

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación de la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en la remoción de coliformes totales y termotolerantes de aguas residuales, Huánuco - 2023”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Salinas Mallqui, Emeli Clemencia

ASESOR: Ramos Dueñas, Rudy Milner

HUÁNUCO – PERÚ

2023



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biorremediación, Biotecnologías de diagnóstico en la gestión ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 48501071

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22503170

Grado/Título: Maestro en administración de la educación

Código ORCID: 0000-0003-4798-5575

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Cabrera Montalvo, Abrahams Moisés	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	71034553	0000-0003-2052-0081
3	Duran Nieva, Alejandro Rolando	Biologo-microbiologo	21257549	0000-0001-5596-0445

D

H



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día 03 del mes de octubre del año 2023, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Presidente)
- Mg. Abrahams Moises Cabrera Montalvo (Secretario)
- Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2248-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES CON CARRIZO (*Phragmites australis*) Y COLA DE CABALLO (*Equisetum arvense*) EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DE AGUAS RESIDUALES, HUANUCO - 2023"**, presentado por el (la) Bach. **SALINAS MALLQUI, EMELI CLEMENCIA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobada Por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de bueno (Art. 47)

Siendo las 19:00 horas del día 03 del mes de octubre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Frank Erick Cámara Llanos
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente

Mg. Abrahams Moises Cabrera Montalvo
ORCID: 0000-0003-2052-0081
Secretario

Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva
ORCID: 0000-0001-5596-0445
Vocal



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, RUDY MILNER RAMOS DUEÑAS, asesor del P.A. de Ingeniería Ambiental y designado mediante documento: Resolución N° 799- 2022-PAIA-FI-UDH de la Bach. EMELI CLEMENCIA SALINAS MALLQUI, de la investigación **“COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES CON CARRIZO (*Phragmites australis*) Y COLA DE CABALLO (*Equisetum arvense*) EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DE AGUAS RESIDUALES, HUÁNUCO - 2023”**

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 23% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 5 de octubre de 2023.

Mg. Rudy Milner Ramos Dueñas
DNI: 22503170
CODIGO ORCID: 0000-0003-4798-5575

entrega final de comparacion de humedales artificiales

INDICEM DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Nacional Agraria de la Selva Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	1%



Mg. Rudy Milner Ramos Dueñas

DNI: 22503170

CODIGO ORCID: 0000-0003-4798-5575

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme en cada paso y guiarme, a mi madre Erica Mallqui Valdivia por apoyarme en mis estudios, mi hermana Jessed, mi pequeña sobrina Valentina, mis abuelos Zenobio y Libita, así como a mi tía Virginia Mallqui y a toda mi familia por impulsarme a cumplir mis sueños.

También a mis amigas que han estado en cada momento de mi trayectoria profesional, Gianina Katherin, Yelina, Kenia, Nelly Ruth, quienes me dieron ánimos para salir adelante y todas las personas que impulsaron mi camino para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por permitirme llegar hasta aquí, por permitirme tener a mi familia, pareja y amigos que estuvieron a mi lado en todo momento y cada paso que doy en este camino, también agradezco a mi madre por su arduo sacrificio, por inculcarme valores y en enseñar a no rendirme en el camino, gracias a cada uno de ustedes quienes aportaron para ser la mujer que hoy soy.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	17
1.4.4. JUATIFICACIÓN SOCIAL	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6.1. DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN	18
1.6.2. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS ECONÓMICOS	18
1.6.3. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HUMANOS	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVCESTIGACIÓN	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	22

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. HUMEDALES ARTIFICIALES.....	24
2.2.2. CARRIZO (PHRAGMITES AUSTRALIS).....	28
2.2.3. COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE)	29
2.2.4. RELACIÓN ENTRE COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES	30
2.2.5. COLIFORMES TOTALES.....	31
2.2.6. COLIFORMES TERMOTOLERANTES	31
2.2.7. REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES	31
2.2.8. DISEÑO PARA LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES MEDIANTE HUMEDAL SUBSUPERFICIALES CON FLUJO HORIZONTAL	32
2.2.9. AGUAS RESIDUALES.....	36
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	38
2.4. HIPÓTESIS	39
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	39
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	39
2.5. VARIABLES	40
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	40
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	40
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	41
CAPÍTULO III.....	43
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
3.1.1. ENFOQUE	43
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	44
3.1.3. DISEÑO	44
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	45
3.2.1. POBLACIÓN	45
3.2.2. MUESTRA	45
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	46
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	46

3.3.2. ETAPA DE CAMPO	46
3.3.3. INSTRUMENTOS	48
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	48
3.4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	48
3.4.2. TÉCNICAS DE PRESENTACIÓN DE DATOS	49
3.4.3. INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS	49
3.5. ÁMBITO GEOGRÁFICO TEMPORAL Y PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.5.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	49
3.5.2. PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.5.3. PLAN DE TABULACIÓN.....	50
CAPÍTULO IV.....	51
RESULTADOS.....	51
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	51
4.2. CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS GENERAL.....	51
4.3. CONTRASTE DE HIPOTESIS ESPECIFICA.....	54
4.3.1. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 1	54
4.3.2. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 2	61
4.4. PRUEBA DE NORMALIDAD.....	71
CAPITULO V.....	76
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Funciones de las plantas en sistemas de tratamientos acuáticos...	34
Tabla 2 Operacionalización de variables	41
Tabla 3 Insumos para la Preparación de un humedal artificial subsuperficial	47
Tabla 4 Ubicación política del lugar de estudio.....	49
Tabla 5 Estadísticos descriptivos para los coliformes totales y coliformes termotolerantes	52
Tabla 6 Eficacia de remoción de los coliformes totales y coliformes termotolerantes de las aguas residuales mediante humedales artificiales ..	53
Tabla 7 Análisis de varianza de Friedman para los coliformes totales de las aguas residuales de Ñausilla baja	54
Tabla 8 Análisis de varianza de Friedman para los termotolerantes en las aguas residuales de Ñausilla baja	55
Tabla 9 Correlación entre los coliformes totales y coliformes termotolerantes respecto a los tratamientos empleados con humedales artificiales	55
Tabla 10 Prueba de T de Wilcoxon para los coliformes totales de las aguas residuales	56
Tabla 11 Diferenciación de coliformes totales iniciales y finales en la prueba de Wilcoxon	56
Tabla 12 Prueba de T de Wilcoxon para los coliformes termotolerantes de las aguas residuales.....	57
Tabla 13 Diferenciación de coliformes termotolerantes iniciales y finales en la prueba de Wilcoxon	57
Tabla 14 Concentración media de los coliformes totales al inicio y luego de la aplicación de tratamientos con humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).....	58
Tabla 15 Concentración media de los coliformes termotolerantes al inicio y luego de la aplicación con tratamiento de humedal artificial	59
Tabla 16 Evaluación y cumplimiento de los parámetros microbiológicos de las aguas residuales aplicando como tratamiento los humedales artificiales con cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) y carrizo (<i>Phragmites australis</i>).....	60

Tabla 17 Análisis de varianza para el pH y el color de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja	61
Tabla 18 Prueba de Tukey de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja	62
Tabla 19 Correlación de Spearman entre los coliformes totales respecto a los tratamientos empleados con cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) y carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	63
Tabla 20 Correlación de Pearson entre el pH y la conductividad respecto a los tratamientos empleados con humedales artificiales.....	64
Tabla 21 Prueba T de Student para el pH y el color de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja	64
Tabla 22 Concentración media del pH al inicio y luego de la aplicación del tratamiento con los humedales artificiales	65
Tabla 23 Concentración media del color al inicio y luego de la aplicación de tratamientos con humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).....	66
Tabla 24 Análisis de varianza Friedman para la conductividad eléctrica (umho/cm) de las aguas residuales	67
Tabla 25 Correlación de Spearman de la conductividad eléctrica del agua residual respecto al tratamiento con humedales artificiales empleando cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) y el carrizo (<i>Phragmites australis</i>).....	67
Tabla 26 Prueba de T de Wilcoxon para conductividad eléctrica de las aguas residuales	68
Tabla 27 Prueba de Wilcoxon para la conductividad eléctrica	68
Tabla 28 Concentración media de la conductividad eléctrica inicial y luego de la aplicación de tratamiento con humedales artificiales	69
Tabla 29 Evaluación y cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales aplicando tratamiento de humedales artificiales con cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) y el carrizo (<i>Phragmites australis</i>).....	70
Tabla 30 Prueba de normalidad en coliformes totales en las aguas residuales	71
Tabla 31 Prueba de normalidad en coliformes termotolerantes en las aguas residuales	72

Tabla 32 Prueba de la normalidad de la conductividad ($\mu\text{mho/cm}$) en las aguas residuales	73
Tabla 33 Prueba de normalidad de color UCV en las aguas residuales	74
Tabla 34 Prueba de la normalidad del pH en las aguas residuales	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Concentración media de los coliformes totales iniciales y los tratamientos empleado con humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).....	58
Figura 2 Concentración media de los coliformes termotolerantes al inicio y luego de la aplicación mediante tratamiento con humedales artificiales	59
Figura 3 Prueba de Tukey de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja	62
Figura 4 Prueba de Tukey del color de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja	63
Figura 5 Concentración media del pH al inicio y luego de la aplicación de los tratamientos con humedales artificiales	65
Figura 6 Concentración del color al inicio y luego de la aplicación de tratamientos con humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>).....	66
Figura 7 Concentración media de la conductividad eléctrica inicial y luego de la aplicación de tratamiento con humedal artificial	69
Figura 8 Normalidad de coliformes totales en las aguas residuales	71
Figura 9 Normalidad de los coliformes termotolerantes en las aguas residuales	72
Figura 10 Normalidad de la conductividad (umho/cm) en las aguas residuales	73
Figura 11 Grafica de la normalidad de color UCV en las aguas residuales .	74
Figura 12 Normalidad del pH en las aguas residuales.....	75

RESUMEN

La presente investigación titulada “Comparación de la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en la remoción de coliformes totales y termotolerantes de aguas residuales, Huánuco - 2023 ” tuvo como **objetivo** comparar la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, ubicado en el centro poblado de Ñausilla baja la **metodología** fue de tipo experimental tomando respectivas muestras iniciales para su respectivo análisis posterior se monitorio cada 7 días por 21 días es decir teniendo un total de 3 muestras de cada grupo , el análisis de las muestras se realizaron en la DIRESA (dirección regional de salud de Huánuco) en el laboratorio de microbiología de aguas teniendo en cuenta dos grupos de comparación de humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) y una vez culminado se obtuvieron los siguientes **resultados** la remoción con carrizo (*Phragmites australis*), una media de 98.33 % en los Coliformes Totales, asimismo se encontró que el presentó mejor resultado de remoción con una media de 97.78 % en los Coliformes Termotolerantes, concluyéndose que ambos tratamientos empleados superan el 90 % de la remoción de los Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes, y que el Carrizo (*Phragmites australis*) presentó un mejor resultado en la remoción de los parámetros microbiológicos de los Coliformes Totales y los Coliformes Termotolerantes. Con respecto a los parámetros fisicoquímico con se obtuvo que en la cola de caballo (*Equisetum arvense*), pH presenta un mejor efecto, en el color y la conductividad, se evidencia un mayor efecto en el tratamiento con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*).

Palabras clave: Corporación, eficacia, humedales, carrizo, cola, caballo.

ABSTRACT

The present research entitled "Comparison of the efficacy of artificial wetlands with reed (*Phragmites australis*) and horsetail (*Equisetum arvense*) in the removal of total and thermotolerant coliforms from wastewater, Huánuco - 2023 " **aimed** to compare the effectiveness of artificial wetlands with reed (*Phragmites australis*) and horsetail (*Equisetum arvense*) for the removal of total and thermotolerant coliforms in wastewater, located in the village of Ñausilla Baja The **methodology** was experimental, taking the respective initial samples for subsequent treatment, for the analysis of the samples obtained before treatment and after treatment was monitored every 7 days for 21 days, i.e. having a total of 3 samples from each group, the analysis of the samples were performed in the DIRESA (regional health department of Huánuco) in the laboratory of water microbiology taking into account two groups of comparison of artificial wetlands with reed (*Phragmites australis*) and horsetail (*Equisetum arvense*) and once results completed the following were obtained The reed (*Phragmites australis*) showed an average of 98.33% removal of total coliforms, and it was also found that the reed presented the best removal result with an average of 97.78% for thermotolerant coliforms, concluding that both treatments used exceeded 90% removal of total coliforms and thermotolerant coliforms. It was concluded that both treatments used exceeded 90% in the removal of total coliforms and thermotolerant coliforms, and that the reed (*Phragmites australis*) presented a better result in the removal of the microbiological parameters of total coliforms and thermotolerant coliforms. With respect to the physicochemical parameters, it was found that horsetail (*Equisetum arvense*), pH presented a better effect, and color and conductivity showed a greater effect in the treatment with artificial wetlands with reed (*Phragmites australis*).

Keywords: Corporation, effectiveness, wetlands, reed, tail, horse.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos indispensables para las actividades del hombre, si bien es sabido su uso en nuestra vida cotidiana abarca desde nuestra higiene personal, preparación de alimentos, y en las zonas rurales no solo se limita a estas actividades sino también al riego de las plantas, bebida de los animales, la importancia de este recurso hace que sea indispensable.

En nuestra actualidad se presentan diversos problemas a causa de la falta de tratamiento de agua, ya que muchas veces para el riego de los vegetales es usado las aguas residuales provenientes de viviendas, escuelas, que estas desembocan de manera directa en las fuentes de agua más cercanas generando una contaminación donde se encuentra la presencia de coliformes totales y termotolerantes, a su vez esta agua es utilizada para la vida cotidiana.

Por lo que la investigación plantea como comparar la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, para así obtener mejor resultados para poder usarlo como alternativa de solución, para tratar el problema, así ayudando a que la comunidad de Ñausilla baja pueda usar esa agua para el riego de vegetales, convirtiéndose en una alternativa ecológica y de bajo costo para tratar el problema de fondo.

El informe se encuentra conformado por los capítulos pertinente al Capítulo I donde se da a conocer el problema de la investigación, objetivos presentes, justificación, limitaciones y la viabilidad, en el capítulo II citaremos antecedentes, bases teóricas, definiciones conceptuales, en el capítulo III se especificó la metodología, tipo de alcance, diseño, población y muestra, capítulo IV, la interpretación de los resultados contraste de hipótesis, Capítulo V discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones donde se coloca referencia bibliográfica y anexos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La aparición de coliformes en el agua viene a demostrar que existe un problema de contaminación, ya que es donde los contaminantes se concentran formando así coliformes totales y fecales o termotolerantes, si bien el agua es un elemento muy importante para toda actividad y necesidad que tenemos a lo largo de nuestra vida y sirve para las diferentes necesidades, la contaminación que existe nos lleva a pensar en las diferentes enfermedades que estas puedan ocasionar a nuestro cuerpo y contaminar a los seres vivos que dependen de aguas residuales contaminadas. (Fernández-Santisteban, M. T. 2017)

El carrizo (*Phragmites australis*), se considera como una planta de mucho interés, debido a sus propiedades y usos en las diferentes ramas de la ciencia, en la ingeniería se utiliza como biofiltros para tratar y purificar el agua ya que se emplea para el tratamiento de aguas residuales, el tratamiento con esta planta mencionada tiene una mayor capacidad depuradora teniendo una eficiencia en un 92% en el tratamiento de coliformes totales y un 95% de efectividad en el tratamiento de coliformes termotolerantes, y un 95.2% en la reducción de *Escherichia coli* (Chugden y Verastegui, 2021).

La cola de caballo (*Equisetum arvense*), tuvo una eficacia en la unidad básica de saneamiento logrando adaptarse al tratamiento de humedales artificiales, buscando la remoción de diferentes contaminantes y la reducción de ciertos parámetros de acuerdo al estándar de calidad ambiental, el tratamiento de agua residual se realizó mediante dos plantas purificadoras que ayudaron al tratamiento empleado, pero se ha medido la efectividad comparando con las normas de la DIGESA Chile para lograr el resultado esperado por la investigación. (Salazar et al., 2018).

La comunidad de Ñausilla baja perteneciente al distrito de Conchamarca, de la provincia de Ambo, región Huánuco, presenta problemas debido a la

contaminación que se encuentra presente en el agua, producto que todo los desechos generados por el hombre son vertidos al río de manera directa afectando a la salud de los pobladores de la zona, generando problemas gastrointestinales, y a su vez esta agua es usada para el riego de los vegetales de tallo baja y alto, haciendo que las plantas con las que son regadas cuentan con un porcentaje de coliformes totales y termotolerantes presentes provenientes de los desechos del hombre y/o animales.

La presencia de microorganismos y bacterias en el agua hacen que muchas veces las plantas absorban contaminantes que estas puedan afectar al hombre y su entorno, si bien hacemos mención de Ñausilla baja, uno de sus recursos es el cultivo de vegetales como el maíz el cual absorbe contaminantes presentes en el agua ya que esto se usa para su riego, si bien no se cuenta con un estudio, se determina esto a través de la observación y sobre todo la comunicación que se puede obtener de los pobladores de zona.

A su vez la comunidad de Ñausilla baja no cuenta con una planta de tratamiento para aguas residuales, ni tampoco con una educación ambiental adecuada para la disposición y manejo del agua, por lo que no se cuenta con un estudio para poder tratar este problema de fondo, si bien se conoce que el agua es un recurso indispensable para todo ser vivo, este mismo no se encuentra disponible de manera potable, ni adecuada para riego de vegetales y tampoco para la bebida de animales, muchas veces la poca carencia de presencia de las autoridades del lugar y su desinterés por implementar un proyecto para el tratamiento de aguas residuales nos hace plantear soluciones ecológicas y de bajo costo para que todos los pobladores y personas puedan tener acceso a agua purificada y tratada de manera adecuada.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Existe diferencia en la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023?
- ¿Cuáles son los parámetros físico-químico antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.
- Evaluar los parámetros físico-químico antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación permitió sumar nuevos conocimientos, porque se experimentó con el carrizo (*Phragmites australis*) y la cola de caballo (*Equisetum arvense*) logrando así la remoción de los coliformes totales y termotolerantes. Siendo un sistema de bajo costo por ser plantas que se pueden encontrar con facilidad y que se adaptan a cualquier medio donde haya presencia de agua.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El trabajo de investigación desarrolló una metodología que posibilitó la aplicación del procedimiento, junto a un marco teórico que permitió conseguir los objetivos de la investigación, empleando el uso de plantas purificadoras logrando realizar la mayor cantidad de remoción de coliformes totales y termotolerantes que se encontraron presentes en el agua dentro de la zona de estudio.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Las plantas que se utilizaron para la investigación son aquellas que se encuentran con facilidad en ambientes acuáticos, pero que no son tomadas con la debida importancia para el tratamiento de agua, por lo que en las zonas rurales solo se les considera como plantas medicinales por lo que su uso se limita al tratamiento para la salud, lo que la investigación planteo fue utilizar las plantas purificadoras como alternativa para el tratamiento de aguas con presencia de coliformes totales y termotolerantes convirtiéndose así en una alternativa económica y ecológica.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La implementación de esta investigación minimizó la contaminación generados por las aguas residuales a causa de desechos de la actividad del hombre usando así las los humedales artificiales con

la debidas que se emplearan en esta tesis de investigación como una alternativa de solución a problemas generados por los coliformes totales y termotolerantes que afectan principalmente a la comunidad.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

No existió limitaciones materiales, ya que se contó con la facilidad de encontrar el carrizo (*Phragmites australis*) y la cola de caballo (*Equisetum arvense*), y poder adaptarlo al proyecto de tesis, y comprobó su efectividad en el tratamiento de agua logrando así los objetivos propuestos para el desempeño de la tesis de investigación. Pero para la base de antecedentes locales se contó con poca información dentro de nuestra localidad.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación fue viable ya que se contó con el fácil acceso del terreno para la implantación de los humedales artificiales con las plantas empleadas en la tesis de investigación para el tratamiento de aguas residuales en la remoción de coliformes totales y termotolerantes, en esta tesis se utilizó en la parte experimental las plantas mencionadas validando la mayor efectividad de ellos.

1.6.1. DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

Se conto con la información necesaria para llevar a cabo la presente investigación, tomando como referencia proyectos desarrollados con anterioridad a nivel nacional e internacional.

1.6.2. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS ECONÓMICOS

Se contó con los recursos necesarios para poder costear con los gastos que se presentaron durante el proceso de la investigación. Logrando armar una planta piloto determinando la eficacia de los humedales artificiales con las plantas empleadas en la investigación, obteniendo los resultados para la remoción del coliformes totales y termotolerantes.

1.6.3. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HUMANOS

Se contó con personal para el apoyo en el desarrollo de la investigación.

Al momento de la culminación de esta investigación se obtuvo datos, lo cual servirá para hacer una comparación del antes y el después del uso de los humedales artificiales con las plantas purificadoras, también servirá como antecedentes para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Espín y Collaguazo (2022), Ecuador en su tesis de investigación titulada “Estudios de humedales artificiales para la depuración de aguas residuales domesticas usando el carrizo (*Phragmites australis*) como planta asequible del sector San José la Troncal”, Facultad de ingeniería, Industria y construcción de carretera de Ingeniería Civil; la tesis tuvo como **objetivo** estudiar el comportamiento de un humedal artificial mediante una planta piloto para la depuración de aguas residuales, para la **metodología** se consideró un tipo de estudio experimental y que se llevó al laboratorio donde se logró, controlar, medir y comparar, logrando así un resultado donde se obtuvo la reducción de concentraciones de DBO, DQO, solidos suspendidos y coliformes fecales, en este estudio se tomó una muestra de 20 viviendas, pero para la experimentación se tomó una vivienda donde se implementó una planta piloto, para el primer muestreo se obtuvo los siguientes resultados de los parámetros como el DBO 139.36 mg/l, DQO 330 mg/l, solidos suspendidos totales 96 mg/l, coliformes totales 160000000 NMP/100ml, los **resultados** son mayores a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce y son menores a los límites de descarga al sistema de alcantarillado público, luego se procedió a la instalación de los humedales a base de carrizo (*Phragmites australis*) y arena tomando en cuenta una profundidad de 0.45m a 1m, de lago 1.50m y para un correcto flujo 0.5% a 1%. Este humedal es un sistema no mecánico solo dependerá de macrófitos, mediante la fotosíntesis realizaran interacciones físicas, químicas y biológicas logrando así depurar el agua gradualmente. obteniendo resultados de entrada de DBO 228.03 mg/l de DBO5 y salida 25.91 mg/l teniendo un porcentaje de 88.64%, DQO entrada 524 mg/l y salida 111 mg/l teniendo un porcentaje de 75.82%, solidos suspendidos totales entrada 96 mg/l

salida 53 mg/l obteniendo un porcentaje de 44.79%, coliformes fecales entradas 5400000 NMP salida 1.8 NMP, obteniendo un porcentaje de 99.99%, logrando así los resultados esperados.

Reinoso (2022) Ecuador en su tesis titulada “evaluación de dos humedales artificiales con diferentes plantas para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la parroquia de Baños” Universidad Católica de Cuenca, la cual tuvo como **objetivo** evaluar una respuesta de restauración ecológica en la quebrada de curiquingue mediante la utilización de plantas nativas de la zona con el fin de lograr un equilibrio ecológico y su funcionamiento como ecosistema, se da la importación de la restauración ecológica por el tema de la autosostenibilidad, así evaluado que la cola de caballo (*Equisetum arvense*) y otras especies aportaron en la restauración o recuperación de los ecosistemas, para la **metodología** de esta investigación se usó el método analítico donde se tomaron en cuenta los puntos de coordenadas donde se estableció la estación total para así obtener los diferentes mapas que serán indispensables para la propuesta de la restauración ecológica, en los **resultados** se encontraron el diagnóstico de la vegetación ripearía una cantidad de 37 especies de plantas, árboles y hierbas introducidas en un total de 1065 comunes.

Castañeda (2022). En su investigación nombrada “Experiencias en la utilización de humedales artificiales para el saneamiento de aguas residuales domésticas en poblaciones rurales. Ambiens Techné et Scientia México” tuvo como **objetivo** se evaluó siete sistemas de tratamiento para aguas residuales domésticas que incluyen humedales artificiales localizados en los estados de Michoacán y Jalisco en México, emplea la siguiente **metodología** mediante una cifra anotada y la observación de disminución de parámetros estimados como: DBO, conductividad, nitrógeno total y fósforo total del saneamiento de aguas residuales que son vías de eliminación en humedales artificiales con plantas que se adaptan a la humedad buscando la descontaminación tanto físico, químico y biológico obteniendo como **resultado** la falta de

mantenimiento lo que no cumple con las normativas para la descarga de aguas residuales y evidenciando que se necesita la implementación de estrategias biológicas para poder mantener este sistema de tratamiento de aguas residuales.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Bedriñana (2023). En su investigación titulada "Eficiencia en la remoción de los contaminantes de aguas residuales de un humedal artificial con *Phragmites australis* y *Alocasia odora*, anexo de Unión Mejorada Ayacucho 2023, tuvo como **objetivo** determinar el nivel de eficiencia en la remoción de contaminantes de aguas residuales empleando humedales artificiales de flujo vertical para esta investigación se procedió de la siguiente **metodología** usando un diseño experimental de tipo aplicado mediante el cual se implemento los humedales artificiales con las plantas mencionadas para su tratamiento de los siguientes parámetros DBO, DQO, SST y coliformes termotolerantes una vez aplicada la investigación se realizó un previo seguimiento y tomas de muestra a los 5 y 7 días obteniendo los siguientes **resultados** para las especies empleadas con un tiempo de retracción con 5 días, para DBO resultó de 92,4% a 88.8%, DQO 90.9% a 89.3%, SST 98.1% a 97% y Coliformes termotolerantes de 85.7% a 28.6%. Mientras que con un tiempo de retracción de 7 días los valores resultaron de 96% a 90% DBO, 92.2% a 90.5% DQO, 99.6% a 96.5 SST y 92.6% a 71.4% de Coliformes termotolerantes, obteniendo que el Carrizo (*Phragmites australis*) obtiene buenos resultados en los todos de parámetros estudiados, logrando ser esta agua apta para el riego de áreas verdes.

Muños y Vasquez (2022), Cajamarca en su tesis titulado "Estudio de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticos con humedales artificiales de cinco especies de macrófitos", facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniera ambiental, Universidad privada del Norte. La tesis tuvo como **objetivo** estudiar la efectividad del tratamiento de aguas residuales domesticas con humedales artificiales con cinco especies de micrófitos como Junco (*Juncos SP*), carrizo (*Phragmites australis*), Totorá (*Typha Domiguensis*), Vetiver (*Chrysopogon zizanoides*), Papiro (*Cyperu papyrus*), usando la **metodologia**

empleando la técnica de análisis documental, donde se recolectan datos de fuentes secundarias, después de estudiar los datos se recopiló la remoción de los parámetros, DBO, DQO, Sólidos totales en suspensión y coliformes termotolerantes mostrando los **resultados** en rangos de la remoción Juncos SP 74.13% a 81.67%, carrizo (*Phragmites australis*) 67% a 89.5%, Totorá (*typha Dominguensis*) 93.57% a 96.77%, Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) 88.09% a 91% y Papiro (*Cyperus papyrus*) 50.8%.

Céspedes (2021) Apurímac en su tesis de investigación titulado “Análisis del uso de humedales artificiales empleando plantas macrófitas para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural” Universidad César Vallejo; la cual tuvo como **objetivo** determinar que existe una relación significativa entre los humedales artificiales y el tratamiento de aguas residuales para lo cual utilizó un nivel de investigación correlacional, investigación cuantitativa tiene un diseño de investigación; la **metodología** se utilizó dos humedales con dos plantas como Totorá (*colifórnicos*) y plantas como el carrizo (*Phragmites australis*) extrayendo una muestra de 250 ml, los humedales se realizaron en una superficie horizontal de Huanipaca se obtuvo un tratamiento de plantas de Totorá (*colifórnicos*) donde los **resultados** que obtuvieron fueron DBO₅ en 98.58%, DQO en 92.96%, Ph en 6.9%, la conductividad en 7.62%, T° en 8.14%, y coliformes termotolerantes en 99.59%, para el distrito de Tamburco se utilizó la planta macrófitas como carrizo (*Phragmites australis*) obteniendo como DBO₅ en 98.55%, DQO en 93.83%, Ph en 7.91%, la conductividad en 6.41%, T° en 12% y coliformes termotolerantes en 99.22%, demostrando que estas plantas son eficientes como depuradoras logrando así adaptarse al medio de estudio, obteniendo resultados que favorecen a la investigación y realizando un aporte al futuro.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Mayta (2023) En su tesis titulada “Efecto del humedal artificial de flujo subsuperficial con plantas acuáticas (*Phragmites australis*) en la biorremediación de aguas residuales, en las instituciones educativas del

distrito de Amarilis–Huánuco” ha tenido como **objetivo** determinar el nivel de eficiencia en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales, empleando humedales artificiales de tipo subsuperficial de flujo vertical, tuvo como **metodología** para este proceso de investigación experimental de tipo aplicada, mediante el cual implementaron tratamiento con humedales artificiales buscando una opción eficiente para depurar las aguas residuales empleando las siguientes plantas Carrizo (*Phragmites australis*) y oreja de elefante (*Alocasia Odora*) en los siguientes parámetros DBO,DQO,SST y coliformes termotolerantes haciendo una evaluación a los 5 y 7 días obtenido los siguientes **resultados** obteniendo que las especies utilizadas en un tiempo de contención de 5 días se obtuvo que para DBO un 92,4% a un 88.8%, DQO 90.9% a un 89.3%, SST 98.1% a un 97% y Coliformes termotolerantes de 85.7% a un 28.6%. mientras que para un tiempo de contención de 7 días alcanzo 96% a un 90% DBO, 92.2% a un 90.5% DQO, 99.6% a un 96.5 SST y 92.6% a un 71.4% de Coliformes termotolerantes, demostrando que ambas especies son eficientes, sin embargo, el carrizo (*Phragmites australis*) presento mejor resultado en los tres tipos de parámetros estudiados, logrando ser esta agua apta para el riego de áreas verdes.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. HUMEDALES ARTIFICIALES

Rosas (2018), menciona que uno de los métodos más eficientes para la remoción es el método de humedales artificiales de flujo horizontal con vegetales, para la remoción de DBO₅, DQO, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, logrando que el agua sea apta para el riego de vegetales, logrando la remoción de los parámetros establecidos en la metodología dando como resultado la eficiencia de la remoción de contaminantes de agua.

2.2.1.1. HUMEDALES CONSTRUIDOS PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

Cardona y Vanegas (2009), menciona que procura una idéntica capacidad de tratamiento a diferencia de los humedales naturales, con la ventaja que forma parte del sistema proyectado, que no están sujetos a limitaciones de vertido de ecosistema lecho de gravas, suelo u otro medio de desarrollo para las plantas que construyen un principal agente depurador existiendo diversos tipos de humedales.

Espinoza (2014), menciona que los humedales artificiales son sistemas adaptados para simular procesos físicos, biológicos y químicos de un humedal natural, esto es un procedimiento que busca relacionar los diferentes elementos que componen un ecosistema, con el propósito de mejorar la condición del agua y generar un mejoramiento ecológico, para el funcionamiento de este sistema se considera la inserción de plantas adecuadas para el tratamiento que ayudaran a la remoción, estas a su vez estarán sobre una capa rellena de grava poco profundo para que este proceso sea posible se busca la interacción física, química y biológica del agua mediante el cual pueda depurarse progresivamente logrando la eliminación de desechos en el agua.

Para el desarrollo de esta investigación se considera el método utilizado por el autor, este método consiste en la sumersión de las raíces de las plantas a emplear, estas a su vez no son de raíces profundas por lo que cumplen con su función que es la eliminación de desechos en el agua, también están recubiertas de arena, y gravas, para que ayudan en el proceso de filtración, y posteriormente tiene una cubierta resistente que ayuda a la eliminación de microorganismos y bacterias, este método que se utilizara cumple con la función que es depurar, o eliminar los microorganismos que se encuentren presentes en el agua.

2.2.1.2. PROCESOS DE REMOCIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES

Chafloque y Gómez (2006). Menciona que cada día las actividades del hombre han generado problemas al ambiente donde vivimos y esta a su vez genera contaminación a los diferentes elementos que el hombre depende como el agua, por lo que el hombre en su afán de buscar mejoras busco una alternativa de solución mediante la investigación esto dio lugar a la creación de humedales artificiales y las clasifico dependiendo del lugar, forma de adaptación, también los procesos por que pasa el agua durante su tratamiento.

- **Proceso de remoción físico:** Según investigaciones se puede determinar que los humedales ya sean de origen natural o artificial facilitan la remoción de contaminantes presentes en el agua, ya que el agua pasa lentamente debido al flujo laminar es decir el proceso es continuo debido a que las plantas que se utilizan para este método las películas y raíces están sumergidas al agua solo en algunas ocasiones las raíces y las plantas son flotantes, por lo que atrapan los contaminantes a una velocidad particulada, durante este proceso se separan los sólidos del fluido, logrando separa los contaminantes generando un proceso de sedimentación, donde se logra la reducción de la eficiencia de la remoción de contaminantes presentes en el agua.
- **Proceso de remoción biológico:** Como bien se hacía mención durante este proceso se utilizará plantas de estarán sumergidas las película y las raíces de las plantas del agua, estas a su vez absorben contaminantes que se encuentran presentes en el agua, y a su vez se alimentan de las mismas logrando acumular metales, desechos del agua y bacterias, y estas se logran adaptar a las plantas logrando así que el agua se encuentra de alguna manera con menos contaminantes presentes y las

plantas logran adaptarse creciendo y desarrollándose normalmente.

- **Proceso de remoción químico:** Para la remoción de humedal se considera una concentración de contaminantes donde por la acción de separar en un tiempo determinado y poder pasar iones con carga positiva y negativa de una fase líquida a una sólida en el cual se obtuvieron reacciones por intercambio catiónico, mediante ese proceso las reacciones ocurren una disminución de los contaminantes y aporta a que el tratamiento presenta un intercambio catiónico de las superficies de humedales.

2.2.1.3. TIPOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES

Espinosa Ortiz (2014) menciona que existen diferentes tipos de humedales y sus respectivas formas de adaptación se demostrará de la siguiente manera:

- **Humedal artificial de flujo superficial:** se denomina cuando se encuentra expuesto a diferentes elementos que forman parte biológica y del agua, que a su vez son construidas sobre con una profundidad de 0.6m y contienen diversas plantas que se pueden adaptar al medio donde estas se encuentran, así mismo estas plantas se encuentran parcialmente sumergidas a una profundidad de 0.1m a 0.45m y estas ayudan a la depuración de los contaminantes presentes en el agua residuales que son contaminadas por actividades del hombre, el agua que es tratada se alimenta de las raíces también de los tallos, en algunos casos el agua se pierde por un proceso natural de percolación y evaporación pero esta acción ayudan a la descontaminación.
- **Humedal artificial de flujo subsuperficial:** este tipo de humedales están construidos en forma de un canal donde el paso del fluido es lento permitiendo que el agua filtra a través de la porosidad de las gravas y las arenas donde puedan lograr

que las plantas se adapten, cuenta con una profundidad que tienen un rango de 0.3 a 0.9m, siendo 0.6m el rango por debajo de la superficie del soporte permitiendo que las plantas se desarrollan mediante el crecimiento de las películas microbianas logrando el tratamiento del agua que contenga un flujo subterráneo que permitiendo el paso del agua logrando así nuestro objetivo principal que es la purificación del agua.

- **Humedales subsuperficiales de flujos horizontales:** el sistema de estos flujos por lo general contiene una cama de tierra, arena o grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de estos casos se utiliza la caña o carrizo (*Phragmites australis*), a su vez esa cama esta recubierta por una membrana impermeable para evitar filtración. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón) la profundidad varia desde 0.45m a 1m, teniendo una pendiente de 0.5% a 1%.
- **Humedales subsuperficiales de flujo vertical:** este sistema busca eliminar el nitrógeno mediante procesos de nitrificación y desnitrificación, los sistemas verticales son cargados con las saturaciones de estimulando el suministro de oxígeno, este tipo de humedales recibe aguas rio arriba, hacia abajo para un sistema de conexión de tuberías mediante el cual reposa una cama de arena y grava para reducir el mal olor y sobre ello el sistema vegetal en sentido vertical.

2.2.2. CARRIZO (PHRAGMITES AUSTRALIS)

Es una planta con bastante similitud a la caña común que se encuentra ampliamente distribuida en diferentes partes de las zonas con bastante abundancia de agua, por lo general se encuentra entre pantanos, drenajes y cabeceras húmedas con una amplia distribución geográfica desde zonas templadas a zonas tropicales, se considera una planta que se reproduce mediante brotes laterales y estas se encuentran

en una estación cálida que crece de dos a cuatro metros de altura. Su periodo vegetativo es continuo y su temperatura oscila de 30°C a 35°C. (Garritsen, P.R, 2009).

2.2.2.1. ETIMOLOGÍA

Garritsen (2009) citado por Brown (1979). Indica la siguiente clasificación taxonómica:

- **Phragmites**: nombre genérico deriva de *Phragma*, cerca valla, por su forma de crecer a lo largo de los ríos.
- **Australis**: del epíteto latino que significa del sur.

2.2.2.2. USOS DEL CARRIZO (PHRAGMITES AUSTRALIS)

Garritsen, P.R (2009). Menciona sus múltiples usos ornamentales hasta alimenticios y ceremoniales:

- En África se usan para cortar cordones umbilicales y elaborar pipas.
- En Rumania y Polonia se utilizan como materia prima en la industria de la papelera y química.
- En países como Europa y Estados Unidos se emplea para tratamiento de aguas residuales por su elevada capacidad de retención de nutrientes.

2.2.3. COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE)

Es un género de helechos llamados comúnmente cola de caballo que es reconocido por ejes longitudinales, surcados por costillas generalmente pronunciadas, con hojas verticiladas reducidas a una escama que forman una vaina por esporofilos agrupados. La distribución morfológica de las especies peruanas se basa inicialmente en las medidas y ramificaciones de la planta (*Equisetum Bogotense*) teniendo como dimensiones de 50cm de largo y 2mm de ancho, y ramas menores

que del surco *Equisetum Giganteum* teniendo una altura de 1m, y de ejes de 3mm de ancho, con ramas y surcos de 16cm a 25cm. (León, B. 2012).

2.2.3.1. ETIMOLOGÍA

El nombre genérico (*Equisetum*) viene del latín que significa pelo de caballo; mientras que el nombre específico (*Arvense*) se refiere a su hábitat típico aceptado actualmente (*Equisetum arvense*) ha sido propuesto por Carl von Linné quien es considerado el padre de la clasificación científica moderna de los organismos vivos (Treben M., 2000.)

2.2.3.2. USOS DE COLA DE CABALLO (EQUISETUM ARVENSE)

Se usa para tratamientos estomacales y es conocida en diferentes países de la región andina por que tiene la presencia de oleorresinas y esto puede eliminar la presencia de plagas y microbios por lo que es de interés es farmacológico. (León, B. 2012).

2.2.4. RELACIÓN ENTRE COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES

(Gianoli et al. 2019) refiere que los coliformes totales y termotolerantes provienen de efluentes industriales, vegetales y suelos en descomposición, también refiere que el pH cumple un papel importante para la relación entre coliformes totales y termotolerantes, así como el control de la calidad microbiológica del agua de consumo y de vertido, requiere siempre de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos, para así obtener la concentración del porcentaje de coliformes totales y termotolerantes. El *Escherichia coli* es uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados por que estos se encuentran presente en los coliformes totales y termotolerantes, así mismo nos permiten realizar la clasificación sanitaria del agua para diferentes usos y así determinar la calidad para establecer tratamientos y estudios epidemiológicos.

2.2.5. COLIFORMES TOTALES

El agua es un recurso indispensable por lo que el sistema de tratamiento para garantizar la calidad de consumo de agua es mediante la determinación de coliformes totales que se encuentren presentes en diferentes contaminaciones que presenta el agua ya sea por excretas que estas son disueltos en agua y que a su vez da la denominación a bacterias de Gram negativa en forma de bacilos que fermentan la lactosa a temperatura de 35°C a 37°C y produciendo ácido y gas de CO₂ en 24 horas aeróbicas o anaeróbicas que son óxidos, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. Para la determinación de β-galactosidasa se utilizan medios cromogénicos como el *Agar Chromocult* para coliformes. (Silva et al. 2004).

2.2.6. COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Se denominan coliformes termotolerantes porque soportan temperaturas hasta 45°C comprendiendo un número muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría son representados por *Escherichia coli*, pero se pueden encontrar de forma más frecuente como *Citrobacter Feundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente se encuentra presente en fuentes de agua, vegetación y suelo, solo en ocasiones forman parte de la microflora o microbiota. (Rojas 2013)

2.2.7. REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES

(Villanueva et al. 2017). Menciona que para su investigación se evaluó la eficiencia de las plantas depuradoras de las especies *Hydrocotyle bonariensis* y *Veronica anagallis, aquaticas* sobre las aguas residuales domésticas las cuales son colectadas en las lagunas de oxidación cuyo efluente es utilizado para riego agrícola. Los resultados demuestran que mediante el uso de estas plantas se puede obtener

una eficiencia en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales teniendo así los siguientes resultados, siendo DBO 91.97%, para coliformes totales 98.15%, coliformes fecales 97.22%. La calidad final de las aguas residuales domesticas indica que estas aguas son aptas para el riego vegetales y bebidas de animales.

Se tiene por entendido que es el proceso de eliminación de coliformes totales y termotolerantes mediante un tratamiento aptos para diversos consumos o riegos de vegetales según las necesidades de la población o el lugar, utilizando plantas purificadoras de diferentes especies.

2.2.8. DISEÑO PARA LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES MEDIANTE HUMEDAL SUBSUPERFICIALES CON FLUJO HORIZONTAL

Diaz y Valdés (2011). Menciona que el diseño de este tipo de humedal, se usa debido a que es la más efectiva contra la remoción de materia orgánica para el diseño de humedales superficial con flujo horizontal, la circulación del agua a través del agua y del material de soporte parece siempre ser más efectiva que la circulación de superficie, para muchos de los mecanismos de degradación de contaminantes presentes en el agua residual, durante el paso de las aguas residuales domésticas, donde se prevé con zonas aeróbicas, anoxicas y anaeróbicas, muchos estudios demuestran que la capacidad de los humedales de flujo horizontal superficial para remover cantidades de materia orgánica, fósforos, sólidos suspendidos, bacterias y metales pesados en aguas residuales.

Para el humedal estaremos tomando como referencia el diseño empleado según él autor, ya que cuenta con más porcentaje de cumplimiento, para la lograr la remoción de coliformes totales y termotolerantes usando las plantas mencionadas. (Espinosa 2014)

2.2.8.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Espinosa (2014) menciona que se toma en cuenta los siguientes parámetros para el diseño de humedales.

- **PROFUNDIDAD:** De acuerdo a ciertos estudios realizados demuestra que la profundidad varia desde 0.45m a 1m de profundidad dependiendo de la dimensión del tratamiento y tiene una pendiente de entre 0.5% a 1%.
- **ZONA DE AMORTIGUACION:** Está formada por grava de mayor tamaño donde su tamaño de la grava oscila entre 50mm a 100mm esto es para el ingreso y salida.
- **ZONA DE PLANTACION:** Está constituida por arena fina de un solo diámetro entre 3mm a 32mm.

2.2.8.2. PLANTAS O VEGETACIÓN

Las plantas que se establecen para los tratamientos son las que contienen propiedades que ayuda a que los humedales construidos y su función es de importancia por los macrófitas porque aporta en los procesos de mejorar la calidad del agua residual en los efectos físico y químicos proporcionando condiciones optimas para estabilizar la superficie mediante la filtración absorbiendo sobre la atmosfera mediante sus hojas y tallos sobre el agua, oxigenación y otros procesos.

Tabla 1
Funciones de las plantas en sistemas de tratamientos acuáticos

Funciones de las plantas en sistemas de tratamientos acuáticos	
Raíces y /o tallos en la columna de agua	1. Superficie sobre el cual la bacteria crece
	2. Medio de filtración y adsorción de solidos
Tallos y/o hojas sobre la superficie del agua	1. Atenúan la luz del sol y así previenen el crecimiento de las algas
	2. Reduce el efecto del viento en el agua. Es decir, transferencia de gases entre la atmosfera y el agua
	3. Importancia en la transferencia de gases para y desde la parte sumergidas de la planta

Nota: Descripción de la tabla 1 de funciones raíces, tallos y hojas sobre la superficie y columna del agua

2.2.8.3. MEDIO FILTRANTE DE LOS HUMEDALES

Chauca (2017). El medio filtrante conocido como medio poroso, medio granular o sustrato cumple importantes funciones en la configuración de los humedales de flujos superficiales tales como dar soportes a la planta, permitir a la adhesión de los microorganismos y promover la sedimentación de los contaminantes y la filtración de los mismos.

- **Sustrato (medio granular):** Espinosa (2014) hace mención que los humedales están vinculado al suelo mediante la cual está formado por la superficie: arena, grava, roca, sedimentos y restos de plantas mediante el cual se almacena sobre el humedal debido al crecimiento vegetal. La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava

seleccionada con un diámetro de 5mm aproximadamente y con pocos finos.

- **Revestimiento:** Espinosa (2014). Hace mención que los humedales se adaptan a los requerimientos de cada lugar según las necesidades y las características de la superficie sobre suelo porosos donde se pueden desecar y contener en pequeñas porciones de margas, arcillas y limo donde el sustrato que acumula en humedales artificiales donde esto contiene restos de vegetación. Teniendo como característica principal para tener la permeabilidad para obtener el paso del agua.
- **Microrganismos:** Chauca (2017). Refiere que estos agentes se desarrollan con una gran variedad de microorganismos teniendo a la bacteria como grupo fundamental, para el proceso se requiere de un medio de sustrato para el desarrollo de microorganismos con la capacidad de limpiar las aguas residuales mediante un sistema biológico a través de los humedales artificiales y que estos agentes se desarrollen y permanezcan por un tiempo.

Espinosa (2014) refiere que los encargados de realizar el tratamiento de aguas residuales de manera biológica son los microorganismos que estos se sitúan sobre la superficie del humedal donde absorben el oxígeno y liberan por las raíces, y a su vez se establecen con colonias aeróbicas de microorganismos, sobre el resto granular predominan microorganismos anaeróbicos, y los principales procesos que realizan estos microorganismos son la degradación orgánica, la anulación de nutrientes y la desinfección.

- **Remoción de organismos patógenos:** Chauca (2017). Menciona que la remoción de microorganismos se da por la acción de filtración en el suelo desecación, radiación y exposición a otras condiciones ambientales. Debido a su gran tamaño los helmintos y protozoos se remueven en la superficie

del suelo mediante eliminación. Las bacterias se remueven del agua residual por filtración y adsorción, alcanzando valores habituales de remoción de 99.9% a más.

2.2.9. AGUAS RESIDUALES

Rojas (2002). Refiere que el objetivo del tratamiento de aguas residuales es su conversión para su disposición final, la composición de las aguas residuales depende de dos factores cantidad y calidad, donde la cantidad es el promedio de consumo de agua de habitantes por día y calidad los desechos de la actividad del hombre formando una composición química. Presenta ciertas características como físicas, químicas y biológicas, donde en base a esto se determina el tipo de agua residual y su principal fuente de proveniente.

Se tiene también ciertas razones para el tratamiento de aguas residuales con el propósito de evitar la contaminación física, química y biológica, evitando daños a los seres vivos que dependen de fuentes de aguas, así como el medio ambiente generando un impacto al entorno ecológico, económico y legal.

2.2.9.1. ESTÁNDARES DE CALIDAD PARA AGUA

Respecto a los estándares de calidad para el agua, el gobierno peruano a través del Ministerio del Ambiente ha emitido el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, donde se aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias en los anexos se describe la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales donde se expone gráficamente los niveles de calidad para esta categoría.

Parámetros considerados en nuestra investigación según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, donde se Aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

2.2.9.2. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

- **Conductividad:** Viene a ser una expresión numérica que depende de la concentración total de sustancias ionizadas en el agua y la temperatura lo que determinan la cantidad de sustancias disueltas y estas a su vez son usadas para el análisis del agua para obtener un estimativo rápido. (Muñoz 2008).
- **Ph:** Es una guía que se emplea para determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, donde se calcula la cantidad de iones hidrogeno que se encuentran con la finalidad de evaluar algún tipo de efecto por acidez o alcalinidad producida por acciones de la naturaleza o acciones del hombre. Esta medida se hace de manera in situ en una escala del 0 al 14, donde datos menores a 7 se considera acida y mayores a 7 se considera básica y si esta indica 7 se considera neutra. Su interpretación va relacionada con la alcalinidad o acidez, los cuales tienen relevancia por encima de 9,6 y por debajo de 4,4 unidades de pH. (Torres 2019)
- **Color:** El agua pura es incolora, pero ciertas sustancias que puedan tener proporcionan una variedad de colores, incluso la presencia de diferentes agentes que no son parte del agua hace que presenta una variedad debido a la carga de estas ya sea por materia orgánica, metales u otros agentes. (Muñoz 2008)
- **Coliformes totales:** Hace mención que son indicadores de contaminación del agua y los alimentos donde presentan bacterias condensadas, donde el agua no cumple con requisitos sanitarios para su uso. (Fernández-Santisteban 2017)
- **Coliformes termotolerantes:** son indicadores que son tolerantes o fecales ya que estas se adaptan al ciclo de agua y presentan contaminación a causa de esto generando problemas de contaminación en el agua. (Fernández-Santisteban 2017).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- a) **Agua:** Se encuentra presente en diferentes fases, el total del agua en la tierra estima que son unos 140 millones de Km³, de lo cual solo un 3% es agua dulce y esta denominada como ciclo hidrológico que consiste en una serie de fases y características físicas, química y microbiológicas cuyo efecto es la renovación periódica de la dotación de agua en las grandes acumulaciones del planeta como océano, ríos, lagos, atmosfera y litosfera. (Bohórquez 2015)
- b) **Agua residual domesticas:** Se considera como aguas residuales aquellas que son vertidas a las fuentes de aguas con presencia de ciertas cantidades de agentes de compuesto que modifiquen su calidad un ejemplo de esto son las materias orgánicas solidos en suspensión microorganismos entre otros una de las peculiaridades de las aguas residuales es que comparten concentraciones que se ubican dentro del rango teóricamente definidos (Bohórquez 2015).
- c) **Desinfección:** Son técnicas que buscan la anulación de las entidades biológicas reconocidos, pero no imprescindiblemente todas las formas de vida microbiana. (Vignoli 2006).
- d) **Temperatura:** Son medidas que se usan para determinar el incremento del calor en aumento donde se determina el poder bactericida del agente, siempre que no lo desnaturalice. Así para la disminución del calor por lo general a 10°C de incremento de esta, la tasa de mortalidad se duplica. (Vignoli 2006).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: Existe diferencia en la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023.

Ho: No existe diferencia en la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hi1: Se podrá demostrar la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

Ho1: No se podrá demostrar la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

Hi2: Se podrá evaluar los parámetros físico-químico antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

Ho2: No se podrá evaluar los parámetros físico-químico antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Humedales artificiales

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Remoción de coliformes totales y termotolerantes

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2
Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE	INSTRUMENTOS
-VARIABLE INDEPENDIENTE -Humedales artificiales Carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>)	-Tamaño	-Centímetros	-Numérico continuo	-Metro
	-Volumen	-altura x ancho	-Numérico continuo	-Metro
	-Tipo de agua	-Agua de la quebrada de Ñausilla baja	-Ordinal	-Espectrofotómetro
	-Oxigenadores	-De acuarios	-Ordinal	-Oxigenador
VARIABLE DEPENDIENTE -Remoción de coliformes totales y termo tolerantes	-PLANTAS ACUATICAS			
	- carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	-20 unidades	-Numérico continuo	-Órgano sensorial
	-cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>)	-20 unidades	-Numérico continuo	-Órgano sensorial
VARIABLE DE CARÁCTERIZACIÓN		-NMP	-Numérico continuo	-Medios de cultivo
	-Coliformes totales	-NMP		

-Parámetros físicoquímicos	- <i>Coliformes termo tolerantes</i>		-Numérico continuo	-Medios de cultivo
		-unidad de pH		
-biológicos	-PH	-UVC	-Numérico continuo	- Multiparámetro
	-color	-uS/cm	-Numérico continuo	- Multiparámetro
	-conductividad		-Numérico continuo	- Multiparámetro
				- Multiparámetro
	-coliformes termotolerantes			
	-coliformes totales	- NMP		- Medio de cultivo
		-NMP	-Numérico continuo	- Medio de cultivo
			-Numérico continuo	

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según (Fernández Collado, Baptista Lucio, & Sampieri Hernández, 2014) el trabajo de investigación fue de tipo:

- **Aplicada:** Porque su objetivo fue resolver un problema haciendo el uso de conocimientos y métodos para la resolución de un problema presente en el trabajo.
- **Experimental:** Porque hubo intervención del investigador, en la manipulación de las variables para encontrar resultados.
- **Prospectivo:** Pues se recolecto y se usó datos primarios donde se tomó las muestras respectivas antes del tratamiento con las plantas purificadoras de las mediciones planeadas, en el experimento.
- **Longitudinal:** Visto que se realizará más de una medición, ya que se pudo observar su evolución o cambio con el paso del tiempo.
- **Analítico:** Ya que el estudio cuenta con más de una variable.

3.1.1. ENFOQUE

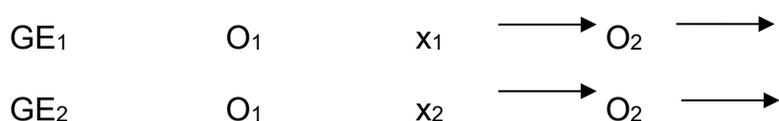
La tesis de investigación tuvo un enfoque cuantitativo y comparativo, ya que consistió en cuantificar, así como comparar los datos a nivel estadístico siendo secuencial pero también probatorio. Por lo que cada etapa precede a la siguiente y no se pudo evitar los pasos referidos por (Hernández 2014), por ende, se recolectaron datos para validar las hipótesis con base a medición numérica y el análisis estadístico, de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El nivel de investigación es explicativo; son estudios que plantean relaciones de causalidad (estudios de causa y efecto) aquí se encuentran los experimentos (Supo, J., 2014) y contaron con hipótesis racional. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

3.1.3. DISEÑO

Para la elaboración del diseño del humedal artificial superficial en las bases teóricas. El método utilizado según (Supo & Zacarias, 2020). Fue un diseño de tipo experimental utilizando un método pre experimental ya que se tomó una muestra antes y después de aplicar el tratamiento que sería mediante humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para obtener la eficiencia que esto hizo sobre la remoción de los coliformes totales y termotolerantes de las aguas residuales, a continuación, mostraremos el diagrama de diseño.



Donde

- GE₁: Grupo de estudio 1
- O₁: Evaluación inicial del agua
- GE₂: Grupo de estudio 2
- O₁: Evaluación final del agua
- x₁: Intervención con humedales artificiales con carrizo
- x₂: intervención con humedales artificiales con cola de caballo

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para la población en nuestra investigación se ha tomado en cuenta como población general todas las aguas residuales pertenecientes a la quebrada de Ñausilla baja.

Se denomina población o universo a la totalidad de la unidad de análisis a estudiar, conjunto de unidades o características que se van a llegar a investigar o estudiar. (Lilia, C 2015).

3.2.2. MUESTRA

Para determinar la muestra inicial se tomó como referencia la cantidad de 4 litros de agua residual proveniente de los puntos vertientes de la quebrada de Ñausilla baja, recolectada de las diversas viviendas donde estas muestras serán llevadas a laboratorio para determinar la cantidad de coliformes totales y termotolerantes presentes.

Una vez enviado al laboratorio se recolecto un promedio de 20 litros de agua residual para recibir el debido tratamiento con las plantas como el carrizo (*Phragmites australis*) y la cola de caballo (*Equisetum arvense*), mediante humedales artificiales donde recibirán el debido tratamiento para medir la eficacia de las plantas mencionadas.

La muestra será del tipo no probabilístico, ya que la elección de esta se realizará de acuerdo a las características y necesidades de la investigación, por lo que se basa estrictamente en la decisión del investigador (Bernardo, J., 2019).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Fichaje y Análisis de Contenido: Se hizo una visita de campo donde se pudo realizar la investigación previa, para la recolección de datos que marcaron el desarrollo de la elaboración del trabajo de investigación, esto siendo gracias a los antecedentes encontrados.

3.3.2. ETAPA DE CAMPO

Para la ejecución de la fase experimental de la investigación, lo que consiste en la aplicación carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termo tolerantes:

- **Ubicación de la Zona de Estudio:** La ubicación donde se realizará e implementará el humedal será previa visita a campo, en busca de un lugar disponible y de fácil acceso.
- **Recolección y Adquisición de Insumos:** Se recolectará plantas de carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la elaboración de humedales artificiales para lograr la eficiencia de la remoción de coliformes totales y termo tolerantes.
- **La Elaboración de humedales artificiales:** Se elaborará 02 contenedores de plásticos transparentes para contener 10 litros de agua residual proveniente de aguas residuales de la quebrada de Ñausilla baja, que estas a su vez contendrán gravas y arena fina.

Tabla 3
Insumos para la Preparación de un humedal artificial subsuperficial

INSUMO	CANTIDAD
Plantas de carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	20 unidades
Plantas de cola de caballo	20 unidades
Arena	½ carretillas
Gravas	½ carretillas
Contenedores transparentes	10 litros 2 unidades
Tubos ½	2 unidades

Nota: Descripción de los insumos de la elaboración de los humedales artificiales

Espinosa Ortiz, C. E. (2014) para el humedal estaremos tomando como referencia el diseño empleado ya que cuenta con más porcentaje de cumplimiento, para la lograr la remoción de coliformes totales y termotolerantes usando las plantas mencionadas.

La preparación tendrá la siguiente secuencia:

- 1) Se preparará un contenedor con aguas residuales de medidas de largo 50.40cm, ancho 40.40cm y de alto 31.50cm.
- 2) Se colocará grava ¼ carretillas en cada contenedor transparente.
- 3) Se usará ¼ caja de arena fina en cada contenedor transparente.
- 4) Se utilizará plantas de carrizo (*Phragmites australis*) y otra de cola de caballo.
- 5) Agua para lograr el humedal.
- 6) Realizar seguimiento.

Instalación del Humedal artificial superficial de flujo horizontal: Se instalará el humedal en un lugar seguro donde no se moverá por el tiempo que tome el procedimiento (21 días), una vez realizado el humedal artificial se comenzará el tratamiento con las plantas purificadoras. Se instalará el humedal en un lugar seguro donde no se moverá por el tiempo que tome el procedimiento, a su vez se poblará con plantas purificadoras para lograr la remoción y adaptación de las plantas de carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*).

Procedimiento de toma de muestras: La toma de muestra se realizará de acuerdo al objeto de estudio de la investigación, por lo que se tomaron muestras de agua antes del tratamiento para medir así la cantidad de coliformes totales y termotolerantes que se encuentran presentes en el agua y el medio en que estas se adaptan, para luego tomar 3 veces la muestra en 7 días después siendo un total de 21 días.

Al finalizar la aplicación de carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) se midió cuanto de reducción de coliformes totales y termotolerantes hay durante el tratamiento

3.3.3. INSTRUMENTOS

Los instrumentos necesarios para la recolección y el procesamiento de datos, son: registro de campo que se obtendrán de las muestras realizadas periódicamente, etiquetas de muestra, ficha de muestreo, resultados de laboratorio y programa estadístico Excel, SPSS versión 25 y/o InfoStat.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos cuantitativos se presentaron en los resultados de laboratorio, estos serán procesados tabulados, mediante el programa Excel, InfoStat, SPSS. El contraste hipótesis, será presentado en tablas, en gráfico y su descripción correspondiente.

3.4.2. TÉCNICAS DE PRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos cuantitativos se presentaron en tablas y en forma gráfica utilizando el histograma de barras, debidamente procesadas para facilitar el análisis, estas serán procesadas con los programas Excel, InfoStat y/o SPSS, y con su descripción correspondiente.

3.4.3. INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

Los datos a obtener en el campo y los resultados de laboratorio del análisis microbiológico del agua residual y el agua tratada mediante las plantas purificadoras, estarán registradas en forma clara y puntual, por lo que las tablas contarán con su gráfico y su descripción respectiva.

3.5. ÁMBITO GEOGRÁFICO TEMPORAL Y PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

La investigación se llevará a cabo en la quebrada de Ñausilla baja del centro poblado de Ñausilla, distrito de Conchamarca, provincia de Ambo, departamento Huánuco.

Tabla 4
Ubicación política del lugar de estudio

Ubicación política	
Región	Huánuco
Provincia	Ambo
Distrito	Conchamarca
Coordenadas UTM – WGS- 84	
SUR	10°02'50"S
OESTE	76°14'47"W
Altitud	2157 m.s.n.m

Nota: En la tabla 4 se puede visualizar la georreferenciación del lugar de estudio

3.5.2. PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Periodo de trabajo de campo:** El recojo de información primaria se realizará mediante la toma de muestra inicial que se realizará antes del tratamiento y secundaria se hará mediante las tomas respectivas del tratamiento tendrá una duración de 1 mes desde el inicio hasta el resultado final del proyecto de investigación.
- **Periodo de trabajos de gabinete:** Procesamiento de datos del análisis de laboratorio, redacción del informe final de tesis, la presentación hasta la sustentación tendrá una duración de 3 meses.

3.5.3. PLAN DE TABULACIÓN

Para la tabulación y procesamiento de datos se realizará de acuerdo al objeto y variables de estudio, por lo que se realizará según indica la tabla.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En la presente investigación, se realizó la contrastación de la hipótesis para evaluar el efecto de los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y carrizo (*Phragmites australis*) en los humedales artificiales para la mejora de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos del agua residual, para ello se empleó la prueba el análisis de varianza (ANOVA) de Friedman, la correlación de Spearman y la prueba de T de Wilcoxon para los coliformes totales, coliformes termotolerantes, conductividad eléctrica y el color, mientras que se empleó análisis de varianza (ANOVA), la correlación de Pearson y la prueba de T de Student para el pH en las aguas residuales domésticas de uso agrícola, lo cual nos indicó que tratamiento presentó mejor resultado y si existió diferencia significativa entre los tratamientos, para el cumplimiento de la normativa ambiental de agua vigente el D.S. N° 004-2017-MINAM de la categoría 3.

Los resultados obtenidos se observan en las siguientes tablas estadísticas:

4.2. CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS GENERAL

Hi: Existe diferencia en la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023.

Ho: No existe diferencia en la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023.

En la Tabla 5, se observó el análisis estadístico descriptivo de los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y carrizo (*Phragmites australis*) en los parámetros microbiológicos de los coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Tabla 5
Estadísticos descriptivos para los coliformes totales y coliformes termotolerantes

		Estadísticos	
		Col. Totales	Col. termotolerantes
N	Válido	6	6
	Perdidos	0	0
	Media	3.2733	2.5850
	Mediana	3.2850	2.5850
	Moda	1.30 ^a	1.30 ^a
	Desv. Estándar	2.0536	1.3012
	Varianza	4.217	1.693
	Asimetría	-0.002	-1.3305x10 ⁻¹⁵
	Curtosis	-3.317	-3.278

Nota: En la Tabla 5, se evidenció que los coliformes totales presentaron una media de 3.2733, una mediana de 3.2850, una moda de 1.30^a, una desviación estándar de 2.0536, una varianza de 4.217, una asimetría de -0.002 encontrándose que la distribución es asimétrica hacia la izquierda y una curtosis de -3.317 encontrándose que la distribución es más puntiaguda siendo un Leptocúrtica; asimismo, para los coliformes termotolerantes presentaron una media de 2.5850, una mediana de 2.5850, una moda de 1.30^a, una desviación estándar de 1.3012, una varianza de 1.693, una asimetría de -1.3305x10⁻¹⁵ encontrándose que la distribución es asimétrica hacia la izquierda y una curtosis de -3.317 encontrándose que la distribución es más puntiaguda siendo un Leptocúrtica.

En la Tabla 6, se evidenció la eficiencia de remoción de los coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas residuales domésticas de uso agrícola.

Tabla 6

Eficacia de remoción de los coliformes totales y coliformes termotolerantes de las aguas residuales mediante humedales artificiales

PORCENTAJE DE REMOCIÓN		
Tratamientos	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
T ₁ (Cola de caballo)	93.89 %	94.02 %
T ₂ (Carrizo)	98.33 %	97.78 %

Nota: Eficiencia de remoción de los Col. Totales y Col. Termotolerantes en los tratamientos de cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*). En la Tabla 6, se observó la eficiencia de remoción de los coliformes totales y coliformes termotolerantes encontrándose que el T₂ (Carrizo) presentó mejor resultado de remoción con una media de 98.33 % en los Coliformes Totales, asimismo se encontró que el T₂ (Carrizo) presentó mejor resultado de remoción con una media de 97.78 % en los Coliformes Termotolerantes, concluyéndose que ambos tratamientos empleados superan el 90 % de la remoción de los Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes, y que el T₂ (Carrizo) presentó un mejor resultado en la remoción de los parámetros microbiológicos de los Coliformes Totales y los Coliformes Termotolerantes en un periodo de evaluación de 21 días, evidenciándose que existió una diferencia significativa en los tratamientos empleados respecto a la eficacia de remoción de los Coliformes Totales y los Coliformes Termotolerantes, cumpliéndose así la hipótesis alterna planteada en la presente investigación.

4.3. CONTRASTE DE HIPOTESIS ESPECIFICA

4.3.1. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

Hi1: Se podrá demostrar la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

Ho1: No se podrá demostrar la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

En la Tabla 7 y la Tabla 8, se observó el análisis de varianza ANOVA de Friedman de los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y carrizo (*Phragmites australis*) en los parámetros microbiológicos de los coliformes totales y los coliformes termotolerantes.

Tabla 7

Análisis de varianza de Friedman para los coliformes totales de las aguas residuales de Ñausilla baja

Estadísticos de Friedman	Estadísticos de contraste
Media Col. Totales (inicial)	84,00
Media Col. Totales (Cola de caballo) (final)	5,13
Media Col. Totales (Carrizo) (final)	1,40
Desv. Est. Coliformes Totales (inicial)	1,00
Desv. Est. Coliformes Totales (Cola de caballo) (final)	0,69
Desv. Est. Col. Totales (Carrizo) (final)	0,10
N	6
Chi-cuadrado	0
GL	1
Sig. asintót. (Col. Totales)	1,000

Nota: En la tabla 7 se puede presenciar el análisis de Friedman obtenidos de los Coliformes totales iniciales y finales con los tratamientos de cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*).

Tabla 8

Análisis de varianza de Friedman para los termotolerantes en las aguas residuales de Ñausilla baja

Estadísticos de Friedman	Estadísticos de contraste
Media Col. Termotolerantes (inicial)	63,00
Media Col. Termotolerantes (Cola de caballo) (final)	3,77
Media Col. Termotolerantes (Carrizo) (final)	1,40
Desv. Est. Col. Termotolerantes (inicial)	1,00
Desv. Est. Col. Termotolerantes (Cola de caballo) (final)	0,69
Desv. Est. Col. Termotolerantes (Carrizo) (final)	0,10
N	6
Chi-cuadrado	0
GL	1
Sig. asintót. (Col. Termotolerantes)	1,000

Nota: En la Tabla 7 y 8, se observaron los efectos de los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y carrizo (*Phragmites australis*) en las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja, encontrándose que no se cumplió la condición, siendo p-valor (1,000) > α (0,05), evidenciándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la remoción de los coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Tabla 9

Correlación entre los coliformes totales y coliformes termotolerantes respecto a los tratamientos empleados con humedales artificiales

		Correlaciones	
		Col. Totales	Col. Termotolerantes
Rho de Spearman	Tratamientos	-0,878	-0,878
		Sig. (bilateral)	0,0213
		N	6

Nota: En la Tabla 9, se presentó la correlación de Spearman, observándose que $p \neq 0$, siendo el $p < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre los coliformes totales y coliformes termotolerantes respecto a los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y carrizo (*Phragmites australis*) empleados en las aguas residuales cuya relación fue inversa, es decir, que cuando las concentraciones de los coliformes totales y coliformes termotolerantes se reducen cuando se emplean como tratamiento a la cola de caballo (*Equisetum arvense*) y al carrizo (*Phragmites australis*), generándose una relación perfectamente negativa e inversa ($-0,878 \cong -87,8 \%$).

Tabla 10*Prueba de T de Wilcoxon para los coliformes totales de las aguas residuales*

Rango promedio T de Wilcoxon			
Col. Totales inicial y final	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	6 ^a	3,50	21,00
Rangos positivos	0 ^b	0,00	0,00
	Empates		0 ^c
	Total		6

Nota: Observándose que en a. Col. Totales final < Col. Totales inicial, b. Col. Totales final > Col. Totales inicial y c. Col. Totales final = Col. Totales inicial; encontrándose que los coliformes totales luego de la aplicación de los tratamientos presentaron mejoras respecto al valor inicial encontrado a una confianza de 0,05 %.

Tabla 11*Diferenciación de coliformes totales iniciales y finales en la prueba de Wilcoxon*

Estadístico de la prueba de Wilcoxon para los Coliformes Totales ^a	
Z	-2,201 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	0,028

Nota: Encontrándose que la prueba de Wilcoxon cuyo p-valor (sig.) = 0,028 < α (0,05), donde se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyéndose que las medias del Col. Totales (inicial) y el Col. Totales final presentan diferencias significativas ($H_1: \mu_{\text{Col. Totales (inicial)}} \neq \mu_{\text{Col. Totales (final)}}$), visualizándose un descenso en la concentración de los coliformes totales luego de la aplicación de los tratamientos de la Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*) como tratamiento empleado

Tabla 12*Prueba de T de Wilcoxon para los coliformes termotolerantes de las aguas residuales*

Rango promedio T de Wilcoxon			
Col. Termotolerantes inicial y final	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	6 ^a	3,50	21,00
Rangos positivos	0 ^b	0,00	0,00
	Empates		0 ^c
	Total		6

Nota. En la tabla 12 se puede observar que en a. Col. Termotolerantes final < Col. Termotolerantes inicial, b. Col. Termotolerantes final > Col. Termotolerantes inicial y c. Col. Termotolerantes final = Col. Termotolerantes inicial; encontrándose que los coliformes termotolerantes luego de la aplicación de los tratamientos presentaron mejoras respecto al valor inicial encontrado a una confianza de 0,05 %.

Tabla 13*Diferenciación de coliformes termotolerantes iniciales y finales en la prueba de Wilcoxon*

Estadístico de la prueba de Wilcoxon para los Col. Termotolerantes^a	
Z	-2,201 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	0,028

Nota: Encontrándose que la prueba de Wilcoxon cuyo p-valor (sig.) = 0,028 < α (0,05), donde se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyéndose que las medias del Col. Termotolerantes (inicial) y el Col. Termotolerantes final presentan diferencias significativas ($H_1: \mu_{\text{Col. Termotolerantes (inicial)}} \neq \mu_{\text{Col. Termotolerantes (final)}}$), visualizándose un descenso en la concentración de los coliformes termotolerantes luego de la aplicación de los tratamientos de la Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*) como tratamiento empleado. En la Tabla 10 y Tabla 12, se observó el efecto de los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*) en las aguas residuales, encontrándose que p-valor (0,028) < α (0,05), evidenciándose que existe una diferencia significativa de los tratamientos empleados en la remoción de los coliformes totales y coliformes termotolerantes, donde se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , demostrándose que existe efecto significativo en la remoción de los coliformes totales y termotolerantes de las aguas residuales en la aplicación de la cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*).

Tabla 14

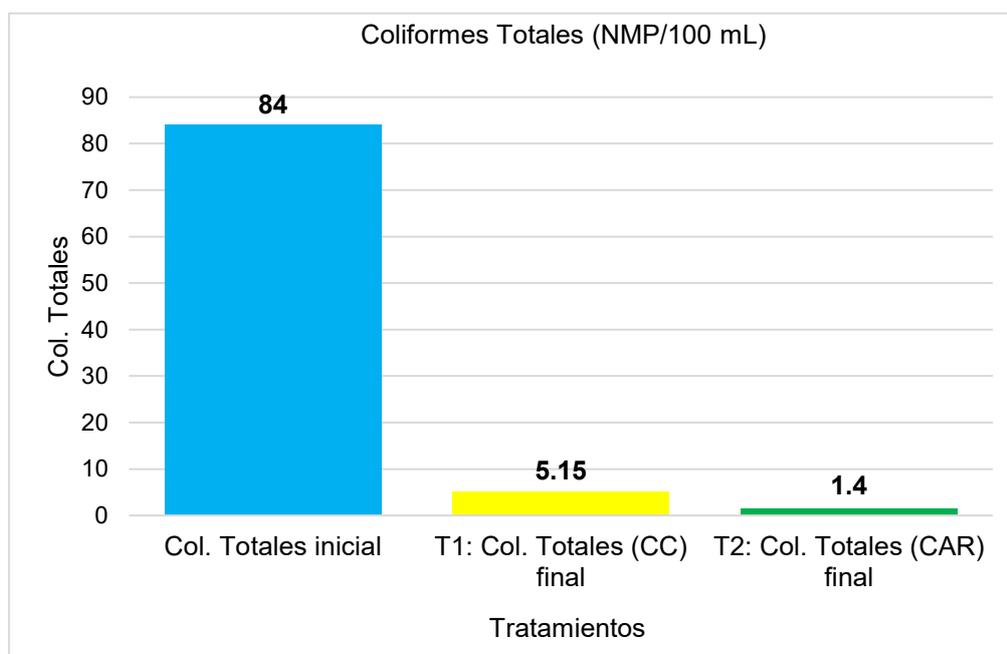
Concentración media de los coliformes totales al inicio y luego de la aplicación de tratamientos con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*)

Col. Totales inicial (NMP/100 mL)	T ₁ : Col. Totales (CC) final (NMP/100 mL)	T ₂ : Col. Totales (CAR) final (NMP/100 mL)
84,00	5,15	1,40

Nota: En la Tabla 14 y la Figura 1, se observó la aplicación de los tratamientos T₁ (cola de caballo - CC) y T₂ (carrizo - CAR), donde el mejor tratamiento para la remoción de los coliformes totales se observó en el T₂ (carrizo - CAR).

Figura 1

Concentración media de los coliformes totales iniciales y los tratamientos empleado con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*)



Nota: En la figura 1 se puede observar la diferenciación entre concentraciones iniciales y finales de coliformes totales.

Tabla 15

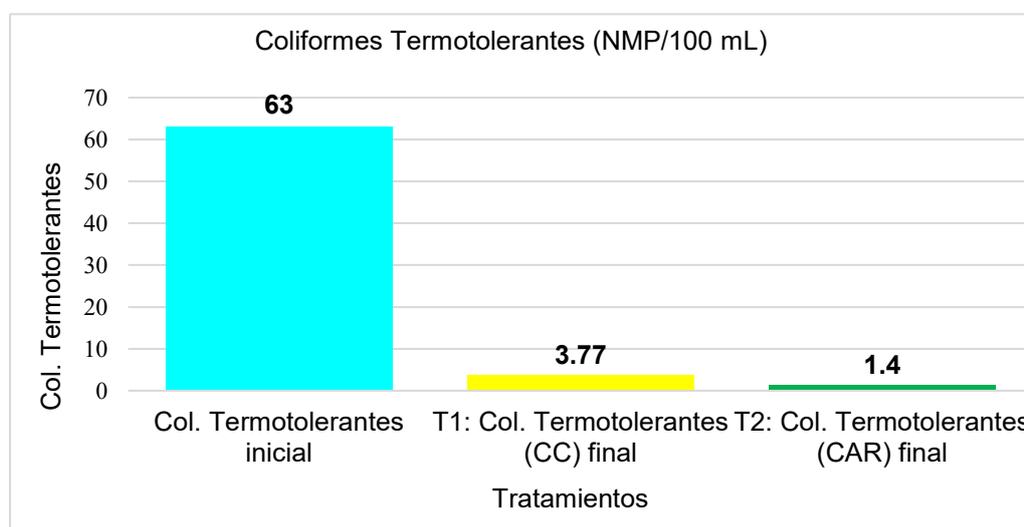
Concentración media de los coliformes termotolerantes al inicio y luego de la aplicación con tratamiento de humedal artificial

Col. Termotolerantes inicial	T₁: Col. Termotolerantes (CC) final	T₂: Col. Termotolerantes (CAR) final
84,00	5,15	1,40

Nota: En la Tabla 15 y la Figura 2, se observó la aplicación de los tratamientos T₁ (cola de caballo - CC) y T₂ (carrizo - CAR), donde el mejor tratamiento para la remoción de los coliformes termotolerantes se observó en el T₂ (carrizo).

Figura 2

Concentración media de los coliformes termotolerantes al inicio y luego de la aplicación mediante tratamiento con humedales artificiales



Nota: En la figura 2 se puede observar la diferenciación entre concentraciones iniciales y finales de coliformes termotolerantes.

Tabla 16

*Evaluación y cumplimiento de los parámetros microbiológicos de las aguas residuales aplicando como tratamiento los humedales artificiales con cola de caballo (*Equisetum arvense*) y carrizo (*Phragmites australis*)*

Parámetros microbiológicos	Unidad de medida	Inicio del tratamiento	Final del tratamiento (CC)	Final del tratamiento (CAR)	Mejoró / No mejoró	Parámetros ECA	Apto / No apto
Coliformes Totales	NMP/100 mL	84,00	5,15	1,40	Mejoró	---	Apto
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	63,00	3,77	1,40	Mejoró	1 000	Apto

Nota: En la Tabla 16, se elaboró el cumplimiento de la evaluación de los parámetros microbiológicos de las aguas residuales aplicando como tratamiento la Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*), y comparándolos con el D.S. N° 004-2017-MINAM de categoría 3 para el uso de riego agrícola.

4.3.2. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 2

Hi1: Se podrá evaluar los parámetros físico-químico antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

Ho1: No se podrá evaluar los parámetros físico-químico antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

Tabla 17

Análisis de varianza para el pH y el color de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja

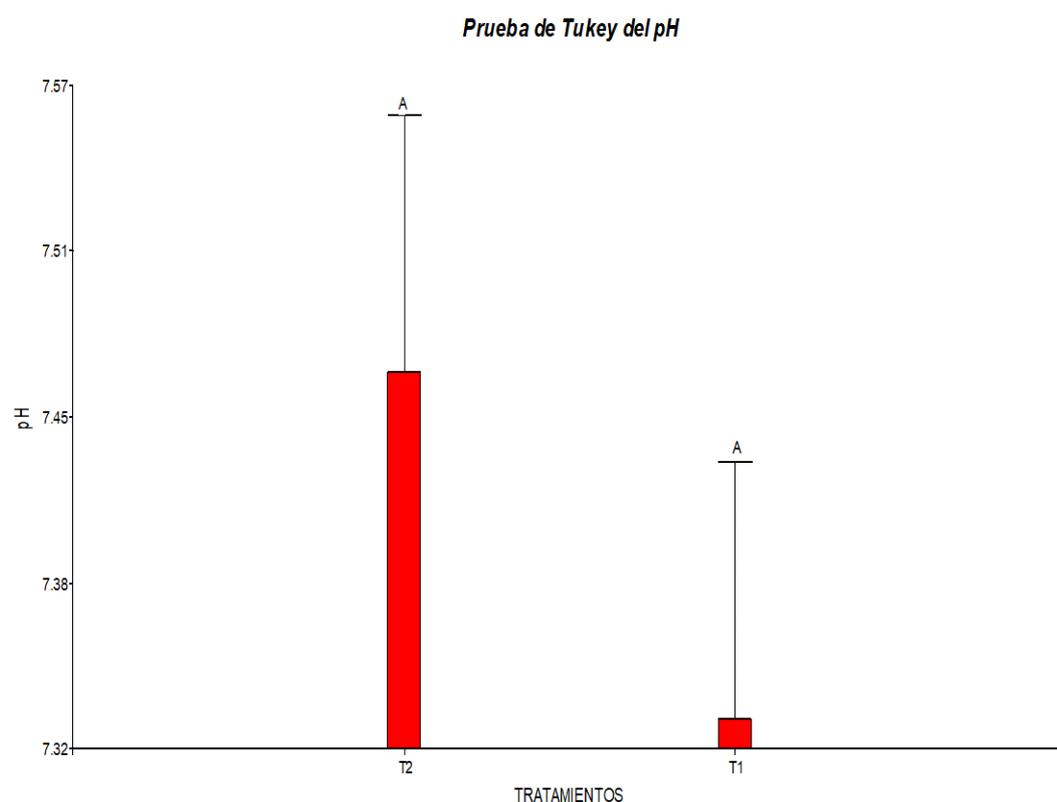
Factor de Variación	Variable	SC	GL	MC	F	Sig.
Tratamientos	pH	0,03	1	0,03	0,91	0,3936
Tratamientos	color	332,42	1	332,42	0,46	0,5351
Error	pH	0,11	4	0,03		
Error	color	2894,82	4	723,70		
Total	pH	0,14	5			
Total	color	3227,24	5			

Nota: Análisis de varianza se ha obtenido del pH y el color inicial y final con los tratamientos de cola de caballo (CC) y el carrizo (CAR) y En la Tabla 17, se observaron los efectos de los tratamiento Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*) en las aguas residuales perteneciente a Ñausilla baja, encontrándose que no se cumplió la condición, siendo p-valor(0,3936) > α (0,05) para el pH y para el color se encontró un p-valor(0,5351) > α (0,05), evidenciándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la disminución de la concentración del pH y el color.

Tabla 18*Prueba de Tukey de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Significación
T ₂ (Carrizo)	7,46	3	0,1	A
T ₁ (Cola de caballo)	7,33	3	0,1	A

Nota: Se realizó la prueba de medias de Tukey, para conocer si existe diferencia significativa entre los tratamientos empleados respecto al pH de las aguas residuales pudiendo observarse en la Tabla 18 y la Figura 3.

Figura 3*Prueba de Tukey de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja*

Nota. Se evidenció que no existe diferencia significativa entre la cola de caballo (CC) y el carrizo (CAR) respecto al pH de las aguas residuales. En la Figura 3, se observó el efecto de los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*) en las aguas residuales domésticas de uso agrícola, evidenciándose que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la disminución del pH, pero que se evidenció un mejor efecto en la cola de caballo a diferencia del carrizo (*Phragmites australis*) en la disminución de la concentración del pH en las aguas residuales.

Tabla 19

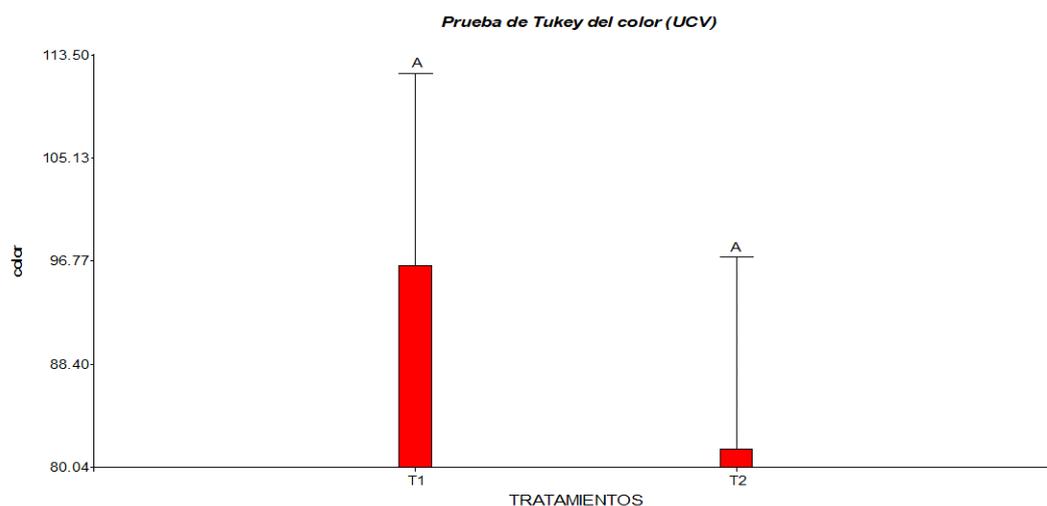
*Correlación de Spearman entre los coliformes totales respecto a los tratamientos empleados con cola de caballo (*Equisetum arvense*) y carrizo (*Phragmites australis*)*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Significación
T ₁ (Cola de caballo)	96,44	3	15,53	A
T ₂ (Carrizo)	81,56	3	15,53	A

Nota: Asimismo, se realizó la prueba de medias de Tukey, para conocer si existe diferencia significativa entre los tratamientos empleados respecto al color de las aguas residuales, pudiendo observarse en la Tabla 19.

Figura 4

Prueba de Tukey del color de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja



Nota: En la Figura 4, se observó el efecto de los tratamientos con cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*) en las aguas residuales, evidenciándose que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la disminución del color, pero que se evidenció un mejor efecto en el carrizo (*Phragmites australis*) a diferencia de la cola de caballo en la disminución de la concentración del color en las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja.

Tabla 20

Correlación de Pearson entre el pH y la conductividad respecto a los tratamientos empleados con humedales artificiales

		Correlaciones	
		pH	Color (UCV)
TRATAMIENTOS	Correlación de Pearson	0,431	-0,963
	Sig. (bilateral)	0,394	0,0020
	N	6	6

Nota: En la Tabla 20, se presentó la correlación de Pearson, observándose que $p \neq 0$, siendo el p (0,394) $> 0,05$, para el parámetro de pH, por lo tanto no existe relación significativa entre el pH respecto a los tratamientos mediante humedales artificiales con cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*) empleados en las aguas residuales, cuya relación fue directa, es decir, las concentraciones del pH se reducen cuando se emplean como tratamiento a la cola de caballo y/o al carrizo, generándose una relación moderadamente positiva ($0,431 \cong 43,1\%$), a diferencia de lo encontrado para el color, observándose un p (0,0020) $< 0,05$, por lo tanto existe relación significativa entre el color respecto a los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*) empleados en las aguas residuales, cuya relación fue inversa, es decir, las concentraciones del color se reducen cuando se emplean como tratamiento a la cola de caballo (*Equisetum arvense*) y/o al carrizo (*Phragmites australis*), generándose una relación perfectamente negativa ($-0,963 \cong -96,3\%$).

Tabla 21

Prueba T de Student para el pH y el color de las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja

Parámetros químicos	Coef. Correlación de Pearson	Media antes del tratamiento	Media después del tratamiento	t	GL	Sig. (bilateral)
pH inicial y final	0,15811	7,6	7,4	4,954	5	0,004269
color inicial y final	0,02107	213	89	11,927	5	$7,3015 \times 10^{-5}$

Nota: se realizó la prueba de T de Student, para conocer si existe diferencia significativa de los tratamientos empleados respecto a las aguas residuales domésticas de uso agrícola, pudiendo observarse en la Tabla 21, respecto a los tratamientos de cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*).

Tabla 22

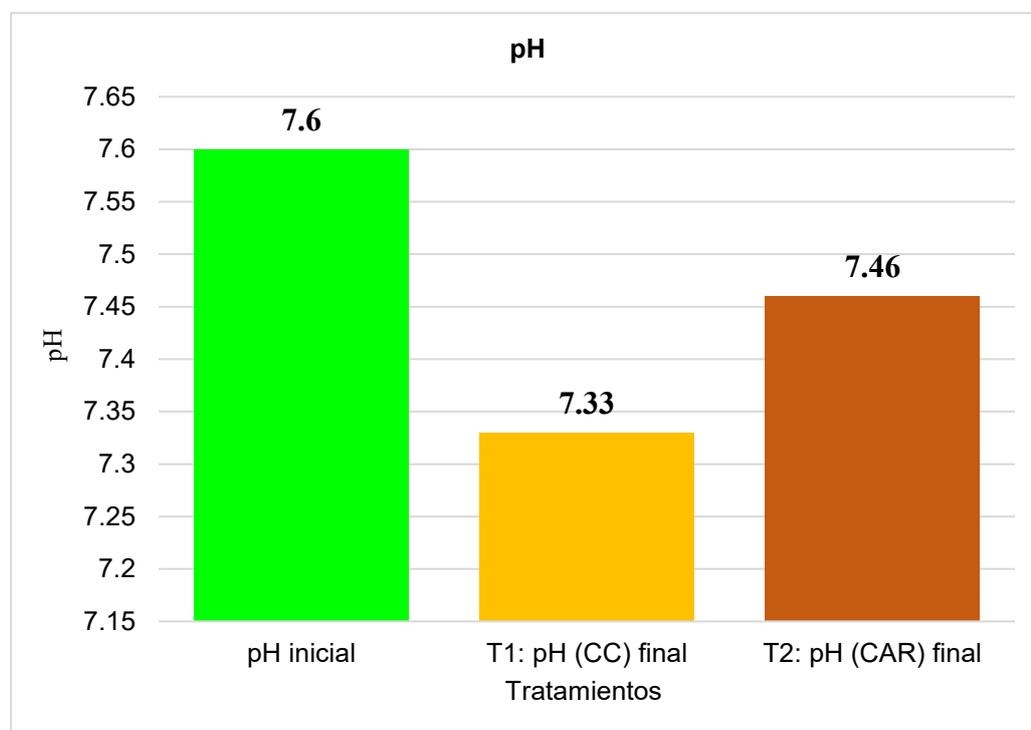
Concentración media del pH al inicio y luego de la aplicación del tratamiento con los humedales artificiales

pH inicial (NMP/100 mL)	T₁: pH (CC) final (NMP/100 mL)	T₂: pH (CAR) final (NMP/100 mL)
7,60	7,33	7,46

Nota: En la tabla 22 se puede observar la concentración inicial y final del pH con los tratamientos con los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro.

Figura 5

Concentración media del pH al inicio y luego de la aplicación de los tratamientos con humedales artificiales



Nota: Se puede observar en la figura 5 la media del Ph tanto al inicio y posterior a la aplicación de tratamiento con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) pudiendo observar que existe una disminución significativa con ambas plantas. se observó la aplicación de los tratamientos T₁ (cola de caballo - CC) y T₂ (carrizo - CAR), donde el mejor tratamiento para la disminución de la concentración del pH se observó en el T₁ (cola de caballo - CC),

Tabla 23

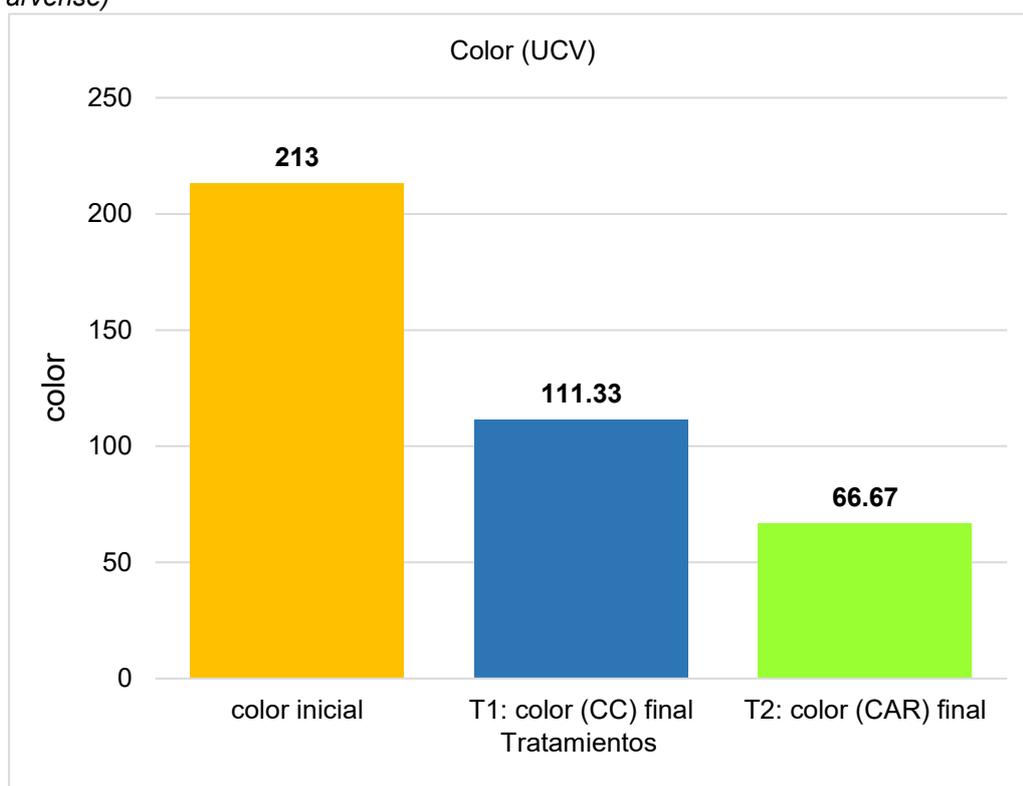
Concentración media del color al inicio y luego de la aplicación de tratamientos con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*)

color inicial	T ₁ : color (Cola de caballo) final	T ₂ : color (Carrizo) final
213	111,33	66,67

Nota: En la tabla 23 se puede observar la concentración inicial y final del color con los tratamientos con los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro.

Figura 6

Concentración del color al inicio y luego de la aplicación de tratamientos con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*)



Nota: Se puede observar en la figura 6 la media del color tanto al inicio y posterior a la aplicación de tratamiento con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) pudiendo observar que existe una disminución significativa con ambas plantas. se observó la aplicación de los tratamientos T₁ (cola de caballo - CC) y T₂ (carrizo - CAR), donde el mejor tratamiento para la disminución de la concentración del color se observó en el T₂ (carrizo - CAR).

De igual manera en la Tabla 22 y la Tabla 23, se observó el análisis de varianza ANOVA de Friedman de los tratamientos Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*) en el parámetro químico de la conductividad eléctrica.

Tabla 24

Análisis de varianza Friedman para la conductividad eléctrica (umho/cm) de las aguas residuales

Estadísticos de Friedman	Estadísticos de contraste
Media de la conductividad eléctrica (inicial)	213,00
Media de la conductividad eléctrica (CC) (final)	339,33
Media de la conductividad eléctrica (CAR) (final)	291,00
Desv. Estándar conductividad eléctrica (inicial)	2,00
Desv. Estándar conductividad eléctrica (CC) (final)	7,356
Desv. Estándar conductividad eléctrica (CAR) (final)	6,028
N	6
Chi-cuadrado	6
GL	1
Sig. asintót. (conductividad eléctrica)	0,014

Nota. Análisis de varianza de Friedman obtenidos de la conductividad eléctrica (umho/cm) iniciales y finales con los tratamientos de cola de caballo (CC) y el carrizo (CAR). En la Tabla 24, se observó el efecto del tratamiento (cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*) en las aguas residuales, encontrándose que no se cumplió la condición de p-valor $(0,014) > \alpha (0,05)$, evidenciándose que existe diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la remoción de la conductividad eléctrica y el color.

Tabla 25

*Correlación de Spearman de la conductividad eléctrica del agua residual respecto al tratamiento con humedales artificiales empleando cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*)*

Correlaciones			Conductividad (umho/cm)
Rho de Spearman	Tratamientos	Correlación de Spearman	-0,878
		Sig. (bilateral)	0,0213
		N	6

Nota: En la Tabla 25, se presentó la correlación de Spearman, observándose que $p \neq 0$, siendo el p $(0,0213) < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre la conductividad eléctrica y el color respecto a los tratamientos Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*), empleados en las aguas residuales, cuya relación fue inversa, es decir, que cuando las concentraciones de la conductividad eléctrica se reducen cuando se emplean como tratamiento las plantas empleadas generándose una relación perfectamente negativa e inversa $(-0,878 \cong -87,8 \%)$.

Seguidamente, se realizó la prueba de T de Wilcoxon, para observar si existió diferencia significativa de los tratamientos empleados respecto a la conductividad eléctrica y el color de a las aguas residuales, pudiendo observarse en la Tabla 25.

Tabla 26
Prueba de T de Wilcoxon para conductividad eléctrica de las aguas residuales

Rango promedio T de Wilcoxon			
conductividad eléctrica inicial y final	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	0 ^a	0,00	0,00
Rangos positivos	6 ^b	3,50	21,00
Empates	0 ^c		
Total	6		

Nota. Observándose que en a. conductividad eléctrica final < conductividad eléctrica inicial, b. conductividad eléctrica final > Col. conductividad eléctrica y c. conductividad eléctrica = conductividad eléctrica; encontrándose que la conductividad eléctrica luego de la aplicación de los tratamientos se incrementó respecto al valor inicial encontrado a una confianza de 0,05 %.

Tabla 27
Prueba de Wilcoxon para la conductividad eléctrica

Estadístico de la prueba de Wilcoxon para la conductividad eléctrica	
Z	-2,201
Sig. asintót. (bilateral)	0,028

Nota: Encontrándose que la prueba de Wilcoxon cuyo p-valor (sig.) = 0,028 < α (0,05), donde se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyéndose que las medias de la conductividad eléctrica (inicial) y la conductividad eléctrica final presentan diferencias significativas ($H_1: \mu$ conductividad eléctrica (inicial) $\neq \mu$ conductividad eléctrica (final)), visualizándose un incremento en la concentración de la conductividad eléctrica luego de la aplicación de los tratamientos de la Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*) como tratamiento empleado. En la Tabla 26 y tabla 27 se observó el efecto de los tratamientos Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*) en las aguas residuales, encontrándose que p-valor (0,028) < α (0,05), evidenciándose que existe una diferencia significativa de los tratamientos empleados en la remoción de la conductividad eléctrica, donde se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , demostrándose que existe efecto significativo en la remoción de la conductividad eléctrica de las aguas residuales en la aplicación de la cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*).

Tabla 28

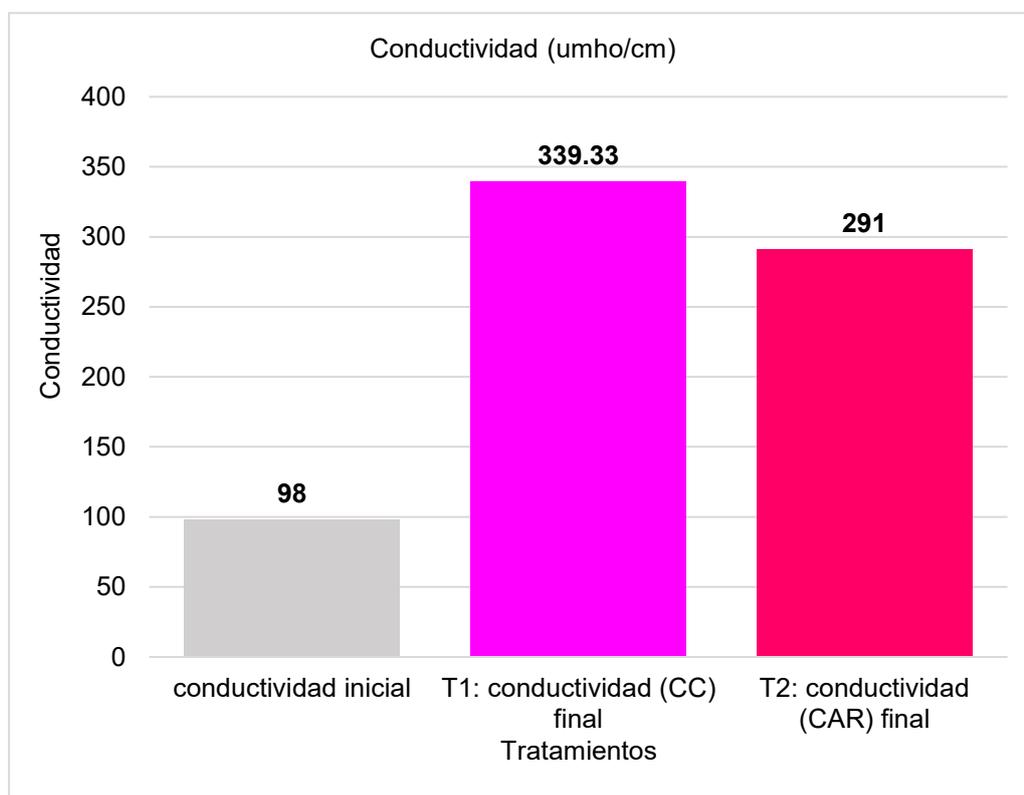
Concentración media de la conductividad eléctrica inicial y luego de la aplicación de tratamiento con humedales artificiales

Conductividad eléctrica (umho/cm) inicial	T ₁ : Conductividad eléctrica (umho/cm) (CC) final	T ₂ : Conductividad eléctrica (umho/cm) (CAR) final
213	111.33	66.67

Nota: se puede observar los resultados obtenidos iniciales y luego de la aplicación de los tratamientos de la cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*) en la conductividad eléctrica, observándose en la Tabla 28.

Figura 7

Concentración media de la conductividad eléctrica inicial y luego de la aplicación de tratamiento con humedal artificial



Nota: En la Figura 7, se observó la aplicación de los tratamientos T₁ (cola de caballo - CC) y T₂ (carrizo - CAR), donde el mejor tratamiento de mayor concentración de la conductividad eléctrica (umho/cm) se observó en el T₁ (cola de caballo - CC).

Tabla 29

*Evaluación y cumplimiento de los parámetros físicoquímicos de las aguas residuales aplicando tratamiento de humedales artificiales con cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*)*

Parámetros físico-químico	Unidad de medida	Inicio del tratamiento	Final del tratamiento (CC)	Final del tratamiento (CAR)	Mejoró / No mejoró	Parámetros ECA	Apto / No apto
pH	---	7,60	7,33	7,46	Mejoró	6,5 – 8,5	Apto
Conductividad	umho/cm	98,00	339,33	291,00	Mejoró	2 500	Apto
Color	UCV	213,00	111,33	66,67	Mejoró	100	Apto

Nota: En la Tabla 29 se elaboró el cumplimiento de la evaluación de los parámetros físico-químicos de las aguas residuales aplicando como tratamiento los humedales artificiales con la Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*), y comparándolos con el D.S. N° 004-2017-MINAM de categoría 3 para el uso de riego agrícola

4.4. PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 30

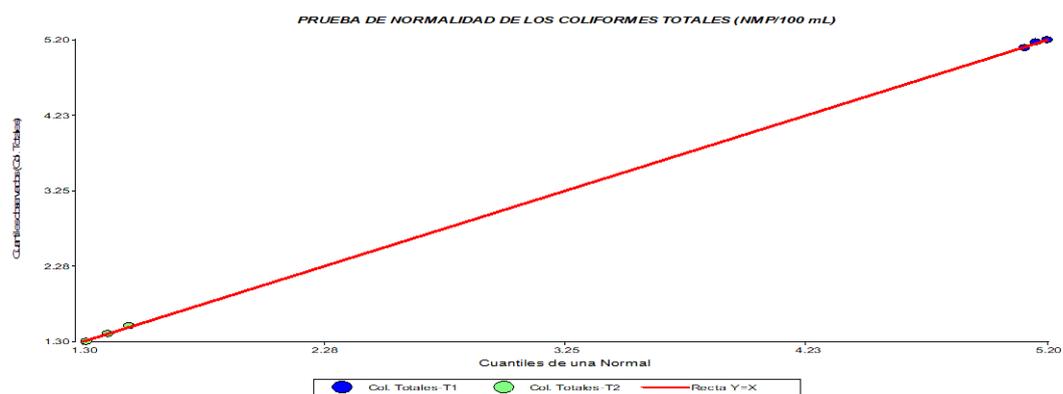
Prueba de normalidad en coliformes totales en las aguas residuales

	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T ₁ (Cola de caballo)	Col. Totales	3	5,16	0,05	0,95	0,5661
T ₂ (Carrizo)	Col. Totales	3	1,4	0,1	1	>0,9999
	Col. Totales	6	3,28	2,06	0,68	0,0023

Nota: Se realizó la prueba de normalidad, para conocer si existe una normalidad entre los resultados obtenidos, para ello se empleó la prueba de Shapiro Wilks, debido a que se cumplió con la condición de que $n < 50$, por consiguiente

Figura 8

Normalidad de coliformes totales en las aguas residuales

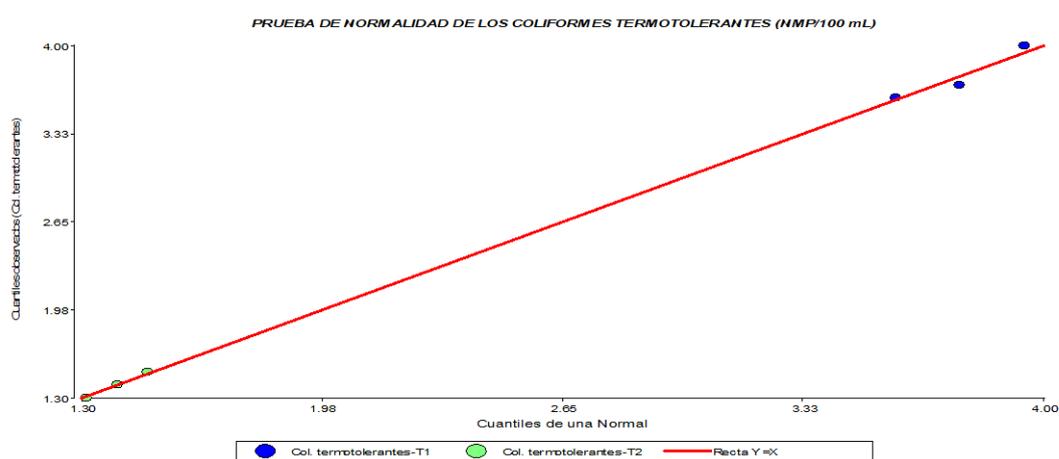


Nota: La prueba de normalidad de los Coliformes Totales, se evidenció que no existe una distribución normal [$p (0,0023) > (0,05)$] producido por los resultados obtenidos cuyas puntuaciones se aproximan a la recta.

Tabla 31*Prueba de normalidad en coliformes termotolerantes en las aguas residuales*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Significación
T ₁ (Cola de caballo)	339,33	3	39,74	A
T ₂ (Carrizo)	291,00	3	39,74	A
T ₀ (Testigo)	98,00	3	39,74	B

Nota: se aplicó dicha prueba en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos estudiados, pudiendo observarse en la Tabla 31.

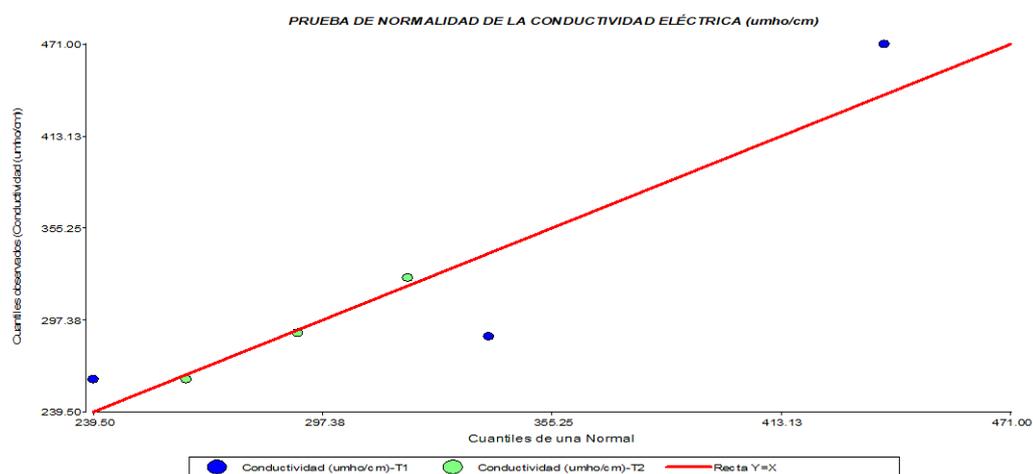
Figura 9*Normalidad de los coliformes termotolerantes en las aguas residuales*

Nota: La prueba de normalidad de los Coliformes Termotolerantes, se evidenció que no existe una distribución normal [$p < 0,023 > (0,05)$] producido por los resultados obtenidos cuyas puntuaciones no se aproximan a la recta.

Tabla 32*Prueba de la normalidad de la conductividad (umho/cm) en las aguas residuales*

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T ₁ (Cola de caballo)	Conductividad	3	339,33	114,82	0,84	0,226
T ₂ (Carrizo)	Conductividad	3	291	32,05	1,00	0,8968
Conductividad		6	315,17	79,91	0,75	0,0217

Nota: En la tabla 32 se puede apreciar la prueba de normalidad aplicada a los tratamientos con humedales artificiales con respecto a la conductividad en las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja.

Figura 10*Normalidad de la conductividad (umho/cm) en las aguas residuales*

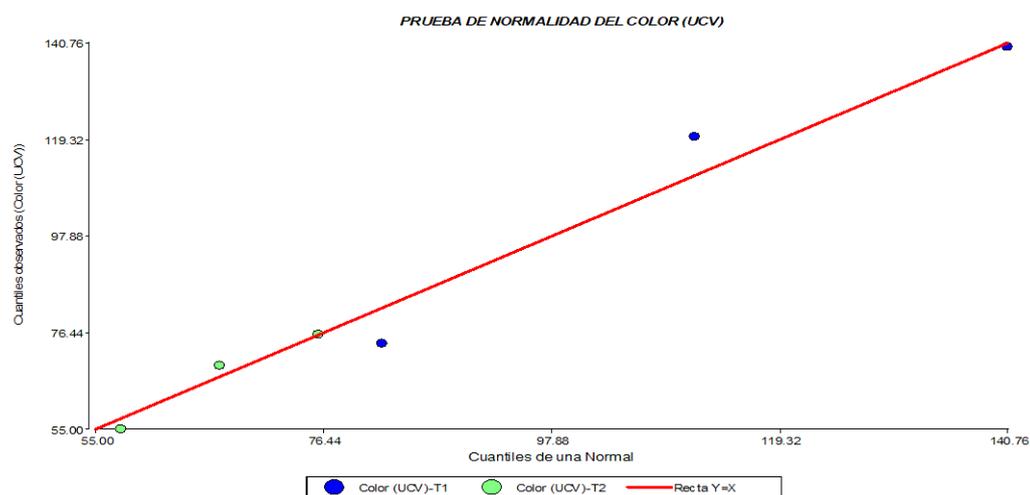
Nota. La prueba de normalidad de la Conductividad se evidenció que no existe una distribución normal $[p(0,0217) < (0,05)]$ producido por los resultados obtenidos cuyas puntuaciones no se aproximan a la recta.

Tabla 33
Prueba de normalidad de color UCV en las aguas residuales

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T ₁ (Cola de caballo)	Color	3	111,33	33,84	0,95	0,5713
T ₂ (Carrizo)	Color	3	66,67	10,69	0,96	0,6394
Color		6	89	33,2	0,86	0,225

Nota: En la tabla 33 se puede apreciar la prueba de normalidad aplicada a los tratamientos con humedales artificiales con respecto al color UCV en las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja.

Figura 11
Grafica de la normalidad de color UCV en las aguas residuales



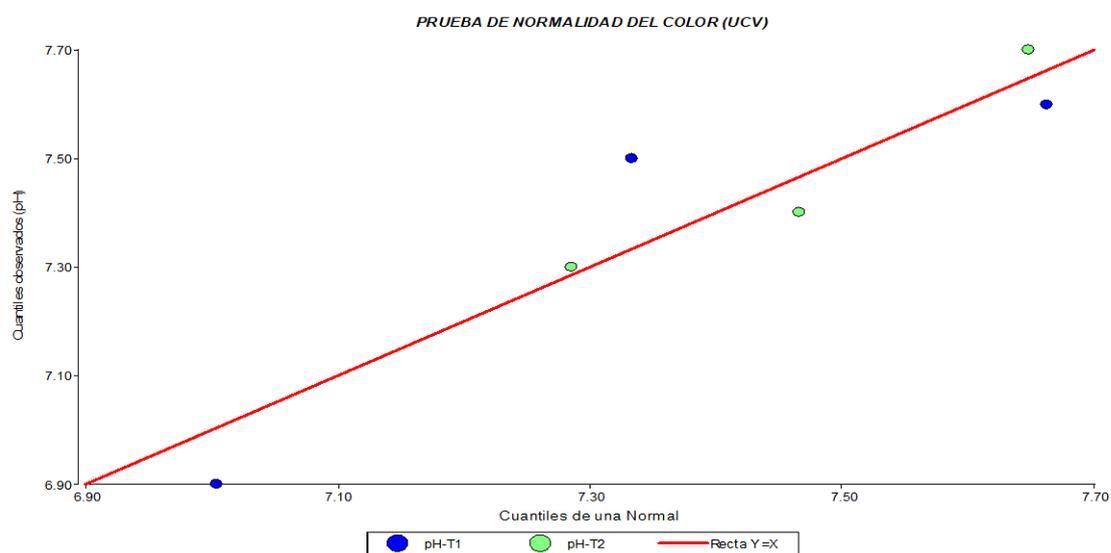
Nota. La prueba de normalidad del Color, se evidenció que no existe una distribución normal [$p(0,225) > (0,05)$] producido por los resultados obtenidos cuyas puntuaciones se aproximan a la recta.

Tabla 34
Prueba de la normalidad del pH en las aguas residuales

Tratamientos	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T ₁ (Cola de caballo)	pH	3	7,33	0,38	0,85	0,2519
T ₂ (Carrizo)	pH	3	7,47	0,21	0,92	0,4628
pH		6	7.4	0,28	0,92	0,6075

Nota: En la tabla 34 se puede apreciar la prueba de normalidad aplicada a los tratamientos con humedales artificiales con respecto al pH en las aguas residuales pertenecientes a Ñausilla baja.

Figura 12
Normalidad del pH en las aguas residuales



Nota. La prueba de normalidad del pH, se evidenció que existe una distribución normal [$p(0,6075) > (0,05)$] producido por los resultados obtenidos cuyas puntuaciones se aproximan a la recta.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Rosas (2018) sostiene que los humedales artificiales son uno de los métodos más eficientes para la remoción de coliformes debido a su eficiencia para tratar el agua residual donde se utilizó plantas como el Carrizo (*Phragmites australis*) y como resultado se obtiene la descontaminación logrando un 97% remoción de coliformes presentes en las aguas residuales y concluyendo que el carrizo (*Phragmites Australis*) cumple con mayor eficacia al momento de la remoción de contaminantes presentes en el agua.

Durante la evaluación de los estadísticos descriptivos de los coliformes totales, coliformes termotolerantes del agua residual se logró observar la presencia de un testigo obteniendo la reducción de las concentraciones de los coliformes totales, coliformes termotolerantes, cuando se aplicó el tratamiento tanto con carrizo (*Phragmites australis*) como con la cola de caballo, se podría usar esta metodología para el tratamiento de aguas residuales. Para el pH, conductividad eléctrica y el color del agua residual. También se evaluó los parámetros físicos-químicos y microbiológico tanto al inicio como en el final se observó una reducción considerable cumplimiento D.S. N° 004-2017-MINAM dentro de la sub categoría 3.

Contraste de hipótesis general: En la estadística descriptiva inferencial empleándose la media aritmética, el análisis de varianza (ANOVA) la correlación de Pearson y la prueba de T de Student para muestras relacionadas se realizó la contrastación de la hipótesis para evaluar el efecto de los tratamientos en la mejora de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos, durante el contraste general se observó el análisis de varianza de Friedman de los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el carrizo (*Phragmites australis*) en el parámetro microbiológico de los coliformes totales y los coliformes termotolerantes donde se pudo determinar que el efecto del tratamiento con el Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*) en las aguas residuales domesticas cumplió la condición de que $p \neq 0$, siendo el $p < 0,05$, por lo tanto, existe relación

significativa entre los coliformes totales y coliformes termotolerantes respecto a los tratamientos cuya relación fue inversa se reducen cuando se emplean como tratamiento a la Cola de caballo (*Equisetum arvense*) y el Carrizo (*Phragmites australis*), generándose una relación perfectamente negativa e inversa ($-0,878 \cong -87,8 \%$). también presentaron mejoras respecto al valor inicial encontrado a una confianza de 0,05 %. Y también realizando el contraste de hipótesis encontrando $= 0,028 < \alpha (0,05)$, donde se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyéndose que las medias del Col. Totales (inicial) y el Col. Totales final presentan diferencias significativas.

Contraste de la hipótesis específica 1 se observó el análisis de varianza ANOVA de Friedman de los tratamientos en los parámetros microbiológicos de los coliformes totales y los coliformes termotolerantes el análisis indica que los efectos de los tratamientos con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites Australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) no se cumplió la condición, siendo $p\text{-valor}(1,000) > \alpha(0,05)$, evidenciándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos que $p \neq 0$, siendo el $p < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre los coliformes totales y coliformes termotolerantes respecto a los tratamientos con carrizo (*Phragmites Australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) por lo tanto, cuya relación fue inversa, es decir, que cuando las concentraciones de los coliformes totales y coliformes termotolerantes se reducen cuando se emplean como tratamiento a la cola de caballo y al carrizo, generándose una relación perfectamente negativa e inversa ($-0,878 \cong -87,8 \%$). totales luego de la aplicación de los tratamientos presentaron mejoras respecto al valor inicial encontrado a una confianza de 0,05 %. En la prueba de Wilcoxon cuyo p-valor (sig.) = $0,028 < \alpha (0,05)$, donde se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyéndose que las medias del Col. Totales (inicial) y el Col. Totales final presentan diferencias significativas ($H_1: \mu_{\text{Col. Totales (inicial)}} \neq \mu_{\text{Col. Totales (final)}}$), visualizándose un descenso en la concentración de los coliformes totales luego de la aplicación de los tratamientos, también para los coliformes termotolerantes se obtuvo p-valor (sig.) = $0,028 < \alpha (0,05)$, donde se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 , concluyéndose que las medias del Col. Termotolerantes (inicial) y el Col. Termotolerantes final presentan diferencias

significativas ($H_1: \mu_{\text{Col. Termotolerantes (inicial)}} \neq \mu_{\text{Col. Termotolerantes (final)}}$), visualizándose un descenso en la concentración de los coliformes termotolerantes luego de la aplicación de los tratamientos de la cola de caballo y el carrizo como tratamiento empleado

Contraste de hipótesis 2 se observó el efecto de los tratamientos carrizo (*Phragmites Australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) Análisis de varianza (ANOVA) para el pH y el color de las aguas residuales encontrándose que no se cumplió la condición, siendo $p\text{-valor}(0,3936) > \alpha(0,05)$ para el pH y para el color se encontró un $p\text{-valor}(0,5351) > \alpha(0,05)$, evidenciándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos empleados se realizó la prueba de medias de Tukey, para conocer si existe diferencia significativa entre los tratamientos empleados respecto al pH de las aguas residuales Se evidenció que no existe diferencia significativa entre la carrizo (*Phragmites Australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) respecto al pH de las aguas residuales evidenciándose que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la disminución del pH, pero que se evidenció un mejor efecto en la cola de caballo a diferencia del carrizo en la disminución de la concentración del pH, para el color se pudo evidenciar que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la disminución del color, pero que se evidenció un mejor efecto en el carrizo a diferencia de la cola de caballo en la disminución de la concentración del color en las aguas residuales, para la conductividad eléctrica se observó el efecto de los tratamiento carrizo (*Phragmites Australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en las aguas residuales, encontrándose que no se cumplió la condición de $p\text{-valor}(0,014) > \alpha(0,05)$, evidenciándose que existe diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la remoción de la conductividad eléctrica y el color.

Los resultados encontrados en el presente estudio corroboran lo estudiado por Espín y Collaguazo (2022) sostiene que los resultados antes del tratamiento son mayores a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce y son menores a los límites de descarga al sistema de alcantarillado público, una vez que se implementó los humedales a base de carrizo

(*Phragmites australis*) se logró evaluar la eficiencia de la remoción logrando la retención de hidráulica en 7 días, los **resultados** obtenidos fueron DBO 408.07 mg/l, DQO 859 mg/l, NT 80.70 mg/l, PT 15.08 mg/l, SST 309.95 mientras que el humedal fue relativamente a un 87.3% al igual que en la tesis realizada según las pruebas de laboratorio antes del tratamiento se logró obtener los siguientes resultados 84 NMP/100ml de coliformes totales y termotolerantes 63 NMP/100ml durante el proceso de aplicación del tratamiento de humedales artificiales con carrizo y cola de caballo como se muestra en la figura 1 se puede observar que inicialmente se encuentra elevado la concentración de coliformes totales y ya durante el tratamiento se puede percibir la disminución obteniendo un 5.1 NMP/100ml con tratamiento de humedales artificiales con cola de caballo y un 5.4 NMP/100ml con tratamiento de humedales artificiales con carrizo, de igual manera para los coliformes termotolerantes se puede observar en la figura 2 la disminución de un 3.77 NMP/100ml para el tratamiento con cola de caballo y un 1.4 NMP/100ml para el tratamiento con carrizo obteniendo que ambos tratamientos presenta una disminución de un 90%, pero determinando que tanto para el carrizo presenta un porcentaje de un 98.33% en coliformes totales y 97.78% en coliformes termotolerantes, y para la cola de caballo presenta un porcentaje de un 93.89% en coliformes totales y 94.02% en coliformes termotolerantes. Por lo tanto, se puede aceptar la hipótesis general y determinar que existe diferencia en la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para la remoción de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, con respecto a los objetivos específicos se acepta la hipótesis del Hi se pudo demostrar la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), pudiendo percibir que si hubo una diferencia significativa del antes y después del tratamiento con humedales artificiales.

CONCLUSIONES

- En relación al objetivo general se pudo comparar la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) se obtuvo la minimización de concentraciones tanto de coliformes totales y termotolerantes en aguas residuales, obteniendo como resultado una diferencia entre ambos demostrando que el carrizo (*Phragmites australis*) obtuvo mejor resultado en la remoción de coliformes totales y termotolerantes, pero se obtiene que ambos tratamientos cumplen con la normativa D.S. N ° 004-2017-MINAM.
- En relación al objetivo específico 1 Describir la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), existe relación significativa entre los Col. Totales respecto a los tratamientos cola de caballo (*Equisetum arvense*) y carrizo (*Phragmites australis*) empleados en las aguas residuales domésticas de uso agrícola, cuya relación fue inversa, es decir, las concentraciones de los Col. Totales se reducen cuando se emplean como tratamiento a la cola de caballo y al carrizo, también obteniendo resultados diferenciales tanto al inicio como hasta el resultado final obteniendo ambos encima del 90 % en la reducción de coliformes totales y termotolerantes, pero nuevamente encasillando al carrizo por obtener mejores resultados con un 98.33% en coliformes totales y 97.78% en termotolerantes manteniéndose constante en todo el proceso del tratamiento .
- En relación al objetivo específico 2 se puede determinar que tanto el pH obtuvo mejor resultado la cola de caballo (*Equisetum arvense*), en cambio en la conductividad eléctrica y el color obtuvo una disminución de ambos parámetros durante la aplicación del tratamiento con el carrizo (*Phragmites australis*) obteniendo los resultados esperados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el tratamiento de humedales artificiales con el mejor efecto que para esta tesis fue el carrizo, para el tratamiento de aguas residuales, debido a que en todas las muestras se pudo observar que los datos de laboratorios se mantienen constantes y así logro la remoción de coliformes totales y termotolerantes en un medio ecológico y económico, convirtiéndose en un método más continuo por sus resultados, así mismo se puede hacer sugerencias con respecto a un método más continuo y óptimo para el tratamiento.
- Recomendamos utilizar otros métodos aparte de la remoción para la reducción de parámetros físico químico. En cuanto a la descripción del antes se puede presenciar que se obtienen resultados en la reducción de parámetros microbiológicos logrando lo esperado.
- También recomendamos el uso de métodos de desinfección para eliminar cualquiera bacteria que pueda quedar y así no solo su uso se limitaría para el riego de vegetales sino también para el consumo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, C. M., Silván, R. S., Ocaña, G. L., Margulis, R. G. B., & Cerino, M. J. R. (2016). Tratamiento de aguas residuales por humedales artificiales tropicales en Tabasco, México/Constructed wastewater treatment by tropical-wetlands in Tabasco, Mexico/Treatment of water waste by wetlands artificial tropical in Tabasco. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5(10), 1-20.
- Arias, C., & Brix, H. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales.
- Bernardo, J. (2019). Determinar los parámetros biológicos de agua para riego de vegetales según normativa vigente, en el Distrito Conchamarca - Ambo, Distritos San Francisco de Cayrán y Amarilis – Huánuco, Región Huánuco – octubre 2018 – febrero 2019”. Huánuco.
- Bedriñana Espino, D. C. (2023). Eficiencia en la remoción de los contaminantes de aguas residuales de un humedal artificial con *Phragmites australis* y *Alocasia odora*, anexo de Unión Mejorada Ayacucho 2023.
- Castañeda-Villanueva, A. A. (2022). Experiencias en la utilización de humedales artificiales para el saneamiento de aguas residuales domésticas en poblaciones rurales. *Ambiens Techné et Scientia México*, 10(2), 207-220.
- Chugden Romero, N. M., & Verastegui Ortiz, R. M. (2021). evaluación de la eficiencia de las plantas acuáticas totora y carrizo en la absorción y remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domesticas del distrito Namora–Cajamarca, 2020.
- Chauca Aguirre, J. D. (2017). Remoción de coliformes totales, fecales y DBO empleando el humedal de flujo vertical con la especie *Equisetum bogotense* (cola de caballo), a escala piloto, en Tuyu Ruri–Marcara.
- Cespedes Pillaca, R. V. (2021). Análisis del uso de humedales artificiales

empleando plantas macrófitas para el tratamiento de aguas residuales en el ámbito rural, Apurímac 2021.

Cardona, L. A. L., & Vanegas, C. (2009). Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial alimentados con agua residual sintética (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Química).

Chafloque, W. L., & Gómez, E. G. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 9(17), 85-96.

Cirujano, S. A. N. T. O. S., Meco, A., & Cezón, K. A. T. I. A. (2011). Flora acuática: Macrófitos. Jornada de presentación del Tesoro Taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales, TAXAGUA. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, EspañaDíaz, O. G., & Valdés, G. D. (2011). Metodología para el diseño de humedales con flujo subsuperficial horizontal. *Ingeniería hidráulica y Ambiental*, 32(1), 61-70

Espinosa Ortiz, C. E. (2014). *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes* (Doctoral dissertation, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito).

Espin Ledesma, J. G., & Collaguazo Morocho, M. A. (2022). Estudio sobre humedales artificiales para la depuración de aguas residuales domésticas usando carrizo (*Phragmites australis*) carrizo como planta asequible del sector San José-La Troncal (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.).

Fernández-Santisteban, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2), 70-73.

- Gerritsen, P. R., Ortiz-Arrona, C., & González-Figueroa, R. (2009). Usos populares, tradición y aprovechamiento del carrizo: estudio de caso en la costa sur de Jalisco, México. *Economía, sociedad y territorio*, 9(29), 185-207.
- Gianoli, A., Hung, A., & Shiva, C. (2019). Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 6(2), 62.034.
- León, B. (2012). La cola de caballo (*Equisetum*, Equisetaceae) comercializada y exportada del Perú. *Revista peruana de Biología*, 19(3), 345-346.
- Lilia, C. F. A. (2015). Población y muestra.
- Mayta Zuñiga, N. D. (2023). Efecto del humedal artificial de flujo subsuperficial con plantas acuáticas (*phragmites australis*) en la biorremediación de aguas residuales, en las instituciones educativas del distrito de Amarilis–Huánuco.
- Muñoz Tello, K. M., & Vasquez Perez, M. (2020). Estudio de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas
- Pulache, V. R., & Bustamante, E. C. (2012). evaluación de los niveles de contaminación de aguas residuales en la quebrada funas-I, con fines de tratamiento con humedales. *Revista Investigación y Amazonía*, 1(2), 85-94.
- Reinoso Saraguro, A. R. (2022). Evaluación de dos humedales artificiales con diferentes plantas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la parroquia de Baños.
- Rojas-Badía, M. M., Larrea-Murrell, J. A., Romeu-Álvarez, B., Heydrich-Pérez, M., & Rojas-Hernández, N. M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 024,

- Rosas Polo, J. P. (2018). Tratamiento del agua del canal de regadío para remoción de DBO 5, DQO, Escherichia coli y Coliformes Termotolerantes con Typha latifolia y carrizo (***Phragmites australis***) en humedales artificiales en el vivero municipal de Los Olivos, 2018
- Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales, 1(1), 8-15.
- Salazar, R. A. P., Carranza, M. M. H., Albornoz, J. I. F., Villafuerte, C. B. P., & Paredes, C. M. D. (2018). Eficiencia de la Unidad Básica de Saneamiento empleando humedales artificiales con especies nativas para la depuración de aguas residuales en el centro experimental Tuyu Ruri–Marcara, para su reúso como agua de riego. Aporte Santiaguino, 11(2), 237-250.
- Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G., & Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. Revista de la sociedad venezolana de microbiología, 24(1-2), 46-49.
- Supo, J. (2014). Seminario de investigación científica. Arequipa, Perú: bioestadística.
- Supo, J., & Zacarías, H. (2020). Metodología de la investigación científica: Para las Ciencias de la Salud y las Ciencias Sociales. Independently published.
- Torres, A. (2019). Tratamiento de aguas residual doméstica mediante sistemas de depuración con macrófitas (Iemna minor y Eleocharis palustris) en la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019.
- Treben M., (2000). La Salud de la Farmacia del Señor, consejos y experiencias con hierbas medicinales, Ennsthaler Editorial

Villanueva Aliaga, L., & Yance Soto, J. Y. (2017). Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca.

Vignoli, R. (2006). Esterilización y desinfección. [línea]. Disponible en <http://www.higiene.edu.uy/cefa/Libro2002/Cap>, 2027.

Villanueva Aliaga, L., & Yance Soto, J. Y. (2017). Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca.

Wilmer Alberto Llagas Chafloque, Enrique Guadalupe Gómez. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 6

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Salinas Mallqui, E. (2023). *Comparación de la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en la remoción de coliformes totales y termotolerantes de aguas residuales, Huánuco - 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1
MATRIZ DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DISEÑO	POBLACIÓN
GENERAL:	GENERAL	GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	-NIVEL DE INVESTIGACIÓN:	POBLACION:
¿Existe diferencia en la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) para la remoción de coliformes totales y termo tolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023?	-Comparar la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) para la remoción de coliformes totales y termo tolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023.	Existe diferencia en la eficacia de los humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) para la remoción de coliformes totales y termo tolerantes en aguas residuales, Huanuco-2023.	-Humedales artificiales	Experimental	estará considerada por todas las plantas de carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y Cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) de la zona del centro poblado de Ñausilla del distrito de Conchamarca, provincia de Ambo
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS		VARIABLE DEPENDIENTE	-ALCANCE DE LA INVESTIGACION	-MUESTRA
¿Cuál es la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>), Huánuco-2023?	-Demostrar la concentración de coliformes totales y termotolerantes antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y cola de		-Remoción de coliformes totales y termo tolerantes	Explicativo	La presente investigación contará con 2 tratamientos usando 20 plantas purificadoras de carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y 20 de cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>) para la fase experimental se tomará en cuenta para la remoción de coliformes totales y termo tolerantes,
				-ENFOQUE:	
				Cualitativo comparativo	
				DISEÑO:	
				GE ₁ O ₁ x ₁ O ₂	
				GE ₂ O ₁ x ₂ O ₂	

¿Cuáles son los parámetros físico-químico antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023?

caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

-Evaluar los parámetros físico-químico antes y después de la intervención con humedales artificiales con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), Huánuco-2023.

Donde

GE₁: Grupo de estudio 1

O₁: Evaluación inicial del agua

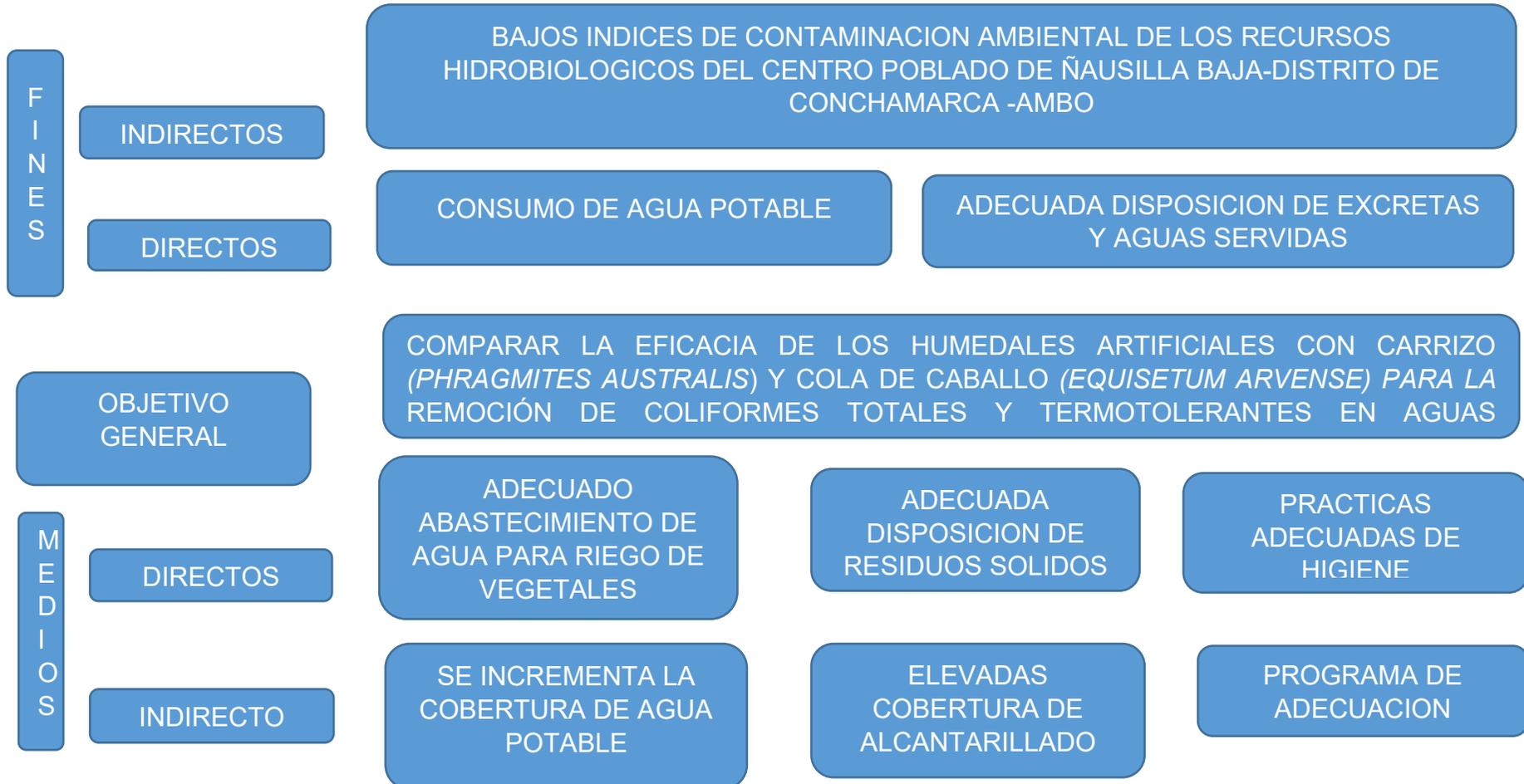
GE₁: Grupo de estudio 2

O₁: Evaluación final del agua

x₁: Intervención con humedales artificiales con carrizo

x₂: intervención con humedales artificiales con cola de caballo

**ANEXO 2
DISEÑO EXPERIMENTAL**



ANEXO 3
MODELO DE ROTULADO

CODIGO: AR_M_001 VERSION: 001 PAGINA:

ETIQUETADO DE MUESTRAS DE AGUA	
FECHA DE MUESTREO: _____	
RESPONSABLE DE MUESTREO: _____	
LUGAR: _____	HORA: _____
COORDENADAS: _____	
TIPO DE MUESTREO: _____	
OBSERVACIONES: _____	

ANEXO 4 RESULTADO DE LABORATORIO



PERÚ Ministerio de Salud

Dirección Regional de Salud Huánuco

Laboratorio Referencial Regional Salud



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo."

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

REG.: 030 - 2023- LMAA-LRRSP- HCO

NOMBRE DEL PROYECTO: "COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES CON CARRIZO (*Phragmites australis*) Y COLA DE CABALLO (*Equisetum arvense*) EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DE AGUAS RESIDUALES, HUANUCO – 2023"

SOLICITANTE : BACH. SALINAS MALLQUI, EMELI CLEMENCIA
 DISTRITO : CONCHAMARCA
 PROVINCIA : AMBO
 DEPARTAMENTO : HUANUCO

FECHA DE MUESTREO: 16-05-23 HORA 8:00 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 16-05-23 HORA: 15:40 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
 MUESTRA PRESERVADA SI (X) NO ()

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	LOCALIDADES	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	N° DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS					ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS				
					Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cl	Coli. T. NMP/100ml	Coliformes Termotolerantes. NMP/100ml	E.coli NMP/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml
	NAUSILLA BAJA	QUEBRADA DE NAUSILLA 18 S 363384.86 - 8889083.09	SUPEFICIAL	36	98	-	-	213	7,6	-	84	63	33	-
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ECA D.S. N° 004-2017-MINAM - CATEGORÍA 3					2500	**	**	100	6,5-8,5	**	***	1000	1000	**

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Fecal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23 ^{Ed} Ed 2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group fecal coliform procedure.
BacteriHeterotroficas	Método de placa fluida. APHA AWWA WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.
Escherichia coli	SMEWW-APHA AWWA-WEF Part.9221 f1 23 ^{Ed} Ed. 2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.

GOBIERNO REGIONAL HUANUCO
 DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUANUCO
 LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL

Huánuco, 22 de mayo de 2023

Elga Mblgo. Maria Regina Cárdenas Minaya
 C.M.P. 4343

Jr. Dámaso Beraún N° 1017 ☎ (062) 513410-513380-517521 Fax (062) 513261



PERÚ Ministerio de Salud

Dirección Regional de Salud Huánuco

Laboratorio Referencial Regional Salud



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo."

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

REG.: 067 - 2023- LMAA-LRRSP- HCO



NOMBRE DEL PROYECTO: "COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES CON CARRIZO (*Phragmites australis*) Y COLA DE CABALLO (*Equisetum arvense*) EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DE AGUAS RESIDUALES, HUÁNUCO – 2023"

SOLICITANTE : BACH. SALINAS MALLQUI, EMELI CLEMENCIA
 DISTRITO : CONCHAMARCA
 PROVINCIA : AMBO
 DEPARTAMENTO : HUÁNUCO

FECHA DE MUESTREO: 06-06-23 HORA 8:00 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 06-06-23 HORA: 15:40 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
 MUESTRA PRESERVADA SI (X) NO ()

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	LOCALIDADES	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	Nº. DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS					ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS				
					Cond. (umho/cm)	Sól. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cl	Coli. T. NMP/100ml	Coliformes Termotolerantes. NMP/100ml	E.coli NMP/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml
	ÑAUSILLA BAJA	TRATAMIENTO – COLA DE CABALLO	SUPEFICIAL	088	287	-	-	74	6,9	-	3,7	3,6	1,8	-
	ÑAUSILLA BAJA	TRATAMIENTO – CARRIZO	SUPERFICIAL	089	324	-	-	76	7,3	-	<1,8	<1,8	<1,8	**
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ECA D.S. N° 004-2017-MINAM - CATEGORÍA 3					2500	**	**	100	6,5-8,5	**	---	1000	1000	**

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Fecal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23 ^{AB} Ed 2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.fecal coliform procedure.
BacteriHeterotroficas	Método de placa fluida. APHA AWWA WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.
Escherichia coli	SMEWW-APHA AWWWA-WEF Part.9221 f1 23 ^{ED} Ed. 2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.

GOBIERNO REGIONAL HUÁNUCO
 DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUÁNUCO
 LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL

Maria Regina Cárdenas Minaya
 CBI 4543
 Responsable de Microbiología de Aguas y Alimentos

Huánuco, 12 de junio de 2023



PERÚ

Ministerio de Salud

Dirección Regional de Salud Huánuco

Laboratorio Referencial Regional Salud



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo."

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

REG.: 072 - 2023- LMAA-LRRSP- HCO



NOMBRE DEL PROYECTO: "COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES CON CARRIZO (*Phragmites australis*) Y COLA DE CABALLO (*Equisetum arvense*) EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DE AGUAS RESIDUALES, HUANUCO – 2023"

SOLICITANTE : BACH. SALINAS MALLQUI, EMELI CLEMENCIA
DISTRITO : CONCHAMARCA
PROVINCIA : AMBO
DEPARTAMENTO : HUANUCO

FECHA DE MUESTREO: 13-06-23 HORA 8:00 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 13-06-23 HORA: 15:40 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
MUESTRA PRESERVADA SI (X) NO ()

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS		FUENTE	Nº DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS			
LOCALIDADES	PUNTOS DE MUESTREO			Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cl	Coli. T. NMP/100ml	Coliformes Termotolerantes. NMP/100ml	E.coli NMP/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml
ÑAUSILLA BAJA	TRATAMIENTO – COLA DE CABALLO	SUPEFICIAL	098	260	-	-	120	7,6	-	5,6	3,7	3,6	-
ÑAUSILLA BAJA	TRAMIENTO - CARRIZO	SUPERFICIAL	099	289	-	-	69	7,4	-	<1,8	<1,8	<1,8	-
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ECA D.S. N° 004-2017-MINAM - CATEGORÍA 3				2500	**	**	100	6,5-8,5	**	***	1000	1000	**

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Fecal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23 ^{ABA} Ed 2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.fecal coliform procedure.
BacteriHeterotrofas	Método de placa fluida. APHA AWWA WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.
Escherichia coli	SMEWW-APHA AWWA-WEF Part.9221 f1 23 ^{ED} Ed. 2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.

GOBIERNO REGIONAL HUANUCO
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUANUCO
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL

Maria Regina Cárdenas Méndez
C.B.P. 4543
Área de Microbiología de Aguas y Alimentos

Huánuco, 19 de junio de 2023



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo."

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

REG.: 076 - 2023- LMAA-LRRSP- HCO



NOMBRE DEL PROYECTO: "COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES CON CARRIZO (*Phragmites australis*) Y COLA DE CABALLO (*Equisetum arvense*) EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DE AGUAS RESIDUALES, HUANUCO – 2023"

SOLICITANTE : BACH. SALINAS MALLQUI, EMELI CLEMENCIA
 DISTRITO : CONCHAMARCA
 PROVINCIA : AMBO
 DEPARTAMENTO : HUANUCO

FECHA DE MUESTREO: 20-06-23 HORA 8:00 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 20-06-23 HORA: 15:40 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
 MUESTRA PRESERVADA SI (X) NO ()

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	LOCALIDADES	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	Nº. DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS					ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS				
					Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cl	Coli. T. NMP/100ml	Coliformes Termotolerantes. NMP/100ml	E. coli NMP/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml
	NAUSILLA BAJA	TRATAMIENTO – COLA DE CABALLO	SUPEFICIAL	104	471	-	-	140	7,5	-	6,1	4,0	4,0	-
	NAUSILLA BAJA	TRAMIENTO - CARRIZO	SUPERFICIAL	105	260	-	-	55	7,7	-	<1,8	<1,8	<1,8	-
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ECA D.S. N° 004-2017-MINAM - CATEGORÍA 3					2500	**	**	100	6,5-8,5	**	---	1000	1000	**

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Fecal	SMEVW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23 ^{AB} Ed 2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group fecal coliform procedure.
BacteriHeterotroficas	Método de placa fluida. APHA AWWA WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.
Escherichia coli	SMEVW-APHA AWWWA-WEF Part.9221 f1 23 ^{Ed} Ed. 2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.

[Signature]
 Dra. María Regina Cárdenas Alvarado
 CUP 4543
 Área de Microbiología de Aguas y Alimentos

Huánuco, 26 de junio de 2023

ANEXO 5 PANEL FOTOGRAFICO

Visita del jurado para verificación del proyecto



Seguimiento del asesor



Adaptación de planta de carrizo (Phragmites australis)



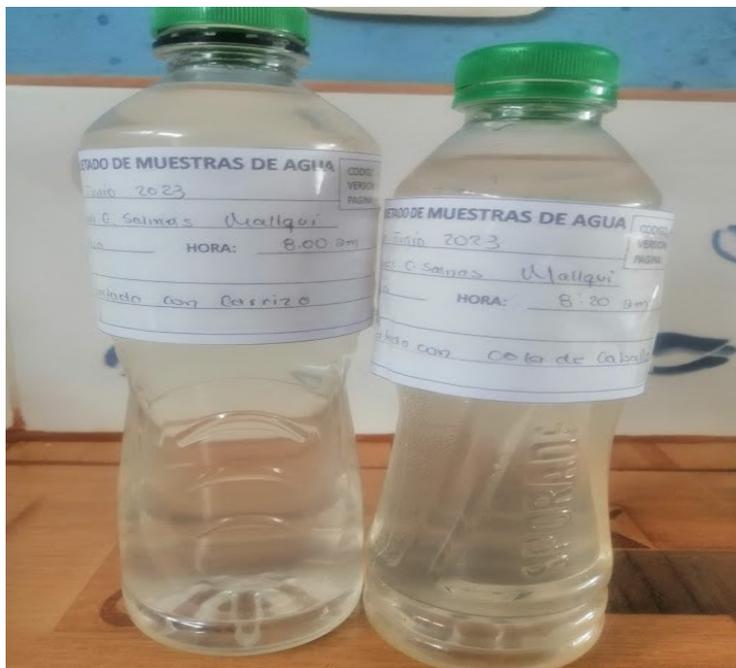
Adaptación de la cola de caballo (Equisetum arvense)



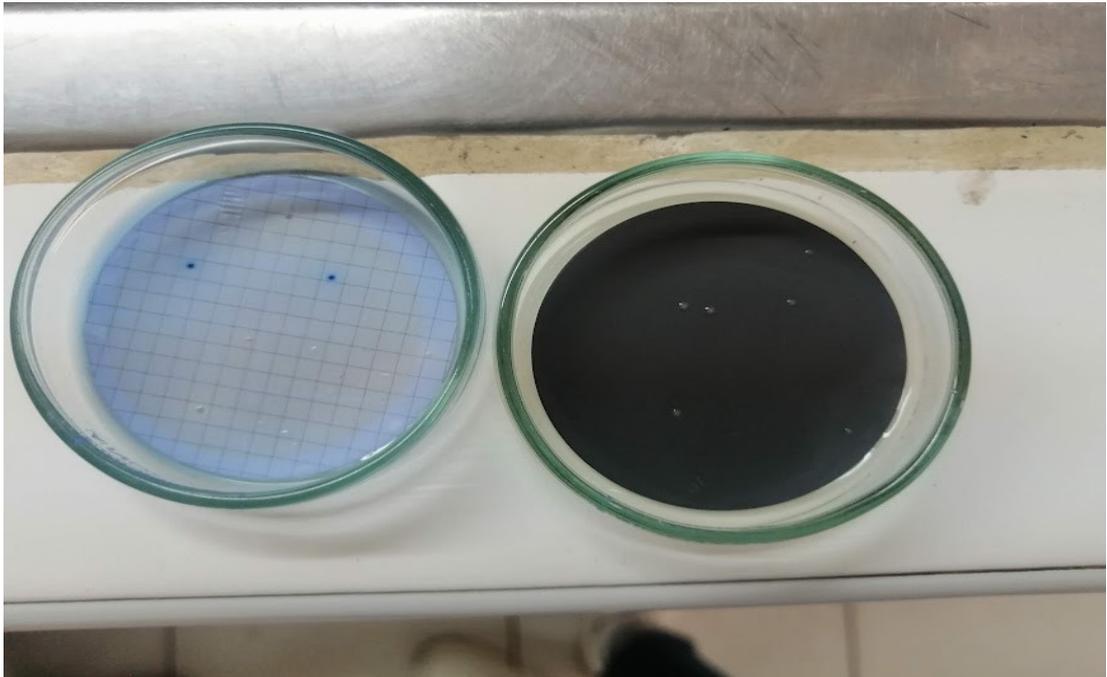
Planta piloto en ejecución con humedales artificiales



Toma de muestra del tratamiento con carrizo (*Phragmites australis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*)



Placa Petri con coliformes totales y termotolerantes de la muestra de agua tratada con carrizo (Phragmites australis)



Placa Petri con coliformes totales y termotolerantes de la muestra de agua tratada con Cola de caballo (Equisetum arvense)



Recojo de los resultados de laboratorio



ANEXO 6 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

