes de estas especies. Así, se destaca la relevancia de mantener un equilibrio adecuado en la composición vegetal para optimizar la capacidad de fitorremediación en el tratamiento de aguas grises, señalando el potencial impacto positivo de esta combinación de plantas en la mejora de la calidad del agua. Estos resultados están estrechamente relacionados con Guerra et al. (2017) utilizaron un sistema con 7 plantas de carrizo y 10 plantas de papiro en un contenedor de 0.60 m de largo, 0.40 m de ancho y 0.30 m de alto, con un volumen de 650 ml de agua, durante un período de 15 días. Leandro et al. (2018) emplearon 6 plantas en un humedal en tierra de dimensiones 1 x 1.2 m y una profundidad de 0.4 m, con un volumen de 32,160 ml de agua, durante 15 días. A su vez, Barrios y Copeland (2021) utilizaron un sistema con 8 plantas en un contenedor de 0.75 m de largo, 0.50 m de ancho y 0.45 m de alto, con un volumen de 700 ml de agua, durante 60 días. Valverde y Peña (2021) emplearon 4 plantas en un sistema sin especificar medidas, con un volumen de 43,000 ml de agua, durante 23 días. Palella et al. (2023) utilizaron 6 plantas en un sistema con un volumen de 200 ml de agua, durante 21 días. Patil et al. (2021) emplearon 8 plantas en un sistema con un volumen de 5,000 ml de agua, durante 80 días. Lavagnolo et al. (2017) utilizaron 8 plantas en un sistema con un volumen de 2,000 ml de agua, durante 30 días.

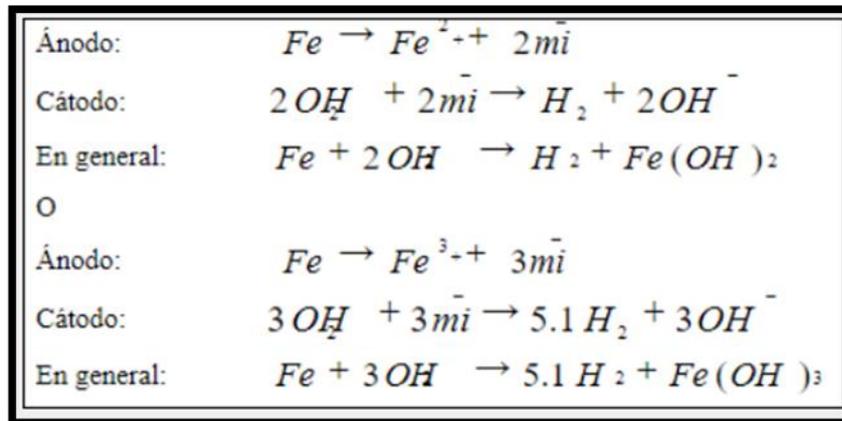
El cuanto al análisis de las características físicas de las aguas grises antes y después del tratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en Pachacámac revela importantes cambios en varios parámetros. En términos de conductividad eléctrica, se observa que el pretratamiento sin plantas remediativas presenta una lectura de 4190  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que los tratamientos con plantas muestran aumentos graduales, siendo el tratamiento dos el de mayor conductividad con 5413.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estos valores superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aguas, indicando una acumulación de iones disueltos positivos como sodio, calcio, potasio y magnesio. En cuanto a la turbidez, se aprecia una reducción significativa en los tratamientos con plantas en comparación con el pretratamiento. El tratamiento dos destaca por tener la menor turbidez, con solo 123.3 NTU, sugiriendo una eficiente remoción de partículas

suspendidas en el agua. Sin embargo, el tratamiento tres exhibe una turbidez de 270 NTU, indicando que la eficacia de la fitorremediación puede variar según la cantidad de plantas utilizadas. En relación con la temperatura, se observa que los tratamientos con plantas mantienen temperaturas dentro de los límites predefinidos por el ECA para aguas (entre 3 y 30 °C), siendo el pretratamiento y los tratamientos uno y tres consistentes a 22 °C. Esto sugiere que la presencia de las plantas no afecta negativamente la temperatura del agua tratada y mantiene condiciones aceptables para su uso agrícola.

Estos resultados, están relacionados con la investigación de Leandro et al. (2018) en el análisis de las características físicas del agua, se observa una variación en la conductividad eléctrica, temperatura y turbidez entre las dos muestras. La primera muestra presenta una conductividad eléctrica de 480 uS/cm, una temperatura de 18.8 °C y una turbidez de 160 UNT. En contraste, la segunda muestra exhibe una conductividad eléctrica de 540 uS/cm, una temperatura de 19.4 °C y una turbidez de 3.44 UNT. Estos resultados indican cambios significativos en la capacidad del agua para transportar corriente eléctrica, la temperatura y la claridad visual, lo que podría reflejar alteraciones en la composición y calidad del agua entre las dos muestras analizadas.

A su vez, en relación con el parámetro de conductividad eléctrica, Díaz y sus colegas (2021) realizaron una investigación con la intención de evaluar la eficiencia del proceso de electrocoagulación (EC) en tratar aguas residuales combinadas mixtas generados de la industria láctea y cárnica (ARLC) de la Universidad Popular del Cesar (UPC), se examinaron dos variables en un electrocoagulador Bach rectangular: el número de electrodos y la duración del tratamiento. Las variables evaluadas abarcaron DQOtotal, DQOsoluble, conductividad eléctrica, pH y turbidez. La configuración con 13 electrodos en paralelo se demostró como la más eficiente, logrando reducciones máximas del 96% en DQOtotal, 95% en DQOsoluble y 94% en turbidez. A pesar de estos resultados positivos, es relevante señalar que la EC ocasionó incrementos en los resultados de conductividad eléctrica, pH y corriente, alcanzando valores promedio finales de 2785  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , 12.63 y 11.6 A en

ese orden. En resumen, el proceso de electrocoagulación Bach con 13 electrodos durante 60 minutos se reveló como una opción operativamente eficaz para el tratamiento de aguas residuales mixtas industriales.



**Figura 42: Proceso de formación de sales en la conductividad eléctrica**  
**Fuente: Díaz et al. (2021)**

Además, el análisis de los parámetros químicos de los diferentes tratamientos se observa que el pH experimenta cambios significativos, siendo más elevado en el testigo (9.0) y más bajo en el **grupo 3** (7.5). Esto sugiere una posible capacidad de las plantas para modular el pH del agua tratada. En cuanto a aceites y grasas, fosfatos y nitratos, se aprecia una tendencia general a la reducción en los grupos con plantas, indicando la capacidad de las especies vegetales para la remoción de estos contaminantes. Los sólidos disueltos muestran incrementos leves en los grupos con plantas, posiblemente debido a la actividad biológica asociada con la fitorremediación. El boro y el sodio no presentan cambios significativos entre los diferentes tratamientos. Por otro lado, los niveles de DBO, DQO, oxígeno disuelto y detergentes muestran variaciones notables entre los grupos, sugiriendo diferencias en la eficiencia de los tratamientos para reducir la carga orgánica y química del agua. Estos resultados guardan una estrecha relación con el estudio realizado por Guerra et al. (2017) en San Juan de Lurigancho, en donde evaluó la eficacia de la especie *Phragmites Australis* en el tratamiento de aguas residuales a través de humedales artificiales. Las mediciones iniciales de los parámetros del agua, que incluían una DBO de 270 mg/l, coliformes totales y termotolerantes de  $16 \times 10^7$

NMP/100ml, pH de 7.8, temperatura de 21°C y turbidez de 130 UNT, se sometieron a un sistema de humedales. Según los Estándares de Calidad Ambiental para agua, la Categoría III establece valores ideales para parámetros como DBO, coliformes totales y termotolerantes. El sistema de humedales mostró una eficacia del 80% en la remoción de contaminantes, destacando la capacidad de *Phragmites Australis*. Esta especie demostró una remoción del 30% mayor en coliformes totales y termotolerantes, resaltando su importancia en la selección de especies para lograr una eficiente depuración de aguas residuales.

Los resultados de la remoción de parámetros biológicos, específicamente coliformes totales, antes y después del tratamiento con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* muestran una eficacia notable en la reducción de la carga bacteriana. En el grupo de control (testigo), se registró una alta concentración inicial de coliformes totales de 12000 NMP/100 mL. Sin embargo, con la implementación de las plantas en los diferentes grupos de tratamiento, se observa una significativa disminución en la carga bacteriana. En el **grupo 1**, la concentración disminuyó a 1152 NMP/100 mL, en el **grupo 2** a 1035.3 NMP/100 mL, y en el **grupo 3** a 946 NMP/100 mL. Estos resultados guardan estrecha relación con Torres (2021), en su investigación donde los resultados mostraron una reducción de coliformes tolerantes al calor y tolerantes al frío, con valores de 13.67 NMP/100 mL y 76.67 NMP/100 mL durante 4 días y 2 días, respectivamente. Todos estos valores están dentro de la tolerancia máxima para coliformes (10.000 NMP/100 mL). Se concluyó que la mayor reducción de coliformes termotolerantes en las aguas residuales tratadas se logró mediante un humedal constituido por la planta *Zantedeschia Aethiopica* y un tiempo de residencia de 4 días, según lo especificado en el D.S N° 003-2010 MINAM.

En lo que respecta a la remoción de parámetros físicos de las aguas grises tratadas de uso agrícola en Pachacámac, se observaron variaciones significativas en los diferentes grupos de tratamiento. La turbidez, por ejemplo, mostró una reducción del 9.21% en el **grupo 1**, un destacado

57.48% en el **grupo 2** y un 6.90% en el **grupo 3**. La temperatura, por su parte, registró cambios menores, manteniéndose en un rango cercano al 4.55% en todos los grupos.

En relación con los parámetros químicos, se apreciaron fluctuaciones en el pH, aceites y grasas, nitratos, sodio, DBO, DQO y detergentes (SAAM) en los distintos tratamientos. Por ejemplo, el pH mostró un incremento del 14.44% en el **grupo 1**, un 11.11% en el **grupo 2**, y un 16.67% en el **grupo tres**. En cuanto a los aceites y grasas, se evidenció un aumento progresivo desde el 3.70% en el **grupo uno**, 9.26% en el **grupo dos**, hasta un 12.96% en el **grupo tres**. Los nitratos, por su parte, registraron porcentajes de remoción del 64.71% en los **grupos 1 y 2**, y un notable 82.35% en el **grupo tres**. El sodio mostró un descenso del 12.96% en el **grupo 3**, mientras que la DBO, DQO y detergentes (SAAM) presentaron variaciones específicas en cada grupo, destacando porcentajes más altos en el **grupo dos**.

Finalmente, al abordar los parámetros biológicos, específicamente la remoción de coliformes totales, se observaron altos porcentajes en todos los grupos. El **grupo uno** alcanzó un 90.40% de remoción, el **grupo dos** un 91.37%, y el **grupo tres** lideró con un impresionante 92.12%.

Los resultados en cuanto a al porcentaje de remoción guardan una estrecha relación con Mellado (2018), en donde las eficiencias de eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) fueron del 83.4% de la especie *Phragmites Australis*, En cuanto a la demanda química de oxígeno (DQO), se lograron eficiencias del 72.85%. Las eficiencias de remoción de fosfato fueron 35.91% y las de grasa fueron 95.91%. Otros parámetros, como los básicos, amonio y sólidos suspendidos totales, también exhibieron valores aceptables a la salida del sistema.

Según los hallazgos de Parra (2020), el grupo dos en su investigación empleó un humedal artificial con plantas de la especie *T. latifolia*. Este tratamiento demostró los valores más destacados en la reducción de la conductividad eléctrica (50%), plomo (82.11%), DBO<sub>5</sub> (77.23%), nitrógeno total (90.71%) y fósforo total (80.1%), después de 30h. Asimismo, se observó un pH promedio de 5.81 en este grupo. De igual manera, Rosero et al.

(2017), se exploró el tratamiento de aguas superficiales utilizando las especies *Phragmites Australis* y *Typha Dominguensi*, los resultados revelaron que estas especies lograron reducciones del 38.1% en nitrógeno oxidable, el 65.4% en fósforo y el 27.8% en DBO.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Las características morfológicas de la *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* durante un período de 15 días en aguas grises revela adaptaciones notables en las tres especies. *Ludwigia Repens* demostró un crecimiento robusto, especialmente en el diámetro del tallo. *Zantedeschia Aethiopica* exhibió cambios positivos en el diámetro de la raíz y la presencia de flores, señalando un desarrollo positivo y el inicio del proceso de floración. *Phragmites Australis* mostró una respuesta saludable en el sistema radicular, evidenciado por el aumento en el diámetro de la raíz. En los tres grupos, cada especie presentó adaptaciones únicas, destacando la capacidad de *Phragmites Australis* para incrementar la densidad foliar en el **grupo 3**, por lo tanto, se concluye que estas características no influyen en el tratamiento de aguas grises.
- 6.2. Se determinó que la cantidad óptima fue el **grupo 3** constituido por 9 plantas que incluye la combinación de las tres especies *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*, lo cual demostró ser particularmente efectivo en comparación con el **grupo 1 y grupo 2**.
- 6.3. Los cambios significativos en el tratamiento de aguas grises con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* en Pachacámac, permitió que en los parámetros físicos se observó un aumento gradual en la conductividad eléctrica, aunque las plantas disminuyeron eficientemente la turbidez. La temperatura se mantuvo dentro de los rangos aceptables. Químicos, se registraron ajustes en el pH, aceites y grasas, fosfatos, nitratos y sólidos disueltos, mostrando la capacidad de las plantas para modular la composición química del agua. Las variaciones en DBO, DQO, oxígeno disuelto y detergentes indicaron diferencias en la eficiencia de los tratamientos para reducir la carga orgánica y química. Biológicos, se logró una notable reducción de coliformes totales, siendo más evidente en el **grupo 3**, además, el incremento en la conductividad se debe a la presencia de sales generadas durante el tratamiento, intensificando así el fenómeno electroquímico.
- 6.4. Las reducciones significativas en los parámetros físicos, con disminuciones de la turbidez del 9.21%, 57.48%, y 6.90% en los grupos 1, 2 y 3

respectivamente. La temperatura experimentó cambios menores, alrededor del 4.55%. En cuanto a los parámetros químicos, se observaron variaciones en el pH, aceites y grasas, nitratos, sodio, DBO, DQO y detergentes, con incrementos y reducciones específicos en cada grupo. Se destacó la eficacia en la remoción de nitratos, alcanzando hasta un 82.35% en el grupo 3. Desde el punto de vista biológico, la remoción de coliformes totales fue notable, superando el 90% en todos los grupos, con el **grupo 3** liderando con un 92.12%.

- 6.5. El tratamiento de aguas grises en Pachacámac mediante *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* es una estrategia efectiva para mejorar la calidad del agua destinada a usos agrícolas. Se identificó que la cantidad óptima de plantas se encuentra en el **grupo 3**, destacando así la importancia de mantener un equilibrio adecuado en la composición vegetal.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar un monitoreo continuo de las características morfológicas de *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis* durante el tratamiento para comprender mejor su adaptación y respuesta a las condiciones del agua tratada.
- Realizar estudios adicionales para determinar la variabilidad en la eficiencia de remoción de contaminantes en diferentes condiciones ambientales y establecer pautas más específicas para la aplicación práctica de esta combinación de macrófitos.
- Explorar la posibilidad de mejorar la eficacia en la reducción de la conductividad eléctrica y ajustar la cantidad de plantas para mantener la turbidez en niveles más consistentes. Asimismo, evaluar la posibilidad de ajustar el proceso de tratamiento, como modificar la duración de la electrocoagulación o ajustar las condiciones operativas para optimizar la eficiencia del sistema.
- Realizar estudios a largo plazo para evaluar la sostenibilidad y estabilidad del sistema de fitorremediación implementado. Además, considerar la posibilidad de realizar análisis económicos para evaluar la viabilidad económica de este enfoque en comparación con otras tecnologías de tratamiento de aguas.

## REFERENCIAS

ANAYA MELÉNDEZ, Fernando, ESPINOSA DESCALZO, Elizabeth Norma, LOAYZA PÉREZ, Jorge Eduardo, ZAMUDIO CASTILLO, Raúl Armando, YÁÑEZ LÓPEZ, Manuel Augusto, 2022. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises claras para reusó como agua de riego. Revista de la Sociedad Química del Perú. enero 2022. Vol. 88, no. 1, pp. 52-62. DOI 10.37761/rsqp.v88i1.375.

ANAYA, MELENDEZ, Osvaldo, 2022. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. Revista Cubana de Medicina General Integral en línea. Vol. 37, número 3. Recuperado a partir de : [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-)

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, 2017 SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental en línea. Recuperado a partir de : <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones> [accedido 21 junio 2023].

BÁRRIOS, S. y COPELAND, A., 2021. Ludwigia Repens. IUCN Red List of Threatened Species. 2021. Vol. 2021, pp. e.T66834710A192133702. DOI 10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T66834710A192133702.en.

BULU, Yetunde Irinyemi y OLADOJA, Nurudeen Abiola, 2023. Process variables that defined the phytofiltration efficiency of invasive macrophytes in aquatic system. International Journal of Phytoremediation. Vol. 0, número 0, pp. 1-19. DOI 10.1080/15226514.2023.2194999.

CHANG GUTIÉRREZ, Karina y HUAMÁN TAYPE, Carmen Rosa, 2019. Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante las macrófitas Eichhornia Crassipes y Pistia Stratiotes, plantas típicas de la Selva Peruana. Universidad Peruana Unión en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3230> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2020-08-31T20:50:56Z

CHUQUIMEZ TAFUR, Rita Angélica y SIFUENTES MÉNDEZ, Roy Jhordan, 2021. Remoción de amoníaco en 20 lt de agua del río Santa con 5 gr de Lenteja de agua (*Lemna minor*), Chimbote - Ancash - 2021. Repositorio Institucional - UCV en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64042> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2021-06-30T17:21:26Z

CONVERS CONTRERAS, Bibiana Alexandra, 2019. Evaluación del tratamiento de aguas grises domésticas por medio de paredes verdes con diferentes configuraciones de especies y sustratos. instname:Universidad de los Andes en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/44593> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2020-09-03T14:56:12Z

CONSULTORES, Bastis, 2022. Investigación Pre-Experimental. Online Tesis. en línea. 12 diciembre 2022. [Accedido 23 mayo 2023]. Recuperado a partir de: <https://online-tesis.com/investigacion-pre-experimental/>

CONSULTORES, Eden et al., 2022. Simulation of dual systems of greywater reuse in high-rise buildings for energy recovery and potential use in irrigation. Resources, Conservation and Recycling. Vol. 180, p. 106134. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.106134.

DELGADO VASQUEZ, Jhiamil Stalin, 2019. Estudio sobre el tratamiento de aguas residuales mediante plantas macrófitas flotantes: una recopilación de información. en línea. Recuperado a partir de : <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4046> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2021-12-02T19:25:55Z

DISHA, Asma Safia, HARUN, Md Abdullah Yousuf Al, AKTER, Shubarna, BILLAH, Sharif Mutasim y NOMAN, Md Abdullah-Al-, 2020. Reusing greywater for cultivation of *Capsicum frutescens* and *Calendula officinalis*. Journal of Environmental Management. 15 octubre 2020. Vol. 272, pp. 111088. DOI 10.1016/j.jenvman.2020.111088.

Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass, sin fecha. en línea. [Accedido 5 mayo 2023]. Recuperado a partir de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262020000200019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262020000200019)

GARCÍA, Nancy M., PACA, Natali K., ARISTA, Sara M., VALDEZ, Brisvani B. y GÓMEZ, Indira I., 2018. Investigación formativa en el desarrollo de habilidades comunicativas e investigativas. Revista de Investigaciones Altoandinas. enero 2018. Vol. 20, no. 1, pp. 125-136. DOI 10.18271/ria.2018.336.

GONZALES, María, PALACIOS, N, RODRIGUEZ, Julia. Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass, sin fecha. en línea. [Accedido 5 mayo 2023]. Recuperado a partir de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262020000200019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262020000200019)

GUERRA, Jocelyn Dianella Torres, VARGAS, Jennifer Sheyla Magno, AGUIRRE, Raquel Rocio Pineda y HUARANGA, Milda Amparo Cruz, 2017. Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en Carapongo-Lurigancho. Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo. en línea. 2017. Vol. 3, no. 2. [Accedido 5 mayo 2023]. DOI 10.17162/rictd.v3i2.657.

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Osvaldo, 2021. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. Revista Cubana de Medicina General Integral. en línea. septiembre 2021. Vol. 37, no. 3. [Accedido 23 mayo 2023]. Recuperado a partir de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

iNaturalist Ecuador, sin fecha en línea. Recuperado a partir de : <https://ecuador.inaturalist.org/> [accedido 27 junio 2023].

INCIO RIVERA, Paola Jhandyrha y QUINTEROS RODRIGUEZ, Brandon Jesus, 2020. Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes. Repositorio Institucional - UCV en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63725> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2021-06-23T01:00:28Z

INSTITUTO, 2023. ECA para Agua | Estándar de Calidad ambiental para el agua. Instituto Ambiental. en línea. 20 enero 2023. [Accedido 5 mayo 2023]. Recuperado a partir de: <https://institutoambiental.pe/eca-para-agua/>

HUTCHINSON, Jeffrey T., 2021. Interactions between *Hygrophila polysperma* and *Ludwigia Repens* grown in saturated soil and shallow water under ex situ conditions. *Fundamental and Applied Limnology*. pp. 187-198. DOI 10.1127/fal/2021/1247.

LAVAGNOLO, Maria Cristina, MALAGOLI, Mario, ALIBARDI, Luca, GARBO, Francesco, PIVATO, Alberto y COSSU, Raffaello, 2017. Use of oleaginous plants in phytotreatment of grey water and yellow water from source separation of sewage. *Journal of Environmental Sciences*. 1 mayo 2017. Vol. 55, pp. 274-282. DOI 10.1016/j.jes.2016.08.013.

LEANDRO, Yira Yadit Castro, HUACHACA, Wilber Perez, CONDORI, Cristofer Mariño y HUARANGA, Milda Amparo Cruz, 2018. Eficiencia de tratamiento de las aguas domésticas mediante HAFSV con la especie *Zantedeschia aethiopica* en Viquez – Lurigancho (Perú). *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. en línea. 2018. Vol. 4, no. 2. [Accedido 5 mayo 2023]. Recuperado a partir de: [https://www.academia.edu/66976666/Eficiencia\\_de\\_tratamiento\\_de\\_las\\_aguas\\_dom%C3%A9sticas\\_mediante\\_HAFSV\\_con\\_la\\_especie\\_Zantedeschia\\_aethiopica\\_en\\_Viquez\\_Lurigancho\\_Per%C3%BA](https://www.academia.edu/66976666/Eficiencia_de_tratamiento_de_las_aguas_dom%C3%A9sticas_mediante_HAFSV_con_la_especie_Zantedeschia_aethiopica_en_Viquez_Lurigancho_Per%C3%BA)

LÓPEZ PALMA, Andrea Estefania, BENÍTEZ HURTADO, Ximena Gabriela, LEON RON, María José, MAJI MOZO, Pedro Jose, DOMINGUEZ MONTOYA, Daniel Roberto, BAEZ QUIÑÓNEZ, Domenica Fernanda, 2019. La

observación. Primer eslabón del método clínico. Revista Cubana de Reumatología. en línea. agosto 2019. Vol. 21, no. 2. [Accedido 23 mayo 2023]. Recuperado a partir de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1817-59962019000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1817-59962019000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

LOPEZ, PALMA, Nicomedes, TANGO, M, HURTADO, (2019).018. Tipos de Investigación.

MAHMOUDI, Arezoo, MOUSAVI, Seyyed Alireza y DARVISHI, Parastoo, 2021. Greywater as a sustainable source for development of green roofs: Characteristics, treatment technologies, reuse, case studies and future developments. Journal of Environmental Management. Vol. 295, p. 112991. DOI 10.1016/j.jenvman.2021.112991.

MARECOS, O. et al., 2018. Evaluación de la capacidad depuradora de las plantas acuáticas del Paraguay. Revista Científica Estudios e Investigaciones. Vol. 1, p. 125. DOI 10.26885/rcei.1.1.125.

MADIKIZELA, Lawrence Mzukisi, 2021. Removal of organic pollutants in water using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Journal of Environmental Management. 1 octubre 2021. Vol. 295, pp. 113153. DOI 10.1016/j.jenvman.2021.113153.

MADER, Anthony E., HOLTMAN, Gareth A. y WELZ, Pamela J., 2022. Treatment wetlands and phyto-technologies for remediation of winery effluent: Challenges and opportunities. Science of The Total Environment. Vol. 807, p. 150544. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.150544.

MELLADO DELGADO, Gabriela, 2018. Determinación de la eficiencia de tres especies macrófitas para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Universidad Nacional Federico Villarreal en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2729> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2019-02-19T23:02:26Z

MINAM -RESOLUCION MINISTERIAL-N° 191-2023, sin fecha en línea. Recuperado a partir de : <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/declaran-en-emergencia-ambiental-area-geografica-ubicada-en-resolucion-ministerial-n-191-2023-minam-2186665-1/> [accedido 21 junio 2023].

MUÑOZ TELLO, Keyla Madaly y VASQUEZ PEREZ, Milagros, 2020. Estudio de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas. Universidad Privada del Norte en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23943> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2020-07-16T15:07:22Z

OBANDO SANCARRANCO, Isabel Marilyn y BEJAR VALDEZ, Victor Hugo, 2022. Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la parte baja del Río Lurín mediante las macrofitas pistia stratiotes y azolla filiculoides. Repositorio Institucional - UCV en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/111339> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2023-04-13T14:49:57Z

OBJECT, object, sin fecha. Percepción del adulto mayor sobre las actividades preventivo promocionales de la enfermera en el programa del adulto mayor en un centro de salud MINSa 2015. en línea. Recuperado a partir de : <https://core.ac.uk/reader/323343850> [accedido 18 junio 2023].

ORTEGA RAMÍREZ, Angie Tatiana et al., 2021. Tratamientos avanzados para la potabilización de aguas residuales. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Vol. 31, número 2, pp. 121-134. DOI 10.18359/rcin.5343.

OUSTRIERE, Nadège et al., 2017. Rhizofiltration of a Bordeaux mixture effluent in pilot-scale constructed wetland using *Arundo donax* L. coupled with potential Cu-ecocatalyst production. Ecological Engineering. Vol. 105, pp. 296-305. DOI 10.1016/j.ecoleng.2017.04.047.

PARRA LÓPEZ, Erick Jhon, 2020. Evaluación de la eficiencia de la remoción de plomo en aguas residuales del río Tarma usando *Hydrocotyle bonariensis* Lam. y *Typha latifolia* L. en humedales artificiales. Universidad Católica Sedes Sapientiae en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/831> [accedido 28 junio 2023]. Accepted: 2020-11-23T04:01:20Z

*Phragmites australis* | Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas, sin fecha. en línea. [Accedido 5 mayo 2023]. Recuperado a partir de: <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/phragmites-australis>

QUEVEDO QUISPE, Ariel Winston, 2021. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE HUMEDAL ARTIFICIAL PARA LA RECUPERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA POBLACIÓN DE ALCALÁ. Revista Ciencia, Tecnología e Innovación. Vol. 19, número 24, pp. 133-148.

QUISPE BENAVIDES, Katia Lisbeth y AYALA AMARINGO, Marisol Kelly, 2019. Utilización de la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de Nitrógeno y Fósforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP S.A - Ucayali 2018. Universidad Nacional de Ucayali en línea. Recuperado a partir de : <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4238> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2020-02-03T18:34:45Z

RAMOS JIMENEZ, Samy Yasmin, SANCHEZ CONTRERAS, Yevina Franlie y SOTO AGUILA, Liz Sandra, 2021. Propuesta de mejora para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) del distrito de Apata - Jauja. Universidad Continental en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11107> [accedido 28 junio 2023]. Accepted: 2022-04-20T16:23:29Z

RODRIGUEZ-DOMINGUEZ, Marco A. et al., 2020. Constructed Wetlands in Latin America and the Caribbean: A Review of Experiences during the Last Decade. *Water*. Vol. 12, número 6, p. 1744. DOI 10.3390/w12061744.

RODRÍGUEZ-LARA, Jessica W., CERVANTES-ORTIZ, Francisco, ARÁMBULA-VILLA, Gerónimo, MARISCAL-AMARO, Luis A., AGUIRRE-MANCILLA, César L. y ANDRIO-ENRÍQUEZ, Enrique, 2022. Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión<sup>1</sup>. *Agronomía Mesoamericana*. 2022. Vol. 33, no. 1, pp. 1-12.

ROSETO, Gómez, GABRIELA, Tamia, DE PABLO, Joan, FOGUET, Agustí Pérez- y STEINITZ-KANNAN, Míriam, sin fecha. BIORREMEDIACIÓN DE LAGOS TROPICALES EUTROFIZADOS: ESTUDIO DEL LAGO SAN PABLO (ECUADOR).

SHAIKH, Irshad N. y AHAMMED, M. Mansoor, 2020. Quantity and quality characteristics of greywater: A review. *Journal of Environmental Management*. 1 mayo 2020. Vol. 261, pp. 110266. DOI 10.1016/j.jenvman.2020.110266.

TORRES MONTERO, Freycy, 2021. Nivel de reducción de coliformes termotolerantes aplicando la especie (*Zantedeschia Aethiopica*) y tiempo de retención en aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica. Repositorio Institucional - UCV en línea. Recuperado a partir de : <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72627> [accedido 27 junio 2023]. Accepted: 2021-11-02T23:38:55Z

VALDEZ, Nadège, CASTREJON, Meri, TERRONES, Anabel., 2017. Rhizofiltration of a Bordeaux mixture effluent in pilot-scale constructed wetland using *Arundo donax* L. coupled with potential Cu-ecocatalyst production. *Ecological Engineering*. Vol. 105, pp. 296-305. DOI 10.1016/j.ecoleng.2017.04.047.

VALVERDE QUISPE, Fiorella Andrea, 2022. Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el uso de humedales artificiales mejorados con las especies *Cyperus papyrus* y *Phragmites australis*. en línea. 2022. [Accedido 3 mayo 2023]. DOI 10.21142/tl.2022.2479. Accepted: 2022-07-20T18:57:54Z

VALVERDE, QUISPE, y JEPSON, Wendy, 2020. Drivers and barriers to urban water reuse: A systematic review. *Water Security*. Vol. 11, p. 100073. DOI 10.1016/j.wasec.2020.100073.

VERGINE, Pompilio, SALERNO, Carlo, LIBUTTI, Angela, BENEDEUCE, Luciano, GATTA, Giuseppe, BERARDI, Giovanni y POLLICE, Alfieri, 2017. Closing the water cycle in the agro-industrial sector by reusing treated wastewater for irrigation. *Journal of Cleaner Production*. 15 octubre 2017. Vol. 164, pp. 587-596. DOI 10.1016/j.jclepro.2017.06.239.

VILLASEÑOR, J.L., ORTIZ, E. y SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, A., 2022. Riqueza y distribución de la flora vascular del estado de Hidalgo, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, vol. 93, <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3920>

ZULOAGA, Padmaja et al., 2018. Remediation of potentially toxic elements - containing wastewaters using water hyacinth – a review. *International Journal of Phytoremediation*. Vol. 25, número 2, pp. 172-186. DOI 10.1080/15226514.2022.2068501.

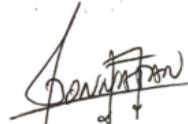
## ANEXOS

### Anexo 1: Tabla de operacionalización de variables

TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS MEDIANTE <i>LUDWIGIA REPENS</i> , <i>ZANTEDESCHIA AETHIOPICA</i> Y <i>PHRAGMITES AUSTRALIS</i> PARA DE AGUA DE USO AGRÍCOLA PACHACAMAC – 2023.								
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDADES DE MEDICIÓN		
VARIABLE INDEPENDIENTE	Uso de las especies <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> .	La utilización de las macrófitas <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> emerge como una estrategia altamente efectiva al aprovechar sus propiedades naturales para abordar desafíos ambientales. Estas especies sobresalen, especialmente, en el tratamiento de aguas y la mejora de la calidad del agua. Su capacidad para enfrentar problemas relacionados con la calidad del agua y su participación en procesos de fitorremediación resaltan su importancia en la búsqueda de soluciones sostenibles para cuestiones ambientales (Villaseñor & Sánchez, 2022).	Se determinará las características morfológicas de las especies <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> , así como también las cantidades de especies adecuada para la investigación experimental.	Características morfológicas	Nº de hojas	De razón	und	
				Diámetro de raíz	De razón	cm		
				Altura de la planta	De razón	cm		
				Diámetro del tallo	De razón	cm		
				Nº de flores	De razón	und		
				Cantidad de especies ( <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> )	Grupo 1: Se utilizará 3 peceras con 3 plantas por cada especie.	3 plantas de <i>Ludwigia Repens</i> , 3 de <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y 3 de <i>Phragmites Australis</i> .	De razón	Und
					Grupo 2: Se utilizará 3 peceras con 7 plantas por cada especie.	7 plantas de <i>Ludwigia Repens</i> , 7 de <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y 7 de <i>Phragmites Australis</i> .	De razón	und
Grupo 3: Se utilizará 1 pecera con 9 plantas en total	3 plantas de <i>Ludwigia Repens</i> , 3 de <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y 3 de <i>Phragmites Australis</i> .	De razón	und					
VARIABLE DEPENDIENTE	Tratamiento de aguas grises (Agua de tipo III)	El tratamiento de aguas grises tipo III, implica la implementación de diferentes etapas de tratamiento, como la filtración, la sedimentación, la desinfección y posiblemente procesos adicionales como la filtración biológica o el uso de plantas acuáticas. (Guerra et al. 2017)	Se determinará los Parámetros fisicoquímicos y biológicos pre y postratamiento, para la obtención de agua de riego tipo III, asimismo, de determinará la eficiencia de remoción de las especies utilizadas en esta investigación.	Parámetros fisicoquímicos, biológicos pre y post tratamiento	pH	De razón	Unidad de pH	
					Aceites y Grasas	De razón	mg/L	
					C.E.	De razón	uS/cm	
					Turbidez	De razón	UNT	
					Fósforo	De razón	mg/L	
					Fosfato	De razón	mg/L	
					Nitrato	De razón	mg/L	
					Sólidos Disueltos Totales	De razón	mg/L	
					Boro	De razón	mg/L	
					Sodio	De razón	mg/L	
					Temperatura	De razón	°C	
					DBO	De razón	mg/L	
					DQO	De razón	mg/L	
Oxígeno disuelto	De razón	mg/L						

					Coliformes totales	De razón	NMP/100ml
					Detergentes	De razón	mg/L
				% de remoción	$IR (\%) = \left( \frac{C_i - C_f}{C_i} \right) \times 100$ <p>Dónde:  <math>C_i</math>: concentración inicial  <math>C_f</math>: concentración final</p>	De razón	%

  
 Elyan Benites-Alfaro  
 CIP. 71998

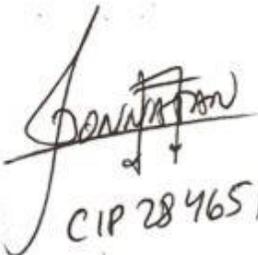
  
 CIP 284651

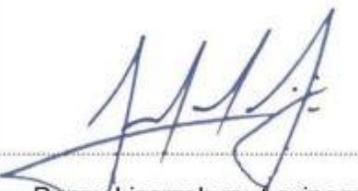
  
 Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

## Anexo 2: Instrumentos de recolección de información

Ficha 01	Características morfológicas de <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>				
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para obtención de agua de uso agrícola en el distrito de Pachacamac, Lima -Perú, 2023				
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales				
Responsables	Anccana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans				
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio				
Fecha					
Micrófitas	N° de hojas	Diámetro de raíz	Altura de planta	Diámetro de Tallo	N° de flores
<i>Ludwigia repens</i>					
<i>Zantedeschia Aethiopica</i>					 Dr. Ing. JUAN JULIO ORDOÑEZ GÁLVEZ CNI: 82447206 CIP: 89772
<i>Phragmites Australis</i>					

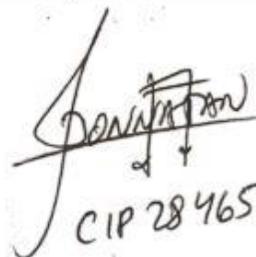
  
Dr. Elvira Benites Alfaro  
CIP: 71998

  
CIP 284651

  
Danny Lizarzaburu Aguinaga  
Ingeniero Químico  
Reg. CIP N° 95556

Ficha 02	Cantidad de especies de <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>		
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para obtención de agua de uso agrícola en el distrito de Pachacamac, Lima -Perú, 2023		
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales		
Responsables	Anccana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans		
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio		
Fecha			
Cantidades	<i>Ludwigia repens</i>	<i>Zantedeschia Aethiopica</i>	<i>Phragmites Australis</i>
Cantidad 1			
Cantidad 2			 <small>Dr. Ing. JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ  L.I.N. 09447208  C.I.P. 86772</small>
Cantidad 3			

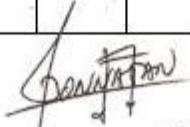
  
 Dr. Elmer BENITES ALFARO  
 C.I.P. 71998

  
 CIP 284651

  
 Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

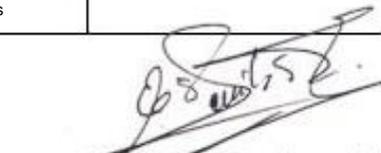
Ficha 03	Parámetros fisicoquímicos y biológicos antes del tratamiento															
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para obtención de agua de uso agrícola en el distrito de Pachacamac, Lima -Perú, 2023															
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales															
Responsables	Ancana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans															
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio															
Fecha																
Muestra	pH	Aceites y Grasas	CE	Turbidez	P	Fosfato	Nitrato	Sólidos disueltos	B	Na	T°	DBO	DQO	Oxígeno Disuelto	Coliformes totales	Detergentes
M0																
3 especies de <i>Ludwigia repens</i>																
3 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>																
3 especies de <i>Phragmites Australis</i>																
7 especies de <i>Ludwigia repens</i>																
7 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>																
7 especies de <i>Phragmites Australis</i>																
9 especies de <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>																

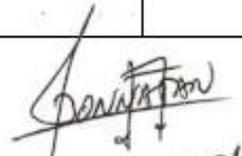
  
 Juan Benites Alarco  
 CIP 71998

  
 Fernando Hans  
 CIP 284651

  
 Dierly Lizarraburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

Ficha 04	% de Remoción			
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para obtención de agua de uso agrícola en el distrito de Pachacamac, Lima -Perú, 2023			
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales			
Responsables	Ancana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans			
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio			
Fecha				
Muestra	Pretratamiento	Postratamiento	% de remoción	Eca de agua tipo III
pH				 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez DR. QUÍMICO CIP. 8872
Aceites y Grasas				
CE				
Turbidez				
P				
Fosfato				
Nitrato				
Sólidos disueltos				
B				
Na				
T <sup>+</sup>				
DBO				
DQO				
Oxígeno Disuelto				
Coliformes Totales				
Detergentes				

  
Elvira Benites Alfaro  
CIP. 71998

  
CIP 284651

  
Danny Lizarraburu Aguinaga  
Ingeniero Químico  
Reg. CIP N° 85556

Ficha 01	Características morfológicas de <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> (Pretratamiento)				
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para agua de uso agrícola Pachacámac - 2023				
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales				
Responsables	Ancana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans				
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio				
Macrófitas	N° de hojas	Diámetro de raíz	Altura de planta	Diámetro de Tallo	N° de flores
<i>Ludwigia Repens</i>	28	0.02	13.15	0.12	0
<i>Zantedeschia Aethiopica</i>	8	0.28	56.08	4.23	0
<i>Phragmites Australis</i>	16	0.20	66.15	1.56	0

Ficha 01	Características morfológicas de <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> (Postratamiento)				
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para agua de uso agrícola Pachacámac - 2023				
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales				
Responsables	Ancana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans				
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio				
Macrófitas	N° de hojas	Diámetro de raíz	Altura de planta	Diámetro de Tallo	N° de flores
GRUPO 1	9	0.21	48.89	1.87	0.33
GRUPO 2	7	0.16	39.14	1.92	0.10
GRUPO 3	9	0.20	41.33	1.98	0.00

Ficha 02	Cantidad de especies de <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>		
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia Repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para agua de uso agrícola Pachacámac - 2023		
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales		
Responsables	Anccana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans		
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio		
Cantidades	<i>Ludwigia Repens</i>	<i>Zantedeschia Aethiopica</i>	<i>Phragmites Australis</i>
Grupo 1	3	3	3
Grupo 2	7	7	7
Grupo 3	3	3	3

Ficha 03	Parámetros fisicoquímicos y biológicos antes del tratamiento																
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para agua de uso agrícola Pachacámac - 2023																
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales																
Responsables	Ancana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans																
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio																
Fecha	28/10/2023																
Muestra	pH	Aceites y Grasas	CE	Turbidez	P	Fosfato	Nitrato	Sólidos disueltos	B	Na	T <sup>o</sup>	DBO	DQO	Oxígeno disuelto	Detergentes	Coliformes totales	
M0	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0	
GRUPO 1	3 especies de <i>Ludwigia repens</i>	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0
	3 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0
	3 especies de <i>Phragmites Australis</i>	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0
GRUPO 2	7 especies de <i>Ludwigia repens</i>	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0
	7 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0
	7 especies de <i>Phragmites Australis</i>	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0
GRUPO 3	9 especies de <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0

Ficha 03	Parámetros fisicoquímicos y biológicos después del tratamiento																
Título	Tratamiento de aguas grises mediante <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i> para agua de uso agrícola Pachacámac - 2023																
Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales																
Responsables	Anccana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans																
Asesor	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio																
Fecha	13/11/2023																
Muestra	pH	Aceites y Grasas	CE	Turbidez	P	Fosfato	Nitrato	Sólidos disueltos	B	Na	T°	DBO	DQO	Oxígeno disuelto	Detergentes	Coliformes totales	
M0	9.0	5.4	4190.0	290.0	0.7	1.5	1.7	2070.0	0.3	798.0	22.0	1498.0	3785.0	0.1	1.5	12000.0	
GRUPO 1	3 especies de <i>Ludwigia repens</i>	8.2	5.2	5490.0	270.0	1.3	4.0	0.7	2698.0	0.3	842.0	22.0	235.0	1885.0	2.5	0.9	1170.0
	3 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	7.6	5.2	5310.0	250.0	1.8	5.6	0.5	2644.0	0.3	737.0	20.0	284.0	1785.0	1.6	0.7	1164.0
	3 especies de <i>Phragmites Australis</i>	7.4	5.2	5140.0	270.0	1.6	4.8	0.6	2514.0	0.3	601.0	21.0	288.0	1635.0	1.9	0.4	1122.0
GRUPO 2	7 especies de <i>Ludwigia repens</i>	8.2	5.0	5190.0	160.0	1.5	4.6	0.8	2610.0	0.3	797.0	21.0	256.0	2260.0	3.3	0.2	1110.0
	7 especies de <i>Zantedeschia Aethiopica</i>	7.6	5.1	5860.0	50.0	1.7	5.1	0.3	2908.0	0.3	913.0	21.0	180.0	935.0	4.4	0.3	1009.0
	7 especies de <i>Phragmites Australis</i>	8.2	4.7	5190.0	160.0	1.5	4.6	0.8	2610.0	0.3	797.0	21.0	256.0	2260.0	3.3	0.2	987.0
GRUPO 3	9 especies de <i>Ludwigia repens</i> , <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y <i>Phragmites Australis</i>	7.5	4.7	5570	270.0	1.7	5.2	0.3	2740.0	0.3	874.0	21.0	287.0	1185.0	5.8	0.1	946.0

<b>Ficha 04:</b>	% de remoción							
<b>Título</b>	Tratamiento de aguas grises mediante Ludwigia Repens, Zantedeschia Aethiopica y Phragmites Australis para obtención de agua de uso agrícola en el distrito de Pachacamac, Lima -Perú, 2023							
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de Recursos Naturales							
<b>Responsables</b>	Ancana Cule, Shirley Stephany, Romero Bautista, Fernando Hans							
<b>Asesor</b>	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio							
Muestra	Pretratamiento	Postratamiento			% de remoción			ECA DE AGUA TIPO III
		GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	
<b>pH</b>	9.0	7.7	8.0	7.5	14.4	11.1	16.7	6.5 – 8.5
<b>Aceites y Grasas</b>	5.4	5.2	4.9	4.7	3.7	9.3	13	5
<b>Turbidez</b>	290.0	263.3	123.3	270.0	9.2	57.5	6.9	
<b>Nitrato</b>	1.7	0.6	0.6	0.33	64.7	64.7	82.4	100
<b>Na</b>	798.0	726.7	835.7	874.0	8.9	0.0	0.0	
<b>T°</b>	22.0	21.0	21.0	21.0	4.55	4.55	4.55	Δ 3
<b>DBO<sub>5</sub></b>	1498.0	269.0	230.7	287.0	82.0	84.6	80.8	15
<b>DQO</b>	3785.0	1768.3	1818.3	1185.0	53.3	52.0	68.7	40
<b>Detergentes (SAAM)</b>	1.5	0.7	0.3	0.1	53.3	80.0	93.3	0.2
<b>Coliformes Totales</b>	12000.0	1152.0	1035.0	946.0	90.4	91.4	92.1	1000

## Anexo 3: Validación de Instrumentos



### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Bañón Arias Jonnatan Victor  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ambiental  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características morfológicas de *Ludwigia repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Anccana Cule, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hans

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

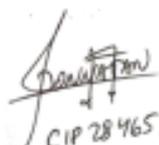
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Lima, 19 de junio del 2023

  
 \_\_\_\_\_  
 Jonnatan Victor Bañón Arias  
 CIP: 284651

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 **Apellidos y Nombres:** Mg. Bañón Arias Jonnatan Victor  
 1.2 **Cargo e institución donde labora:** Docente de la UCV  
 1.3 **Especialidad o línea de investigación:** Ambiental  
 1.4 **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Cantidad de especies de *Ludwigia repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*  
 1.5 **Autor(A) de Instrumento:** Anccana Cule, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hans

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

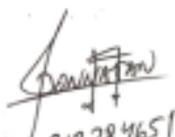
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Lima, 19 de junio del 2023

  
 CIP 284651  
 \_\_\_\_\_  
 Jonnatan Victor Bañón Arias  
 CIP: 284651

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 **Apellidos y Nombres:** Mg. Bañón Arias Jonnatan Victor  
 1.2 **Cargo e institución donde labora:** Docente de la UCV  
 1.3 **Especialidad o línea de investigación:** Ambiental  
 1.4 **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes del tratamiento  
 1.5 **Autor(A) de Instrumento:** Ancana Cule, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hans

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

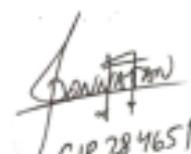
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Lima, 19 de junio del 2023

  
 CIP 284651  
 \_\_\_\_\_  
 Jonnatan Victor Bañón Arias  
 CIP: 284651

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 **Apellidos y Nombres:** Mg. Bañon Arias Jonnatan Victor  
 1.2 **Cargo e institución donde labora:** Docente de la UCV  
 1.3 **Especialidad o línea de investigación:** Ambiental  
 1.4 **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** % de remoción  
 1.5 **Autor(A) de Instrumento:** Ancana Cule, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hans

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

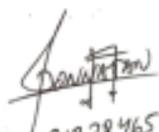
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

85%
-----

Lima, 19 de junio del 2023



\_\_\_\_\_  
 Jonnatan Victor Bañon Arias  
 CIP: 284651

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. Benites Alfaro Elmer  
**1.2. Cargo e institución donde labora:** DTC Universidad César Vallejo  
**1.3. Especialidad o línea de investigación:** Docente Planacyt – RR. NN  
**1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características morfológicas de *Ludwigia repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Pinguicula Australis*.  
**1.5. Autor(A) de instrumento:** Anciana Cule, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hana

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

<b>X</b>

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

95%
-----



Dr. Elmer Benites Alfaro  
 CIP: 71988

Lima, 19 de junio del 2023



**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro Elmer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Docente Ranacyt – RR. NN
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cantidad de especies de *Lodwigia repens*, *Zantedeschia Aethiopic* y *Pitnagmites Acutrola*.
- 1.5. Autor(A) de instrumento: Anccana Cule, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hana

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

95%
-----



Lima, 19 de junio del 2023

Dr. Elmer Benites Alfaro  
CIP: 71998

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro Elmer  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Docente Farmacyt – RR- NN  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes del tratamiento.  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Anccana Cula, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hans

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%
-----



Dr. Elmer Benites Alfaro  
CIP: 71998

Lima, 19 de junio del 2023

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Benites Alfaro Elmer  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** DTC Universidad César Vallejo  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Docente Renacyt – RR. NN  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** % de remoción  
 1.5. **Autor(A) de instrumento:** Anciana Cula, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hans

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

<b>X</b>

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%
-----

Lima, 19 de junio del 2023



Dr. Elmer Benites Alfaro  
CIP: 71998

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1**
**I. DATOS GENERALES**

- I.1. Apellidos y Nombres:** Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso  
**I.2. Cargo e institución donde labora:** Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo  
**I.3. Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y gestión de Residuos.  
**I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Características morfológicas de *Lodwigia repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites Australis*.  
**I.5. Autor(A) de instrumento:** Anciana Cula, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hana

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

85%
-----

Lima, 19 de junio del 2023

  
 \_\_\_\_\_  
 Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga  
 C/P: 95558



## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

## I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y Nombre: Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y gestión de Residuos  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cantidad de especies de *Ludwigia repens*, *Zantedeschia Aethiopia* y *Phragmites Australis*  
 1.5 Autor(A) de instrumento: Anciana Cule, Shirley Stephany / Romero Baulista, Fernando Hara

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Lima, 19 de junio del 2023

  
 \_\_\_\_\_  
 Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga  
 OJP-95556

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 **Apellidos y Nombres:** Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso  
 1.2 **Cargo e institución donde labora:** Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.3 **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y gestión de Residuos  
 1.4 **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros físico-químicos y biológicos antes del tratamiento  
 1.5 **Autor(A) de instrumento:** Anccana Cule, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Horta

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

85%
-----

Lima, 19 de junio del 2023

  
 \_\_\_\_\_  
 Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga  
 CIP: 95556

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 **Apellidos y Nombres:** Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso  
 1.2 **Cargo e institución donde labora:** Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.3 **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y gestión de Residuos  
 1.4 **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** % de remoción  
 1.5 **Autor(A) de Instrumento:** Anccana Cole, Shirley Stephany / Romero Bautista, Fernando Hans

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

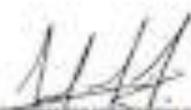
- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

85%
-----

Lima, 19 de junio del 2023

  
 \_\_\_\_\_  
 Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga  
 C/P. 95558

## Anexo 4: Informe de resultados del laboratorio




LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

### INFORME DE ENSAYO N° 2310240A

Cliente	: FERNANDO HANS ROMERO BAUTISTA		
Dirección del cliente	: NO INDICA		
(1) Usuario	: NO APLICA		
Lugar de muestreo	: MZ "C" LOTE 24, BARRIO 2 - 4 ETAPA, URB. PACHACAMAC - V.E.S.		
N° de orden de trabajo	: 2310086		
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA RESIDUAL DOMÉSTICO		
Muestreo realizado por	: FERNANDO ROMERO B.		
Procedimiento de muestreo	: NO APLICA		
Instructivo de muestreo	: NO APLICA		
Referencia al plan de muestreo	: NO APLICA		
Número de muestras	: 01		
Fecha de recepción	: 24-10-2023		
Fecha de inicio y término de ensayo	: 24-10-2023	al	02-11-2023

\*Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio\*.

(1): Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 08-11-2023

  
Leiner Lucía Merzolla Yuto  
JEFE DE LABORATORIO DE PQ  
R-LAB S.A.C.

  
Paola Dal Pilar Vilcahuasi  
JEFE DE LABORATORIO DE MH  
C.P. 8960

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".  
Asoc. de Vivienda Cruz de Molupe, MZ B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4052870 / Móviles: 972 733 385 / 986 408 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visítanos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2310240A

Código de laboratorio		2310240A-01		
(1) Identificación de la muestra		AR-01		
(2) Descripción del punto de muestreo		AZOTEA		
(3) Fecha y hora de muestreo		24-10-2023 06:00		
(4) Ubicación geográfica (WGS-84)		HQ INOCA		
Tipo de matriz y/o producto		AGUA RESIDUAL DOMESTICO		
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultado
(5) Nivel de Hidrógeno pH	uPH	-	-	8.51
(6) Amoníaco y Oxalato	mg/L	1.8	5.0	3.8
(7) Conductividad Conductividad	µS/cm	-	-	4.180
(8) Fosforo Total	mg/L	0.025	0.026	0.72
(9) Fosforo	mg/L	0.024	0.072	1.47
(10) Nitrosos	mg/L	0.017	0.060	1.7
(11) Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2	6	2.075
(12) Sólidos	mg/L	0.150	0.967	10.332
(13) Sólidos Sólidos	mg/L	1.25	5.00	768
(14) Demanda Química de Oxígeno	mg/L	0.1	0.4	1.498

**Nota:**

Condición y estado de la muestra (1) Envasada (2) Las muestras fueron refrigeradas y preservadas al laboratorio.

La (3) muestra(s) llegaron al laboratorio y se vio antes.

La (4) muestra(s) de muestra(s) guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecederas.

L.C.M. Límite de cuantificación del método, L.D.M. Límite de detección del método.

Los resultados de ensayo se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(5) Datos proporcionados por el cliente.

(6) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL-DA.

(7) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAB.

R-LAB S.A.C. declina cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

Leonor Lucía Nicolson Yudo  
JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
R-LAB S.A.C.

Paola Del Pozo Jiménez Visurraga  
JEFE DE LABORATORIO DE MH  
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".  
Asoc. de Vivienda Cruz de Molupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Tel: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 986 409 457.  
Correo: servicios@rlabsac.com / servicioarlab@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2310240A

Código de laboratorio		2310240A-01		
(1) Identificación de la muestra		AG-01		
(1) Descripción del punto de muestreo		AZDTEA		
(1) Fecha y hora de muestreo		24-10-2022 08:00		
(1) Ubicación geográfica (NOC-86)		NO-MEXCA		
Tipo de muestra y/o producto		AGUA RESIDUAL DOMESTICO		
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
(1) Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1.3	5.0	3.785
(2) Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	<0.1
(3) Turbidez Turbidez	UNT	0.5	1.5	280
(4) Cationes Totales por Filtrado más probable (TMP)	MPPT 100ML	1.8	-	12000
(5) Detergentes (SAX M)	mg/L	-	1	1.5

**Nota**

Condición y estado de la Muestra (1) Envase (1) Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.

La (1) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, vidrio y polietileno esterilizado.

La (1) muestra(s) se mantendrá guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido otorgado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

(2) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL-DA.

(3) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS.

R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra debidamente verificada.

LEONOR LUCÍA MOROCILLO YUTO  
JEFE DE LABORATORIO DE R-LAB S.A.C.

PAOLA DEL POZO  
JEFE DE LABORATORIO DE MFL  
C.P.P. 8950

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados sólo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".  
Asoc. de Vivienda Cruz de Molupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4062870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO N° 2311202A

Cliente	: FERNANDO HANS ROMERO BAUTISTA		
Dirección del cliente	: MZ C LOTE 24 BARRIO 2, 4 ETAPA URB. PACHACAMAC		
(1) Usuario	: FERNANDO HANS ROMERO BAUTISTA		
Lugar de muestreo	: MZ "C" LOTE 24 BARRIO 2, 4 ETAPA URB PACHACAMAC - V.E.S		
N° de orden de trabajo	: 2311030		
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA RESIDUAL DOMÉSTICO		
Muestreo realizado por	: CLIENTE		
Procedimiento de muestreo	: NO APLICA		
Instructivo de muestreo	: NO APLICA		
Referencia al plan de muestreo	: NO APLICA		
Número de muestras	: 08		
Fecha de recepción	: 13-11-2023		
Fecha de inicio y término de ensayo	: 13-11-2023	al	21-11-2023

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

(1) Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 22-11-2023

LEONOR LUCÍA MORCOBALIS YULO  
JEFE DE LABORATORIO DE PQ  
R-LAB S.A.C

PATRICIA MARÍA VIQUEZA  
JEFE DE LABORATORIO DE MH  
R-LAB S.A.C

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2311202A

Código de laboratorio		2311202A-05	2311202A-06	2311202A-07	2311202A-08		
(1) Identificación de la muestra		3-Lubriga	7-Alcatraz	7-Lubriga	06-04-3		
(1) Descripción del punto de muestreo		Aguas	Aguas	Aguas	Aguas		
(1) Fecha y hora de muestreo		13-11-2022 06:40	13-11-2022 06:50	13-11-2022 07:00	13-11-2022 07:10		
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)		N 8645941 E 0291434	N 8645941 E 0291434	N 8645941 E 0291434	N 8645941 E 0291434		
Tipo de materia y/o producto	AGUA RESIDUAL DOMESTICO						
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
(1) Potencial de hidrógeno pH	unit	-	-	8.17	7.58	8.17	7.52
(2) Azúcares y Glúcidos	mg/L	1.0	3.0	5.3	5.13	5	4.60
(2) Conductivity Conductividad	uS/cm	-	-	5490	5860	5190	5570
(2) Turbidity Turbidez	unit	0.5	1.5	270	30	160	200
(2) Fósforo Total	mg/L	0.005	0.020	1.3	1.7	1.3	1.7
(2) Fosfatos	mg/L	0.024	0.070	4.0	5.1	4.8	5.2
(2) Nitatos	mg/L	0.017	0.050	0.07	0.34	0.70	0.33
(2) Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	6	3 688	2 900	2 610	2 740
(2) Boro	mg/L	0.332	0.997	+0.332	+0.332	+0.332	+0.332
(2) Sulfuro Sulfuro	mg/L	1.25	5.00	842	813	787	814
(2) Demanda Químico de Oxígeno	mg/L	0.1	0.4	235	180	256	287
(2) Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1.2	3.0	1 865	925	2 260	1 165
(2) Coliformes Totales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	1170	1009	1110	946
(2) Desinfectantes (SARH)	mg/L	-	1	0.87	3.22	3.23	0.14
(2) Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	2.47	4.37	3.30	6.77

**Nota**  
Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.  
La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, vidrio, polietileno ámbar, vidrio ámbar y polietileno esterilizado.  
La (s) muestra(s) se mantendrá guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido arrojado el informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.  
L.C.M. Límite de cuantificación del método, L.D.M. Límite de detección del método.  
(1) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL-DA.  
(2) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INE.  
Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, haciendo caso sumamente por el cliente.  
(3) Datos proporcionados por el cliente.  
R-LAB S.A.C. destaca cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

Leonor Lucía Morcucha Yulo  
JEFE DE LABORATORIO DE PQ  
R-LAB S.A.C.

Paola Del Pilar Illanes Viaranga  
JEFE DE LABORATORIO DE MH  
CBP 8960

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4062670 / Móvil: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 2311202A

		2311202A-05	2311202A-06	2311202A-07	2311202A-08		
(I) Identificación de la muestra		3-Naveja	7-Acazua	7-Naveja	Oruga 2		
(II) Detalle del punto de muestreo		A-0144	A-0150	A-0155	A-0156		
(IV) Fecha y hora de muestreo		13-11-2023 06:40	13-11-2023 06:50	13-11-2023 07:00	13-11-2023 07:10		
(V) Ubicación geográfica (WGS-84)		11 38-45941 E 0291434	11 38-45941 E 0291434	11 38-45941 E 0291434	11 38-45941 E 0291434		
Tipo de matriz y/o producto		AGUA RESIDUAL DOMÉSTICO					
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
(I) Potencial de Hidrógeno pH	ugH	-	-	8.17	7.58	8.17	7.58
(II) Acidez y Dureza	mg/L	1.6	3.0	3.2	5.12	5	4.65
(III) Conductivity Conductividad	uS/cm	-	-	2490	3060	2190	3570
(IV) Turbidity Turbidez	Unit	0.5	1.5	0.70	00	0.60	0.70
(V) Fosforo Total	mg/L	0.005	0.020	1.3	1.7	1.5	1.7
(VI) Fosforo	mg/L	0.024	0.072	4.0	5.1	4.6	5.2
(VII) Nitrosas	mg/L	0.017	0.050	0.97	0.34	0.76	0.33
(VIII) Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2	6	2 688	2 900	2 910	2 740
(IX) Sodio	mg/L	0.332	0.997	+0.332	+0.332	+0.332	+0.332
(X) Sodio Sodio	mg/L	1.25	3.75	842	915	787	874
(XI) Demanda Química de Oxígeno	mg/L	0.1	0.4	235	180	256	207
(XII) Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1.2	3.0	1 885	635	2 260	1 185
(XIII) Coliformes Totales por Número más probable (NMP)	NMP/100mL	1.8	-	1170	1008	1170	948
(XIV) Detergentes (SANIT)	mg/L	-	7	0.27	0.22	0.23	0.18
(XV) Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	2.47	4.37	3.30	4.77

Nota:  
Condición y estado de la Muestra (I) Envasada (II) Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.  
La (I) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, vidrio, polietileno ámbar, vidrio ámbar y polietileno esmerilado.  
La (II) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido arrojado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.  
L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.  
(I) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL-DA.  
(II) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INE.  
Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.  
(IV) Datos proporcionados por el cliente.  
R-LAB S.A.C. declina cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

LEONOR LUCÍA PACHECO YULO  
JEFE DE LABORATORIO DE RQ  
R-LAB S.A.C.

PAOLA DEL PILAR ILLANES VIQUEZA  
JEFE DE LABORATORIO DE MH  
CSP 8960

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo".  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

## Anexo 5: Panel fotográfico



a. Ubicación de Urbanización Las Palmas, Pachacamac en Google Maps



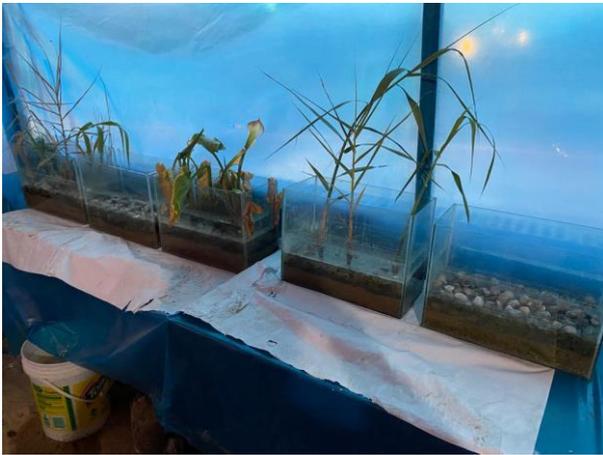
b. Entrega de baldes para recolectar agua gris a los pobladores de Las Palmas, Pachacamac



c. Acondicionamiento de las peceras



d. Colocación de plantas en la elaboración del humedal



e. Humedales artificiales finalizados con *Ludwigia Repens*, *Zantedeschia Aethiopica* y *Phragmites australis*

## Anexo 6: Resultado de similitud del programa Turnitin

SHIRLEY STEPHANY ANCCANA CULE | tesis.docx



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Tratamiento de aguas grises mediante *Ludwigia repens*, *Zantedeschia*

*Aethiopica* y *Phragmites Australis* para agua de uso agrícola

Pachacámac – 2023

TESIS PARA OBTENER EL

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Ancana Cule, Shirley Stephany (orcid.org/0000-0001-6864-7335)

Romero Bautista, Fernando Hans (orcid.org/0000-0001-7917-8140)

Resumen de coincidencias X

9 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	2 %	>
	Fuente de Internet		
2	hdl.handle.net	1 %	>
	Fuente de Internet		
3	Entregado a Universida...	1 %	>
	Trabajo del estudiante		
4	Entregado a UNIV DE L...	<1 %	>
	Trabajo del estudiante		
5	repositorio.upeu.edu.p...	<1 %	>
	Fuente de Internet		
6	www.researchgate.net	<1 %	>
	Fuente de Internet		
7	repositorio.unfv.edu.pe	<1 %	>
	Fuente de Internet		